



ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

ÉTAT INITIAL DE LA QUALITÉ DE L'AIR SUR LE TRACE DE LA LIGNE 6020

MESURES RÉALISÉES EN 2005
SUR LES COMMUNES DE GRENOBLE ET MEYLAN



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

ASCOPARG



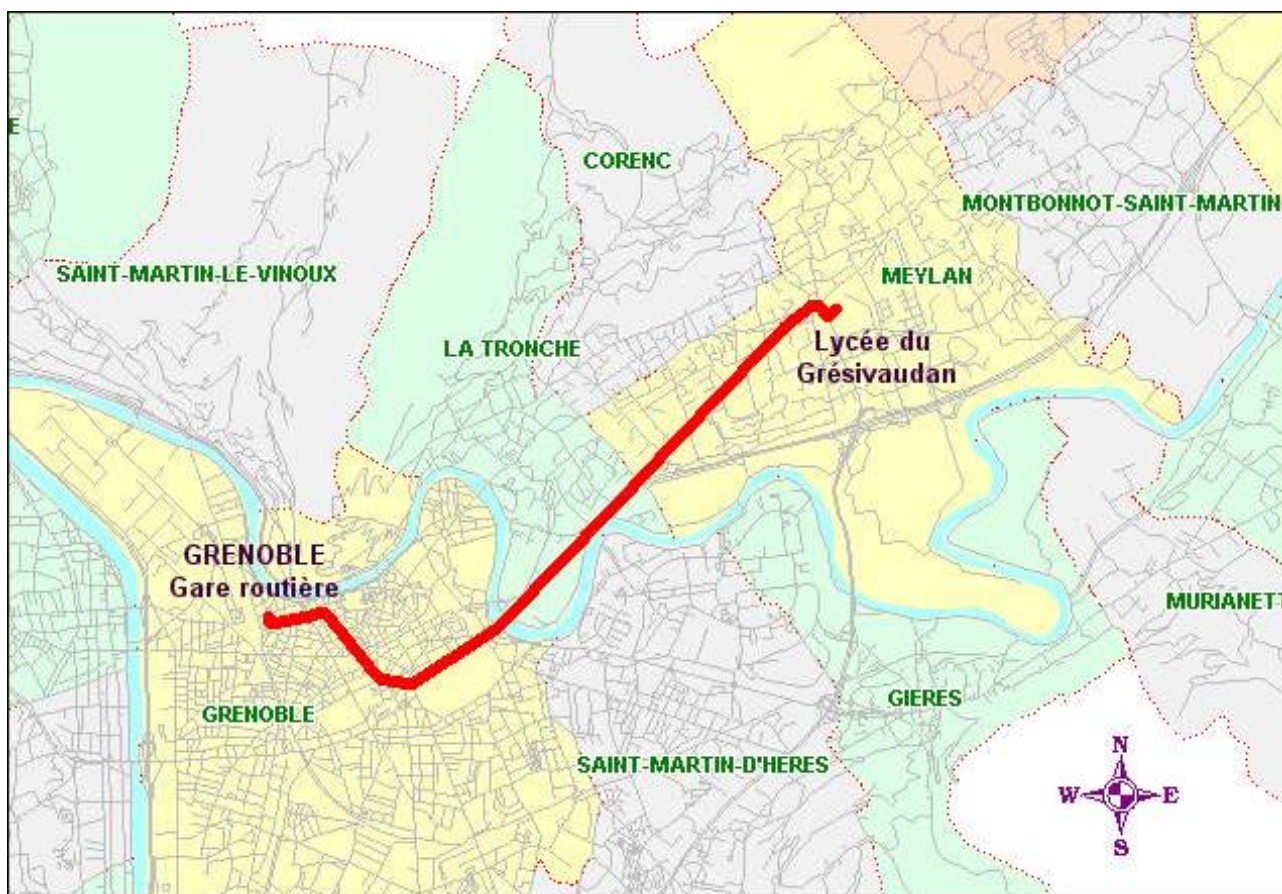
Membre agréé du réseau **Atmo**

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR SUR LE TRACE DE LA LIGNE 6020

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.....	8
1.4.1	Les mesures temporaires par laboratoires mobiles	8
1.4.2	Mesures en continu par analyseurs	8
1.4.3	Mesures par échantillonnage passif pour le benzène, toluène, xylènes	9
2	RESULTATS DES MESURES.....	10
2.1	Conditions météorologiques	10
2.1.1	Vitesse et direction du vent	12
2.2	Représentativité des périodes de mesures	14
2.3	Niveaux de pollution mesurés	15
2.3.1	Les oxydes d'azote (NOx)	15
2.3.2	Les poussières en suspension (PM ₁₀)	25
2.3.3	Le benzène (C ₆ H ₆).....	29
2.3.4	Le dioxyde de soufre (SO ₂)	32

INTRODUCTION

Depuis le mois de septembre 2005, la **nouvelle ligne de transport en commun, ligne 6020**, assure une liaison rapide entre la gare routière de Grenoble et le lycée du Grésivaudan de Meylan (tracé en rouge sur la figure suivante). Cet axe constitue l'entrée est de l'agglomération grenobloise et concentre le trafic automobile de la vallée du Grésivaudan et les déplacements entre Grenoble et les communes périphériques de l'est de l'agglomération (La Tronche, Meylan, Corenc, Montbonnot Saint Martin). La circulation automobile est donc dense sur cet axe avec un trafic moyen journalier annuel de 51900 véhicules sur la RN90 en 2004 (DDE 38).



Depuis 1999, le **SMTC** grenoblois (**Syndicat Mixte des Transports en Commun**) et l'**ASCOPARG** (**Surveillance de la qualité de l'air dans la région grenobloise**) sont partenaires dans le cadre d'actions réalisées pour l'Observatoire du PDU grenoblois. La réalisation d'études sur la qualité de l'air lors de la mise en place d'infrastructures de transport (ligne de tramway, ligne de bus) fait partie de ces actions.

En 2005, le SMTC a confié à l'ASCOPARG la réalisation d'un **état initial de la qualité de l'air** sur le tracé de la ligne 6020 entre Meylan et Grenoble.

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).

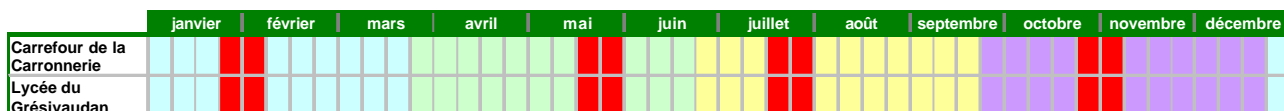
L'**hiver**, la réactivité photochimique des polluants est faible. Les polluants primaires, comme les oxydes d'azote (NOx) et poussières en suspension (PM₁₀) sont présents à des concentrations importantes, et les phénomènes météorologiques (absence de dispersion, inversion de température) sont favorables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



	Date début	Date de fin	Saison	Durée des campagnes = 2 semaines
Campagne 1	23/02/05	09/03/05	Hiver	
Campagne 2	17/05/05	30/05/05	Printemps	
Campagne 3	21/07/05	02/08/05	Eté	
Campagne 4	26/10/05	08/11/05	Automne	

Tableau 1-1 Date des campagnes de mesures

1.3 Sites de mesures

L'objectif est la réalisation d'un état initial de la qualité de l'air dans les conditions de forte proximité automobile (5 à 10 mètres de la chaussée) de façon à mesurer l'impact maximum du trafic automobile sur la concentration des polluants. Les mesures ont été effectuées sur plusieurs sites le long du tracé entre Meylan et Grenoble.

Les polluants mesurés sur ces sites temporaires diffèrent selon la nature des moyens de mesures mis en œuvre:

* **2 sites de mesure en continu** des oxydes d'azote (NOx : NO et NO₂), des poussières en suspension (PM₁₀), du dioxyde de soufre (SO₂) et du Benzène (C₆H₆) sur les sites par **laboratoires mobiles** au Carrefour de la Carronnerie et au rond point du Grésivaudan



Sites de mesures par laboratoires mobiles	
Nom du site	Photos
<p>Carrefour de la Carronnerie (Meylan)</p> <p>Site n° 8</p> <p>Typologie du site de mesures : <i>Proximité automobile</i></p>	
<p>Rond Point du Grésivaudan (Meylan)</p> <p>Site n° 14</p> <p>Typologie du site de mesures : <i>Proximité automobile</i></p>	

Tableau 1-2 Implantation des laboratoires mobiles sur le tracé de la ligne 6020

* **18 sites de mesure par tube à diffusion** pour le dioxyde d'azote (NO₂) et le benzène (C₆H₆).

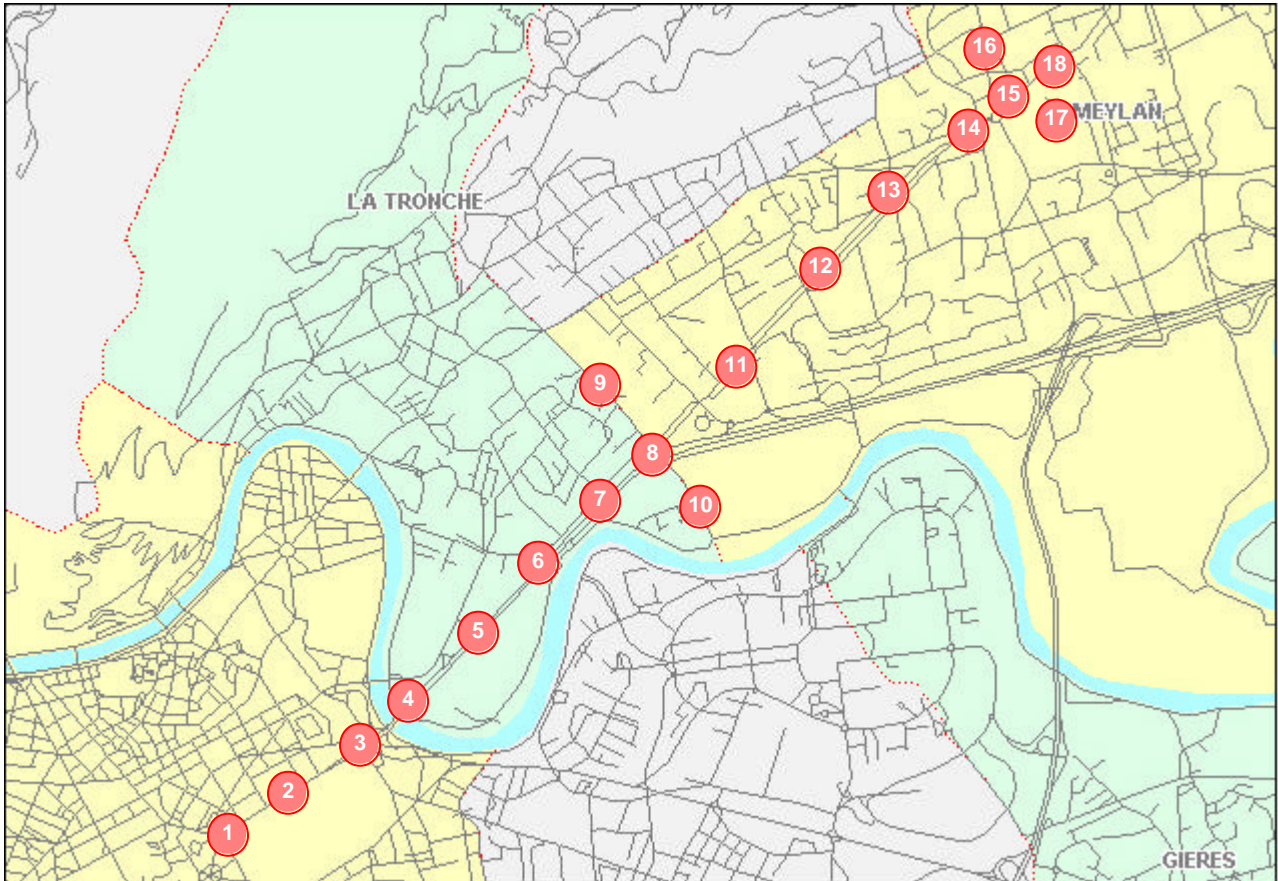


Figure 1.1 Position des 18 sites de mesures temporaires installés sur le tracé de la ligne 6020

L'implantation des sites de mesures permet d'étudier la variation de la qualité de l'air le long du tracé de la ligne 6020 et d'évaluer l'impact de la pollution sur la **population concernée** notamment par l'étude de transects en visualisant la répartition spatiale de la pollution à des distances différentes par rapport à la chaussée (transects : sites 9,10, 16 et 17).

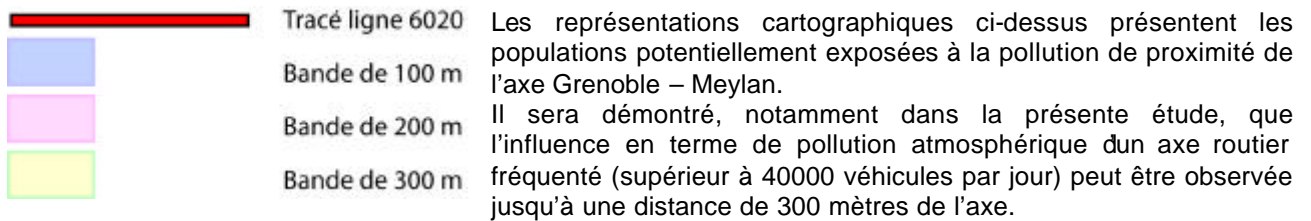
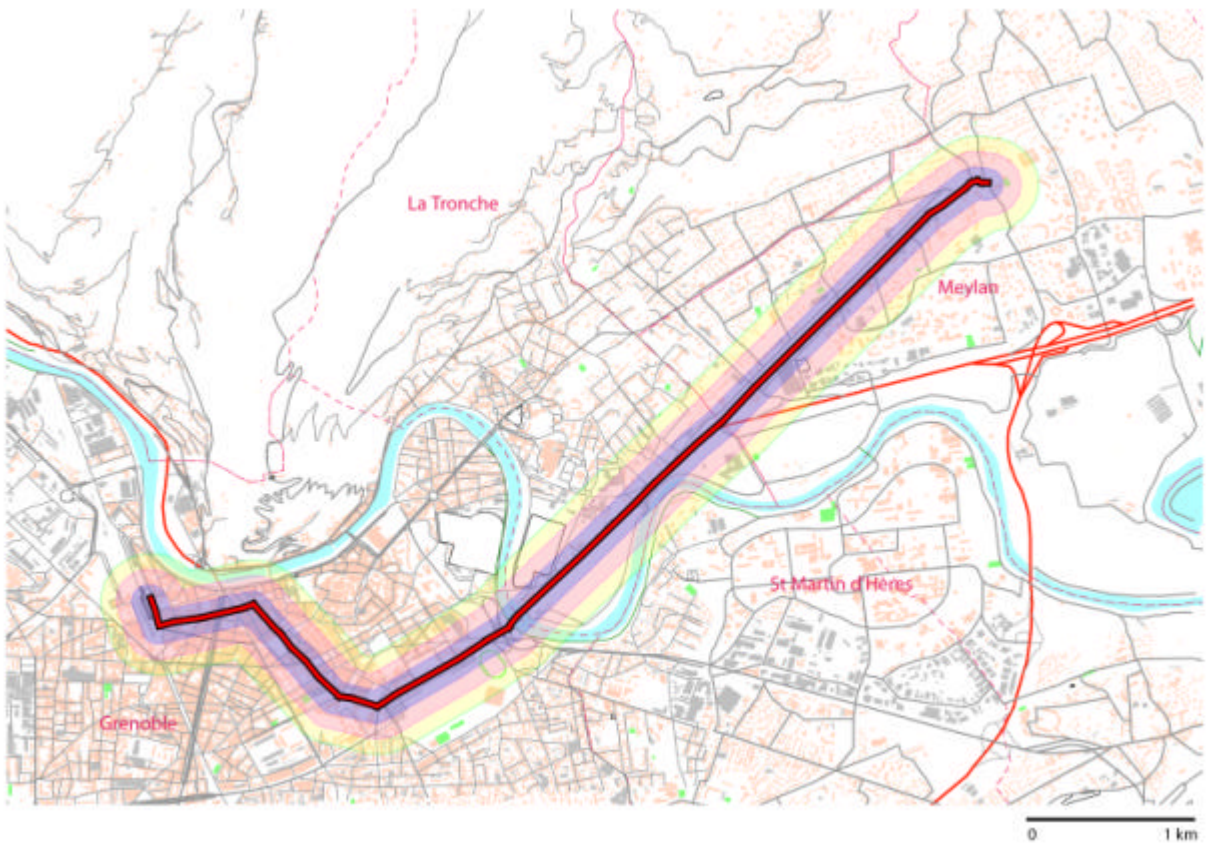
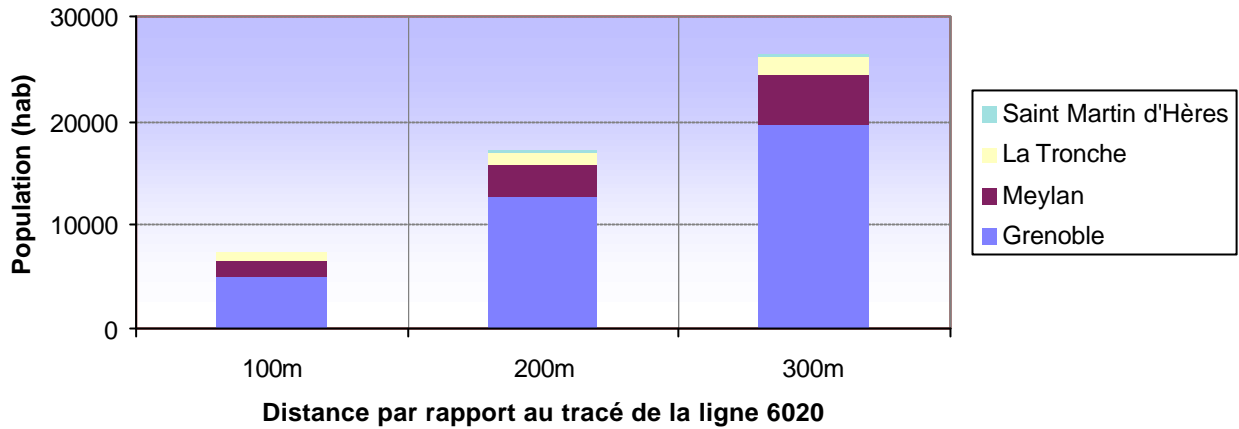


Figure 1.2 Population dans différentes bandes de largeur centrées sur le tracé de la ligne 6020

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 Echirrolles</p> <p>Typologie du site de mesures : <i>Proximité automobile</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 1.3 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.

1.4.3.1 Tubes BTX (Benzène, Toluène, Xylène)

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

1.4.3.2 Tubes NO₂

Les échantillonneurs passifs (ou tubes à diffusion) utilisés dans le cadre de cette étude sont fournis et analysés par la PASSAM AG (laboratoire de recherche suisse).



Figure 1.5 Photos des tubes à diffusion : mesure du NO₂

Les tubes NO₂ et BTX ont été installés sur 14 sites répartis le long du tracé de la ligne 6020 et sur 4 sites de fond à proximité du tracé. Cette répartition des sites permet d'étudier la **distribution spatiale** du NO₂ et du benzène entre Meylan et Grenoble, sur le tracé de la ligne 6020.

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.

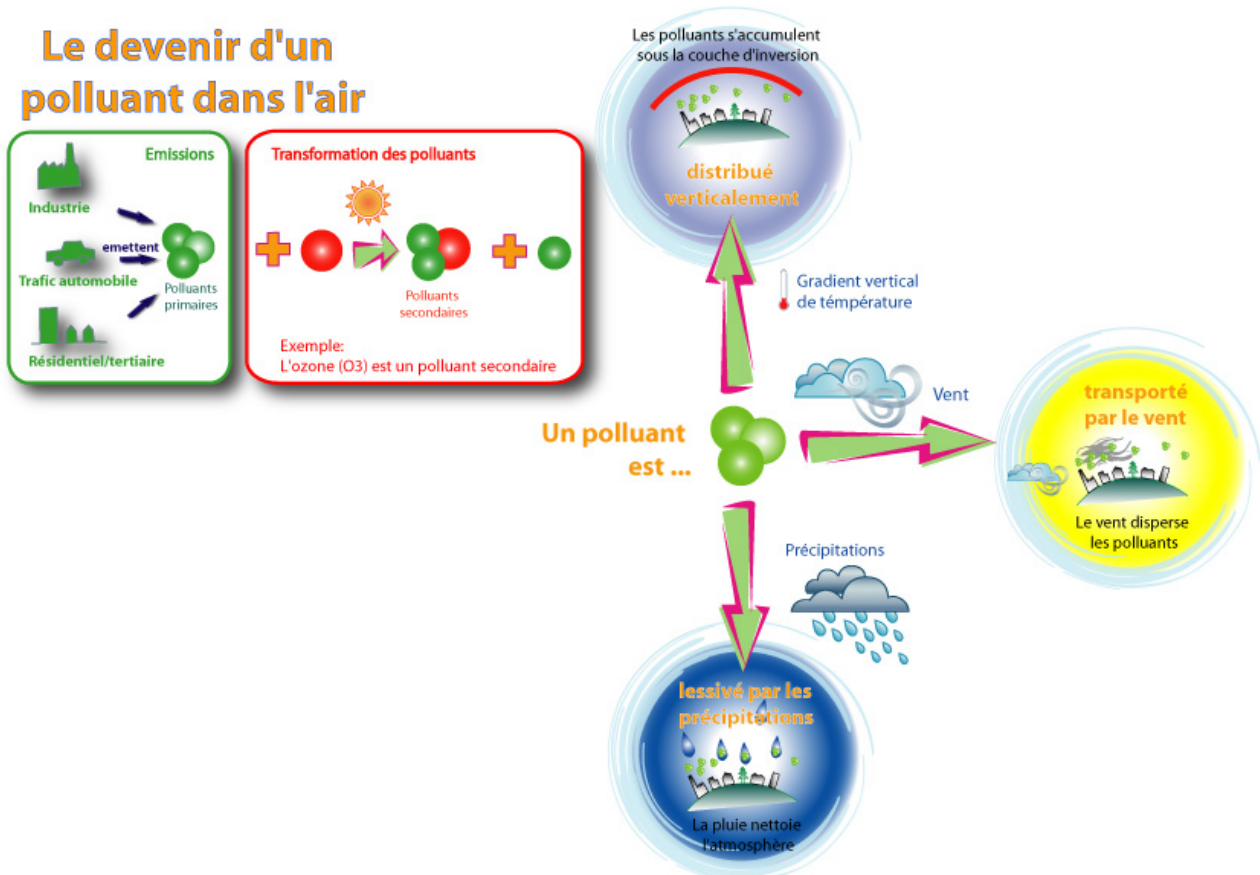


Figure 2.1 Schéma de l'évolution d'un polluant dans l'atmosphère

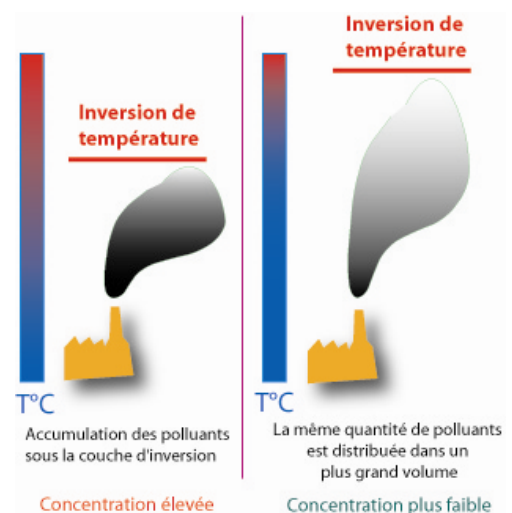
D'autres paramètres météorologiques (température, ensoleillement) peuvent aussi influencer sur la transformation chimique des polluants (cas de la pollution photochimique à l'ozone l'été).

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'accablent 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).



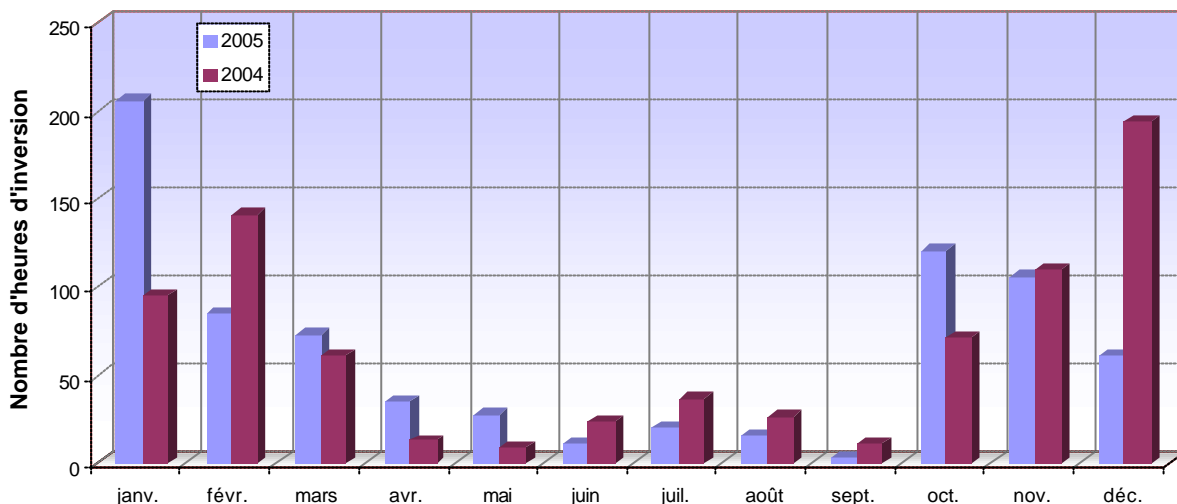


Figure 2.2 Répartition mensuelle des inversions de température en 2004 et 2005

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).

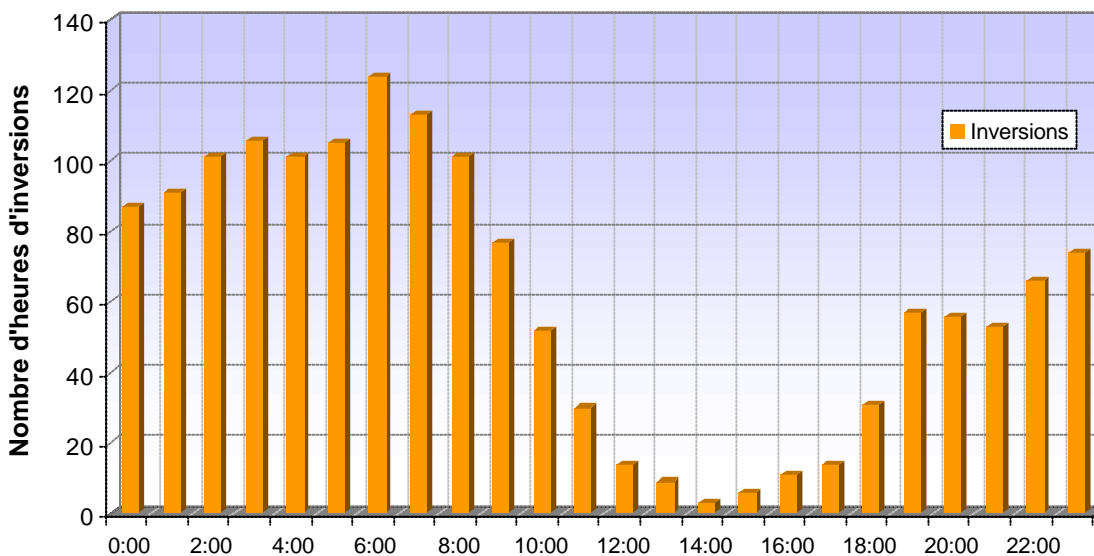
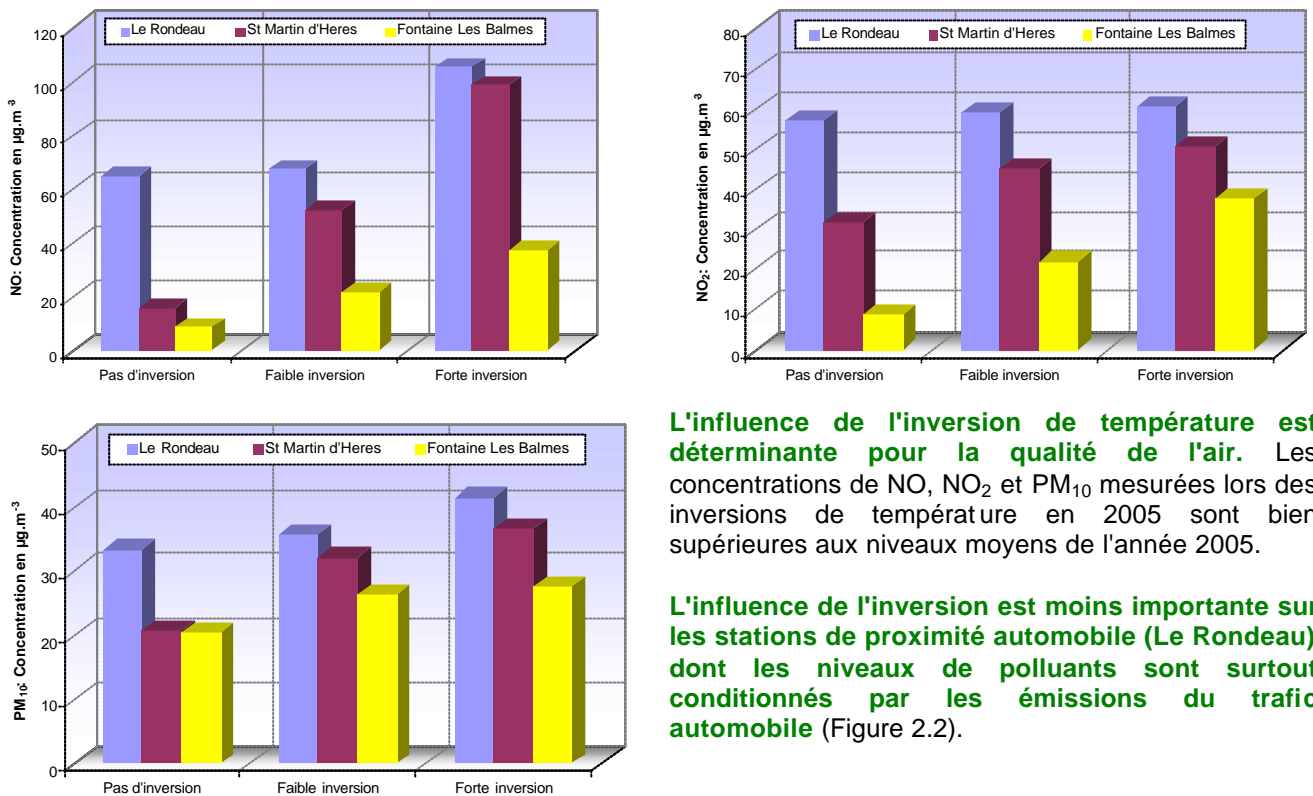


Figure 2.3 Répartition horaire des inversions de température à Grenoble en 2005



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.

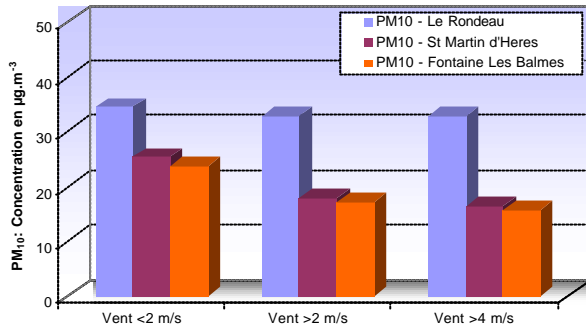
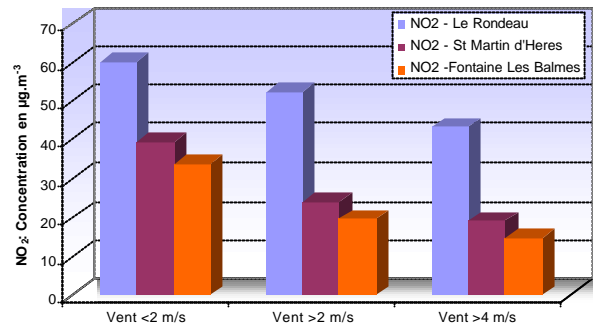
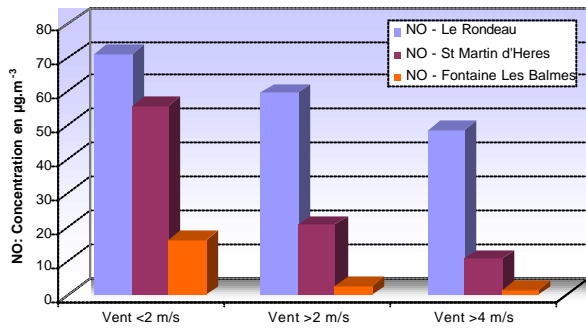


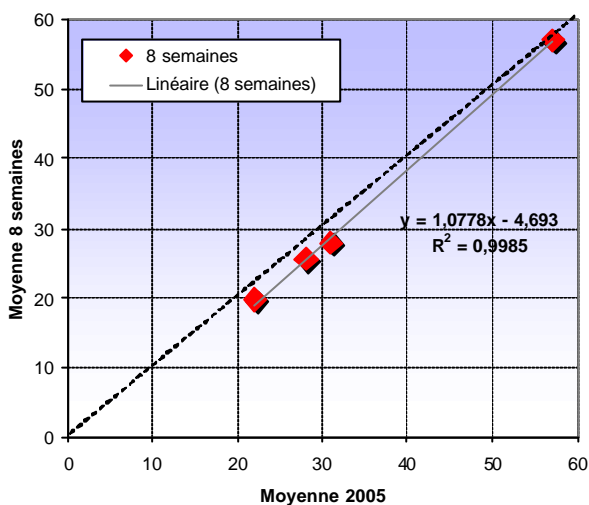
Figure 2.5 Influence de la vitesse du vent sur la qualité de l'air à Grenoble en 2004

2.2 Représentativité des périodes de mesures

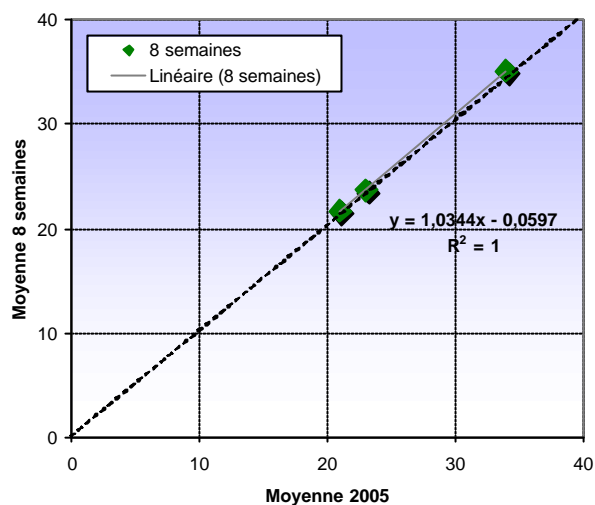
Les directives européennes 1999/30/CE du conseil du 22 avril 1999 et la directive 2000/69/CE du 16 novembre 2000 imposent dans le cadre de mesures ponctuelles un minimum de 8 semaines de mesures également réparties sur toute l'année.

Dans le cadre de cette étude, 8 semaines de mesures ont été réalisées sur chacun des 6 sites.

Les 8 semaines de mesures de cette étude sont bien **représentatives** de l'année 2005 et permettent donc 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 de l'ASCOPARG (mesures en continue sur l'année), l'écart entre l'estimation de la moyenne annuelle (moyenne pendant les 4 campagnes de mesures) et la moyenne annuelle mesurée est faible (Figure 2.6).



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)

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 sites du Carrefour de la Carronnerie et du Rond Point du Grésivaudan lors des différentes campagnes et les niveaux de NO mesurés toute l'année sur les stations fixes de référence de l'ASCOPARG.

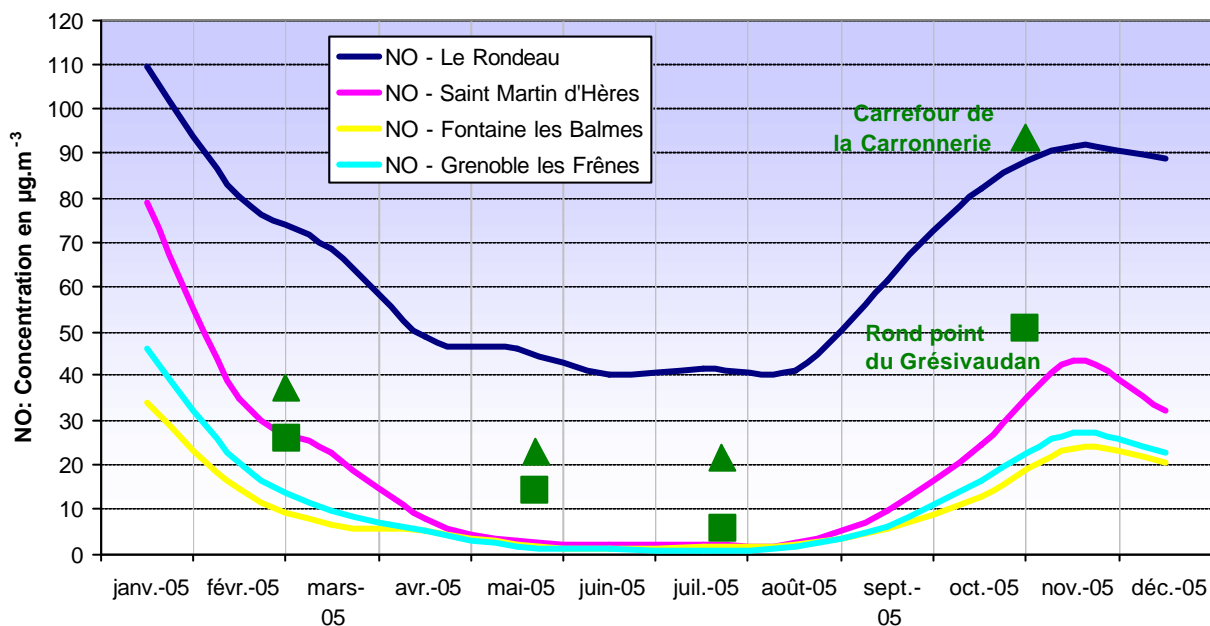


Figure 2.7 Résultats des mesures de NO sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de NO sur les sites fixes de l'ASCOPARG

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 observés sur les sites de l'étude et les sites fixes de l'ASCOPARG ont été résumés dans les tableaux suivants.

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

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 Frenes	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 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 marquée du trafic automobile sur la qualité de l'air de ces deux sites. En effet, les niveaux mesurés sont supérieurs aux niveaux de fond à Grenoble ($\sim 7-8 \mu\text{g.m}^{-3}$ en l'absence d'influence directe du trafic automobile).

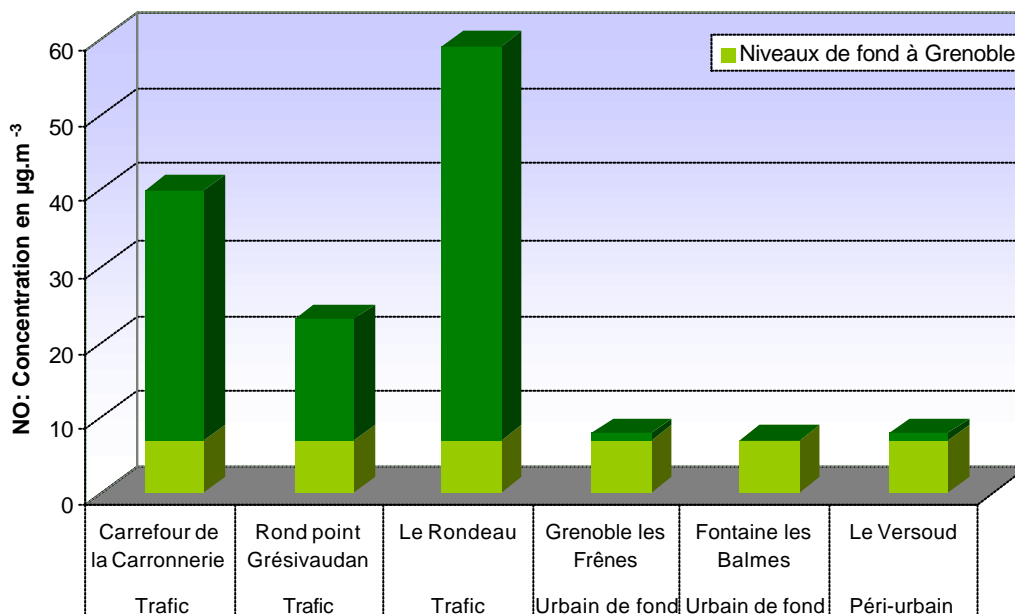


Figure 2.8 Moyennes horaires du NO pendant les 4 campagnes de mesures

*** 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.

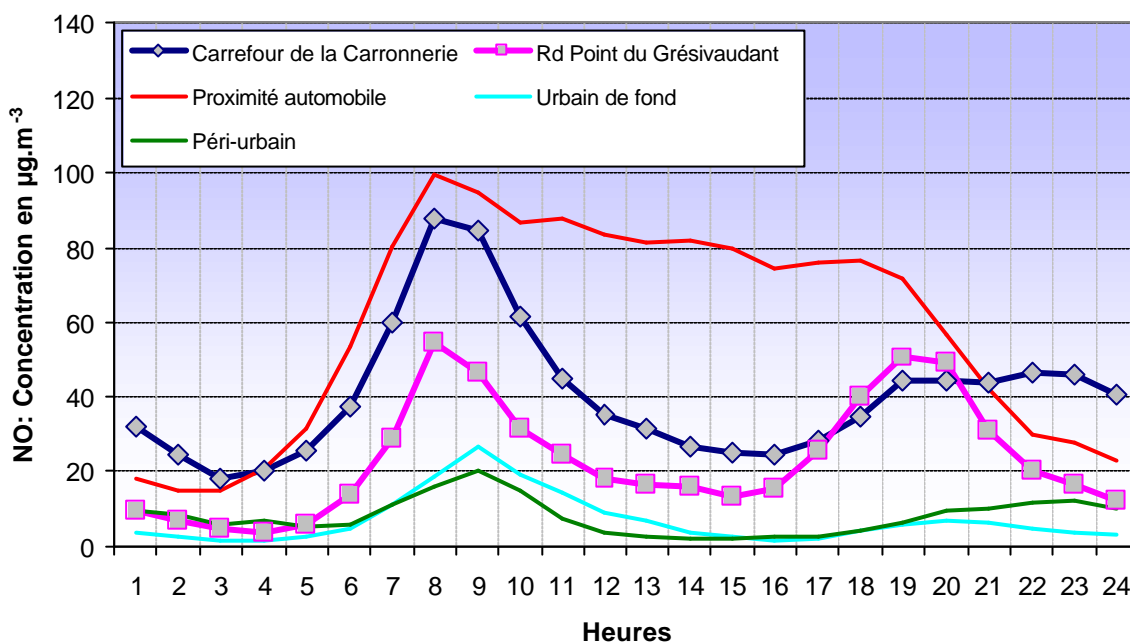


Figure 2.9 Profil moyen horaire du NO pendant les 8 semaines de mesures de l'étude

Les niveaux moyens de NO sont plus faibles à 19 heures par rapport au pic du matin (à 8 heures) car les inversions de température sont moins fréquentes à 19 heures et donc la dispersion des polluants est plus efficace à cette heure. La plus faible proportion d'inversion de température à 19 heures explique le fait que les pointes de pollution ne sont pas forcément de la même intensité, à trafic égal.

*** 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)

Les profils moyens de NO et les concentrations supérieures au niveau de fond en NO montrent une influence directe du trafic automobile sur les deux sites du Carrefour de la Carronnerie et du rond point du Grésivaudan.

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

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 2.10 illustre la variation de la concentration moyenne de NO₂ mesurée sur les sites du Carrefour de la Carronnerie et du Rond Point du Grésivaudan lors des différentes campagnes et les niveaux mesurés toute l'année sur les stations fixes de l'ASCOPARG.

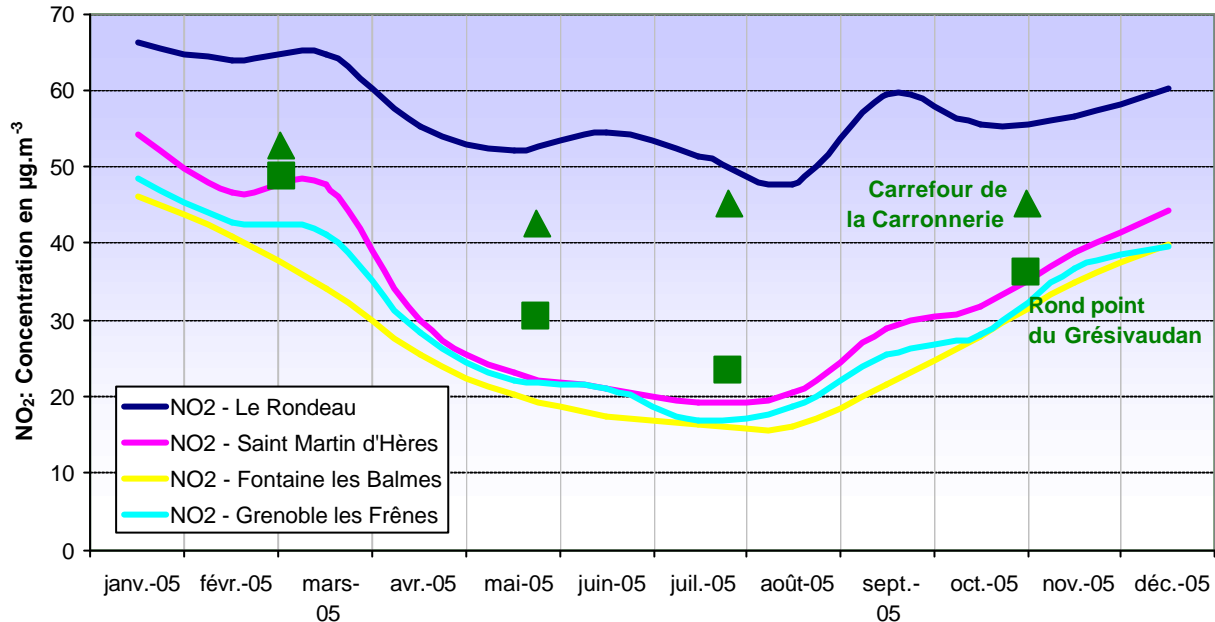


Figure 2.10 Résultats des mesures de NO₂ sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de NO₂ sur les sites fixes de l'ASCOPARG

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 observés sur les sites de l'étude 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
	Carrefour de la Carronnerie	Rd Point du Grésivaudant	Le Rondeau	Grenoble Les Frenes	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 du carrefour de la Carronnerie ($46 \mu\text{g.m}^{-3}$) et du Rond Point du Grésivaudan ($35 \mu\text{g.m}^{-3}$) confirment l'influence du trafic automobile sur la qualité de l'air de ces deux sites de mesures. En effet, les niveaux mesurés sur ces deux sites sont supérieurs aux niveaux de fond à Grenoble ($\sim 26\text{-}28 \mu\text{g.m}^{-3}$). L'influence du trafic automobile sur la qualité de l'air est plus faible sur le site du carrefour du Grésivaudan par rapport au site du Carrefour de la Carronnerie.

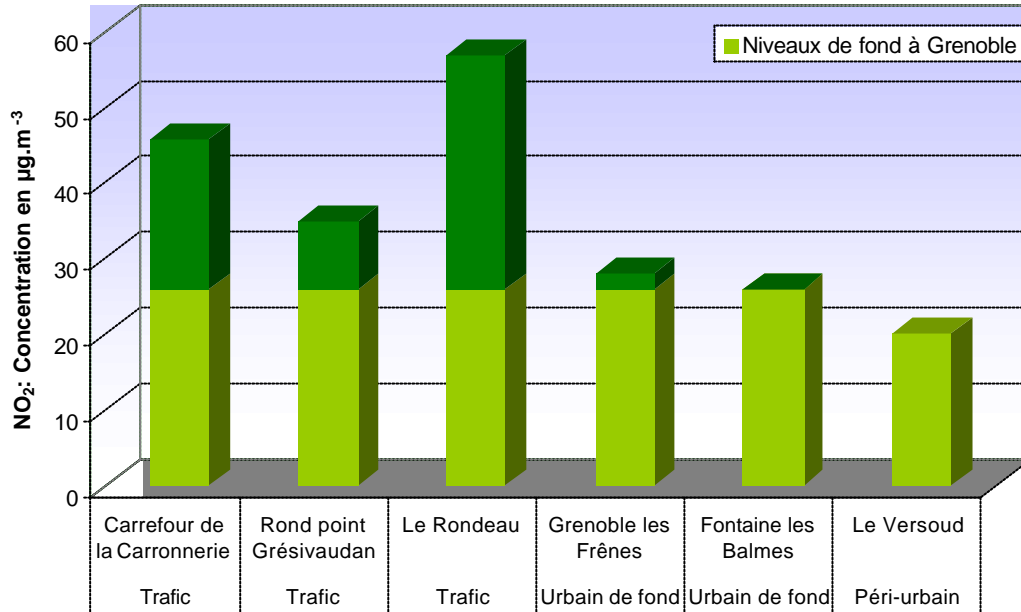


Figure 2.11 Moyennes horaires du NO₂ pendant les 4 campagnes de mesures

*** 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 2.12).

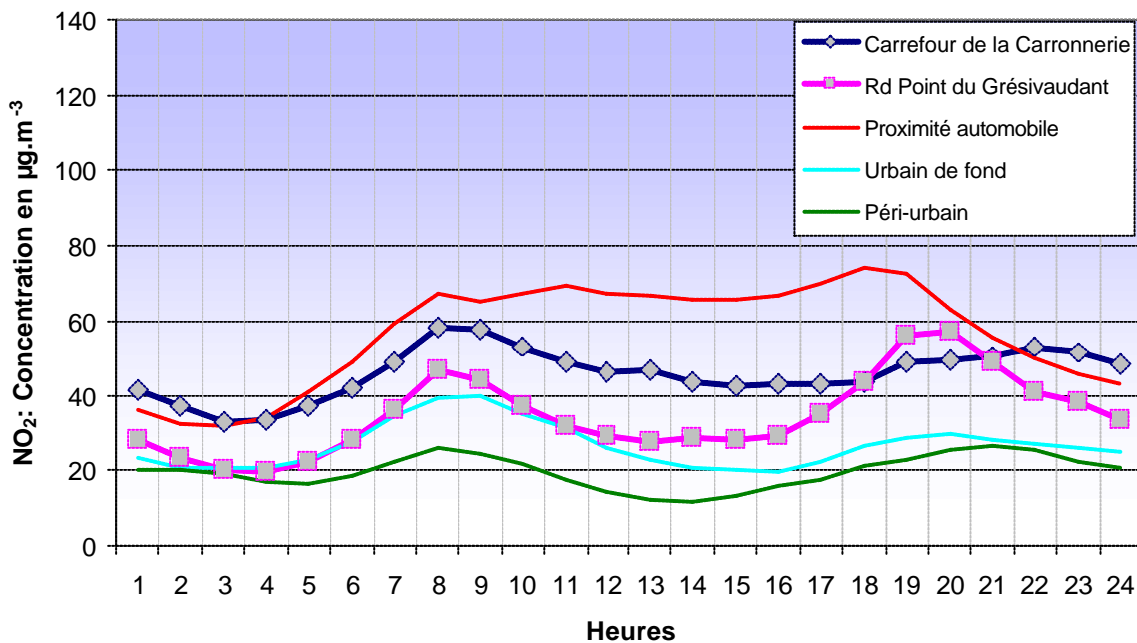


Figure 2.12 Profils moyens horaires du NO₂ pendant les 8 semaines de mesures de l'étude

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).

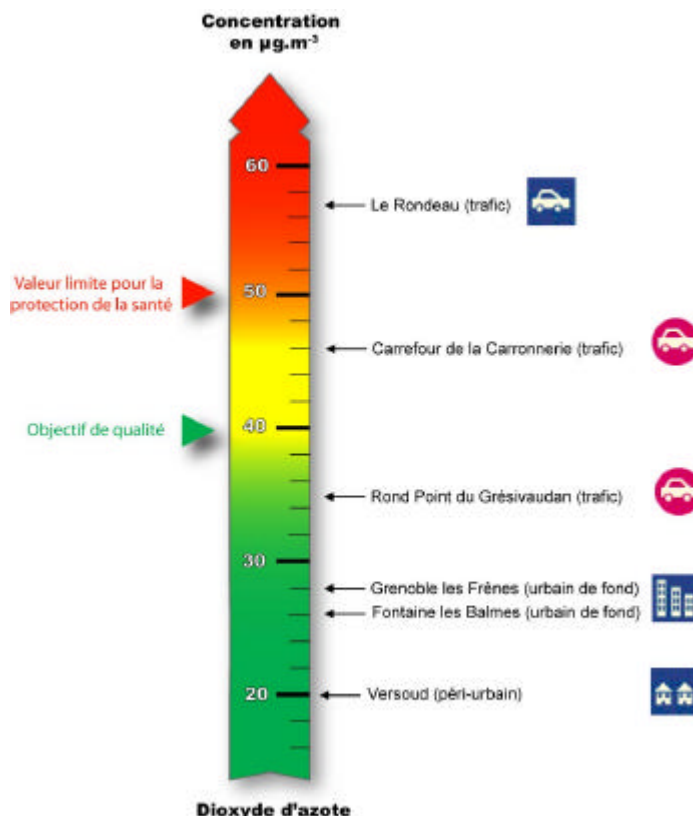


Figure 2.13 Comparaison des mesures de NO₂ par rapport à la réglementation

Sur tous les sites influencés par le trafic automobile, les concentrations de NO₂ sont logiquement supérieures à celles enregistrées en fond urbain à Grenoble (~26-28 µg.m⁻³) et péri-urbain (20 µg.m⁻³).

La comparaison à la réglementation montre que les sites du Rondeau et du Carrefour de la Carronnerie ne respectent pas en 2005 l'objectif de qualité du NO₂ (respectivement 46 et 35 µg.m⁻³ pour un objectif de qualité fixé 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 ces deux sites 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 les valeurs réglementaires, le NO₂ fait l'objet d'un **seuil d'information et de recommandation** fixé à 200 µg.m⁻³ en moyenne horaire. Avec des valeurs horaires maximales de 156 µg.m⁻³ pour le site fixe du Rondeau et 150 µg.m⁻³ pour le site du Carrefour de la Carronnerie étude, ce seuil n'a jamais été dépassé dans le cadre de cette étude.

Le risque de dépassement du seuil d'information et de recommandation est donc faible sur le tracé de la ligne 6020.

*** Mesures du NO₂ sur le tracé de la ligne 6020**

En complément des mesures effectuées par moyens mobiles sur les sites du Carrefour de la Carronnerie et du Rond Point du Grésivaudan, des mesures ont été effectuées par tubes à diffusion sur le tracé de la ligne 6020.

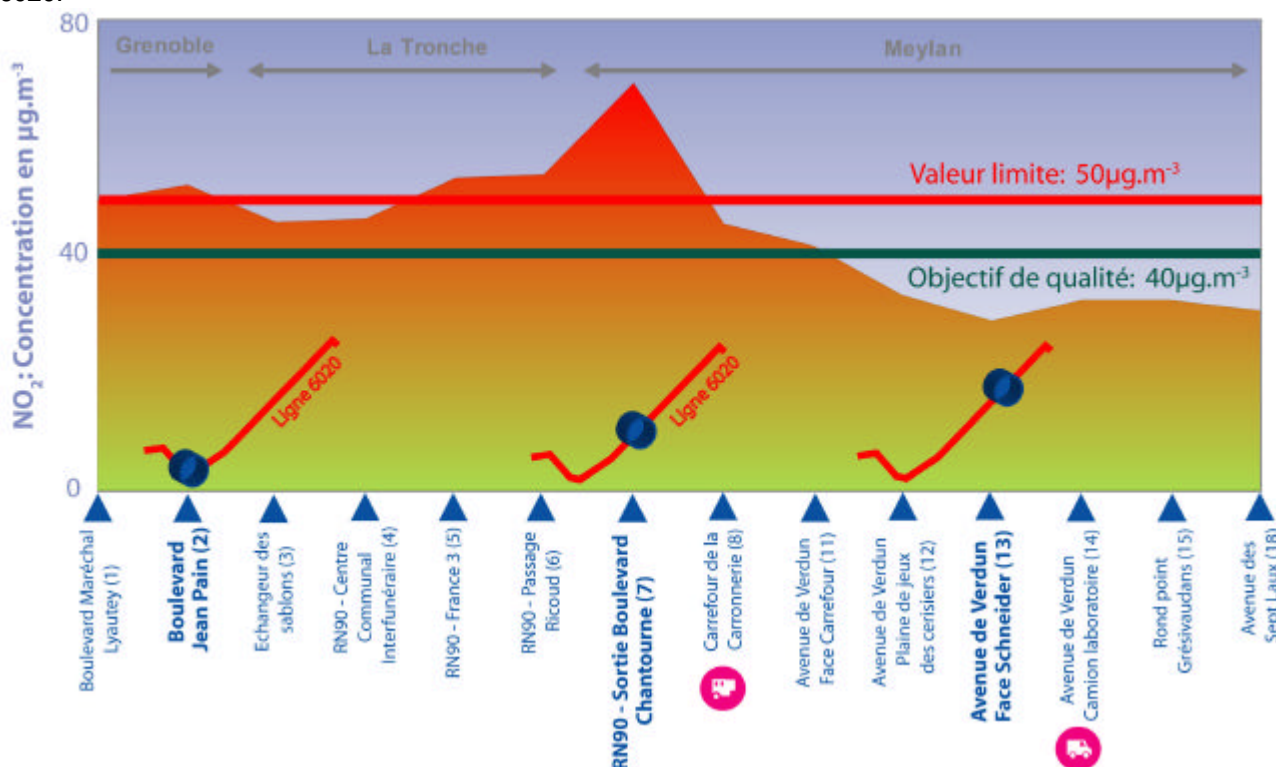


Figure 2.14 Concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur le tracé de la ligne 6020

Le tableau 2-3 récapitule les concentrations moyennes annuelles estimées sur les sites de la ligne 6020.

Sites	Typologie	NO ₂ moyenne annuelle en µg.m ³
Boulevard Maréchal Lyautey	Prox auto	49
Boulevard Jean Pain	Prox auto	52
Echangeur des sablons	Prox auto	46
RN90 - Centre communal interfunéraire	Prox auto	46
RN90 - Face France 3	Prox auto	53
RN90 - Passage Ricoud	Prox auto	53
RN90 - Sortie Boulevard Chantourne	Prox auto	69
Carrefour de la Carronnerie	Prox auto	45
Carrefour de la Carronnerie - Transect nord	Fond (La Tronche)	29
Carrefour de la Carronnerie - Transect sud	Fond (La Tronche)	27
Avenue de Verdun - Face Carrefour	Prox auto	41
Avenue de Verdun - Plaine de jeux des cerisiers	Prox auto	33
Avenue de Verdun - Face Schneider	Prox auto	29
Avenue de Verdun - Intersection avec chemin Chaumetière	Prox auto	32
Rond point Grésivaudan	Prox auto	32
Rond point Grésivaudan - Transect nord	Fond (Meylan)	20
Rond point Grésivaudan - Transect sud	Fond (Meylan)	19
Avenue des sept laux	Prox auto	30

Tableau 2-3 Concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur le tracé de la ligne 6020

Ces mesures montrent une augmentation **de la concentration moyenne de NO₂ de Meylan vers Grenoble** (de droite à gauche sur la figure précédente).

Entre Meylan et le centre de Grenoble, les niveaux moyens de NO₂ augmentent de 60%.

Les niveaux de NO₂ les plus élevés ont été mesurés le long de la RN90 à la Tronche et sur le boulevard Jean Pain à Grenoble. Sur cette partie du tracé, les concentrations de NO₂ ne respectent pas l'objectif de qualité.

Les niveaux plus élevés sur le site RN90-Boulevard de la Chantourne peuvent s'expliquer par la présence d'un stop à proximité immédiate du site de mesures. Sur ce site, les mesures ont pu être influencées par les véhicules circulant sur la RN90 et par le cycle " arrêt-démarrage " des véhicules quittant la RN90.



Site n°7 : RN90 Boulevard de la Chantourne

*** Etude des bandes d'influence du trafic automobile (transects)**

L'étude des concentrations de NO₂ à proximité du Carrefour de la Carronnerie confirme l'influence du trafic automobile sur ce site. Les concentrations moyennes annuelles estimées à proximité de la chaussée (~46 µg.m⁻³) sont presque 2 fois supérieures à celles mesurées en fond urbain (~26-28 µg.m⁻³).

Les niveaux décroissent en s'éloignant de l'axe de circulation et il faut une distance supérieure de plus de 380 mètres du Carrefour de la Carronnerie pour retrouver des niveaux similaires à ceux mesurés en situation de fond urbain.

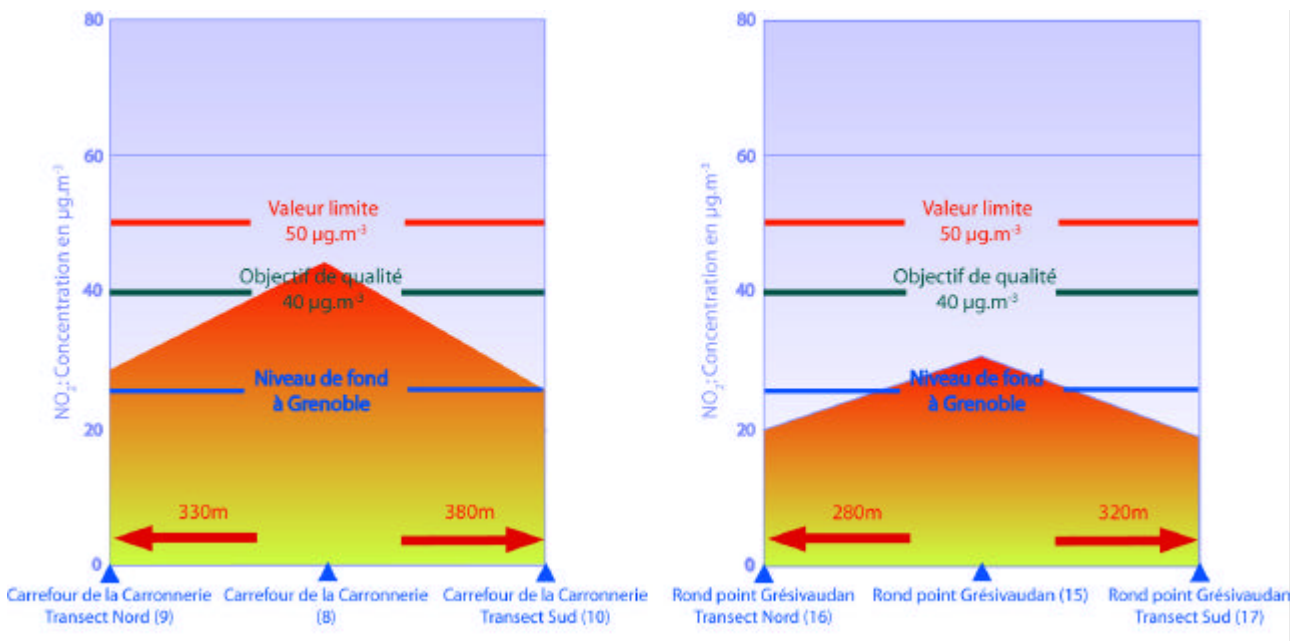


Figure 2.15 Concentrations moyennes de NO₂ à proximité du tracé de la ligne 6020

	Carrefour de la Carronnerie Transect sud	Carrefour de la carronnerie	Carrefour de la Carronnerie Transect sud
Sites			
Typologie (Distance au Carrefour de la Carronnerie)	Fond (330 m) Niveau de fond dans le secteur de la Tronche	Proximité automobile Niveau maximum	Fond (380 m) Niveau de fond dans le secteur de la Tronche

Tableau 2-4 Sites de mesures à proximité du Carrefour de la Carronnerie

L'influence du trafic automobile est plus faible dans le secteur du rond point du Grésivaudan. A proximité immédiate du tracé de la ligne 6020, les concentrations de NO₂ (35 µg.m⁻³) sont supérieures à celles mesurées en fond à Grenoble (~26-28 µg.m⁻³) et à celles mesurées en situation de fond à Meylan (~20 µg.m⁻³).

De plus, les niveaux de fond mesurés à Meylan sont logiquement inférieurs aux niveaux de fond urbain à Grenoble.

	Rond point Grésivaudan Transect sud	Rond point Grésivaudan	Rond point Grésivaudan Transect sud
Sites			
Typologie (Distance au rond point du Grésivaudan)	Fond (280 m) Niveau de fond dans le secteur de Meylan	Proximité automobile Niveau maximum	Fond (320 m) Niveau de fond dans le secteur de Meylan

Tableau 2-5 Sites de mesures à proximité du rond point du Grésivaudan

En résumé pour le NO₂ :

Les niveaux de NO₂ ne sont pas homogènes dans l'agglomération grenobloise ; ils sont différents selon la proximité aux sources de NO₂. Les niveaux mesurés sont principalement liés à l'activité automobile (le transport routier représente 53% des émissions de NOx dans l'agglomération grenobloise). Les niveaux de NO₂ augmentent donc en se rapprochant des axes de circulation.

Les niveaux de fond à Grenoble (~ 26-28 µg.m⁻³) sont plus importants que ceux mesurés en périphérie grenobloise et en milieu péri-urbain (+ 8 µg.m⁻³ par rapport au site péri-urbain du Versoud).

Sur le tracé de la ligne 6020, les niveaux de NO₂ mesurés en proximité automobile augmentent de Meylan vers le centre de l'agglomération (densification du réseau routier et augmentation du trafic). Ils ne sont plus conformes à l'objectif de qualité sur la partie du tracé comprise entre le Carrefour de la Carronnerie et le centre de Grenoble.

Sur la partie du tracé comprise entre le Carrefour de la Carronnerie et l'avenue des Sept Laux à Meylan, les niveaux de NO₂ sont conformes à l'objectif de qualité.

En 2004 et 2005, les niveaux de NO₂ n'ont été pas conformes à l'objectif de qualité pour les deux sites de proximité automobile du Rondeau (site fixe à proximité de la Rocade sud) et du Carrefour de la Carronnerie (site de mesures à proximité de la ligne 6020).

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

2.3.2 Les poussières en suspension (PM₁₀)

Le graphique 2.16 illustre la variation de la concentration moyenne de PM₁₀ mesurée sur les sites du Carrefour de la Carronnerie et du Rond Point du Grésivaudan lors des différentes campagnes et les niveaux mesurés toute l'année sur les stations fixes de référence de l'ASCOPARG.

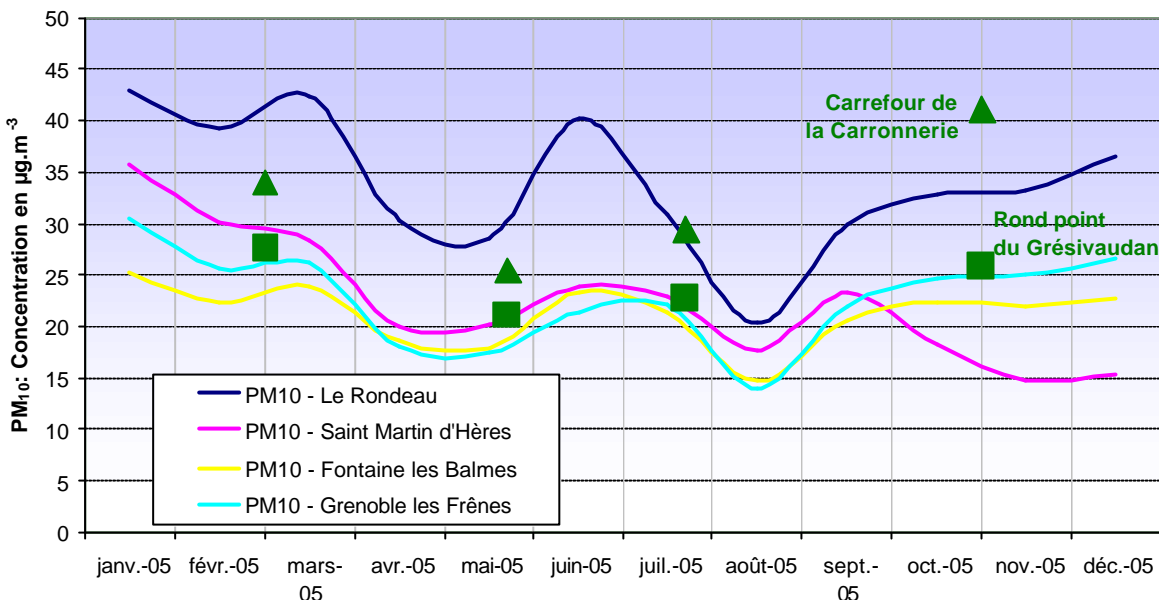


Figure 2.16 Résultats des mesures de PM₁₀ sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de PM₁₀ sur les sites fixes de l'ASCOPARG

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 part des émissions de PM₁₀ liées au trafic automobile est plus faible que pour le NO₂ (29% des émissions par l'automobile). La pollution atmosphérique liée à la présence de particules dans l'air est présente toute l'année, et plus importante en hiver (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 observés sur les sites temporaires et sites fixes ont été résumés dans les tableaux suivants.

Typologie	Trafic	Trafic	Trafic	Urbain de fond	Urbain de fond
Station	Carrefour de la Carronnerie	Rd Point du Grésivaudant	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 2-6 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 le site du rond point du Grésivaudan sont similaires à ceux mesurés en fond urbain, confirmant l'influence plus faible du trafic automobile sur ce site.

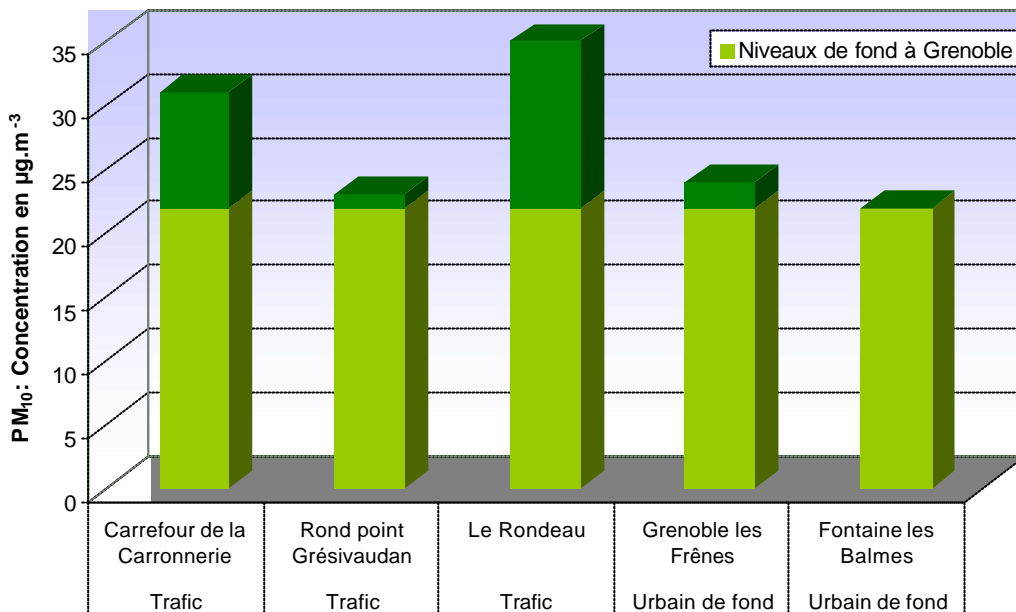


Figure 2.17 Moyennes horaires des PM₁₀ pendant les 4 campagnes de mesures

*** 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 ont été résumés dans les tableaux suivants (Tableau 3.9).

	St Martin d'Hères Urbain de fond	Grenoble Les Frênes 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 2-7 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).

	Carrefour de la Carronnerie	Rd Point du Grésivaudan	Le Rondeau	Grenoble Les Frênes	Fontaine Les Balmes
	Trafic	Trafic	Trafic	Urbain de fond	Urbain de fond
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	3	4	0	0
Nombre de dépassement du seuil d'information et de recommandations : 80 µg.m ⁻³ en moyenne journalière	0	0	0	0	0
Nombre de dépassement du seuil d'alerte : 125 µg.m ⁻³ en moyenne journalière	0	0	0	0	0

Tableau 2-8 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 rond point du Grésivaudan. 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'étude 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.

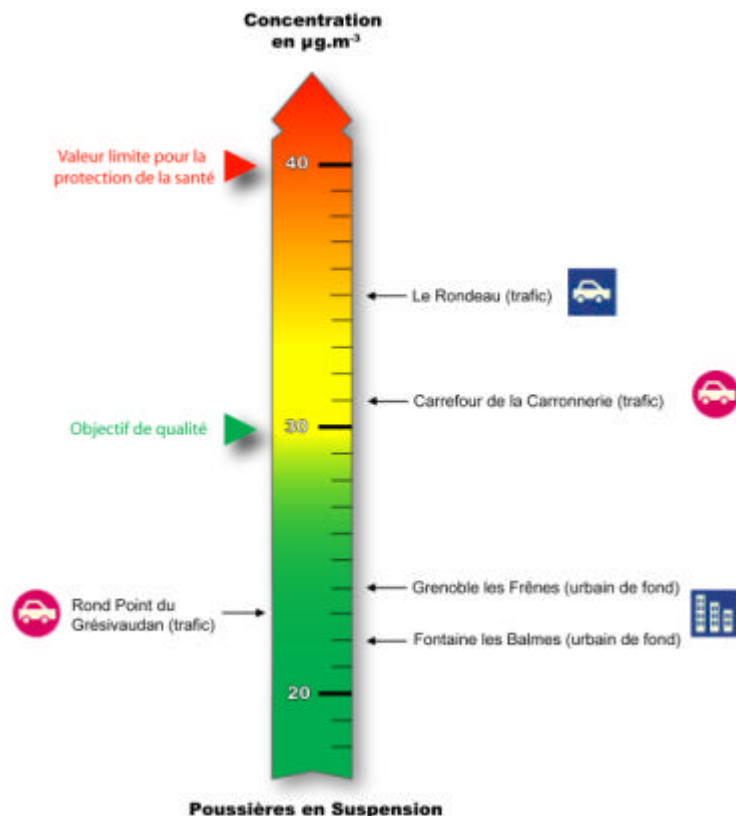


Figure 2.18 Estimation de la moyenne annuelle en PM₁₀ et comparaison par rapport à la réglementation

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 automobile ; en effet le

trafic automobile ne constitue que la 3ème 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 PM_{10} 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 PM_{10} .

En résumé pour les poussières (PM_{10}) :

Les niveaux de poussières sont relativement homogènes dans l'agglomération grenobloise (~22-24 $\mu g.m^{-3}$ en situation de fond dans l'agglomération). Mais les concentrations de poussières peuvent être plus importantes en proximité automobile (+ 11 $\mu g.m^{-3}$ 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 PM_{10} alors que les niveaux de NO_2 sont pratiquement le double de ceux mesurés en fond urbain. Cette différence s'explique par les différences de contribution du trafic automobile dans les émissions de NO_x (53%) et de PM_{10} (29%).

Sur le site du Carrefour de la Carronnerie, les concentrations de PM_{10} ne sont pas conformes à l'objectif de qualité. Ce site n'étant pas représentatif du maximum de pollution sur le tracé de la ligne 6020, il est possible que d'autres parties du tracé, notamment la section entre Grenoble et le Carrefour de la Carronnerie, ne respectent pas l'objectif de qualité concernant les PM_{10} .

Les concentrations de PM_{10} sont plus faibles et conformes à l'objectif de qualité sur le rond point du Grésivaudan à Meylan.

Le risque de dépassement du seuil d'information et de recommandations (80 $\mu g.m^{-3}$ 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 PM_{10} étant présentes toute l'année, le risque de dépassement de valeurs réglementaires est essentiellement provoqué par des situations météorologiques défavorables (accumulation de poussières dans l'atmosphère liée à une inversion de température qui dure plusieurs jours).

2.3.3 Le benzène (C₆H₆)

Des mesures de benzène par tubes à diffusion ont été faites sur le tracé de la ligne 6020. Les niveaux de benzène sont homogènes sur le tracé (~2-3 µg.m⁻³ en moyenne annuelle).

La qualité de l'air se dégrade en se rapprochant du centre de Grenoble en relation avec l'augmentation des niveaux de benzène.

Cependant, la différence de concentration de benzène entre les sites est moins importante que pour le NO₂ (le trafic automobile représente environ 33% des émissions de COV dans l'agglomération grenobloise et 78% des émissions de NOx).

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

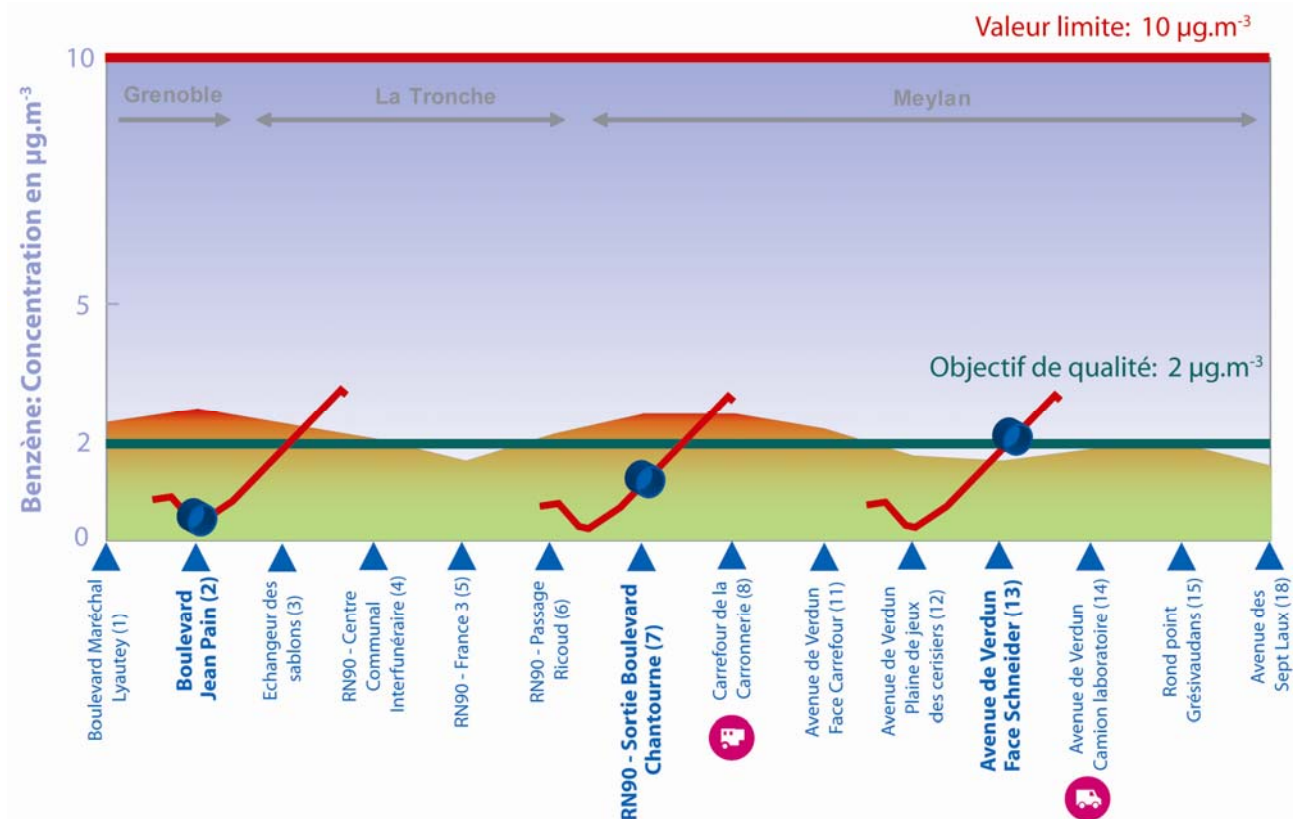


Figure 2.19 Concentrations moyennes annuelles de benzène sur le tracé de la ligne 6020

Le tableau 2-9 récapitule les concentrations moyennes annuelles estimées sur les sites de la ligne 6020.

Sites	Typologie	Benzène moyenne annuelle en $\mu\text{g.m}^3$
Boulevard Maréchal Lyautey	Prox auto	2,5
Boulevard Jean Pain	Prox auto	2,8
Echangeur des sablons	Prox auto	2,5
RN90 - Centre communal interfunéraire	Prox auto	2,2
RN90 - Face France 3	Prox auto	1,7
RN90 - Passage Ricoud	Prox auto	2,3
RN90 - Sortie Boulevard Chantourne	Prox auto	2,7
Carrefour de la Carronnerie	Prox auto	2,7
Carrefour de la Carronnerie - Transect nord	Fond (La Tronche)	1,9
Carrefour de la Carronnerie - Transect sud	Fond (La Tronche)	1,4
Avenue de Verdun - Face Carrefour	Prox auto	2,4
Avenue de Verdun - Plaine de jeux des cerisiers	Prox auto	1,8
Avenue de Verdun - Face Schneider	Prox auto	1,7
Avenue de Verdun - Intersection avec chemin Chaumetière	Prox auto	1,9
Rond point Grésivaudan	Prox auto	2,0
Rond point Grésivaudan - Transect nord	Fond (Meylan)	1,2
Rond point Grésivaudan - Transect sud	Fond (Meylan)	1,3
Avenue des sept laux	Prox auto	1,6

Tableau 2-9 Concentrations moyennes annuelles de benzène sur le tracé de la ligne 6020

*** Etude des bandes d'influence du trafic automobile (transects)**

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 supérieures au niveau de fond en benzène à Grenoble.

Comme pour le NO_2 , les niveaux de benzène mesurés dans le secteur du rond point du Grésivaudan sont inférieurs à ceux mesurés au carrefour de la Carronnerie.

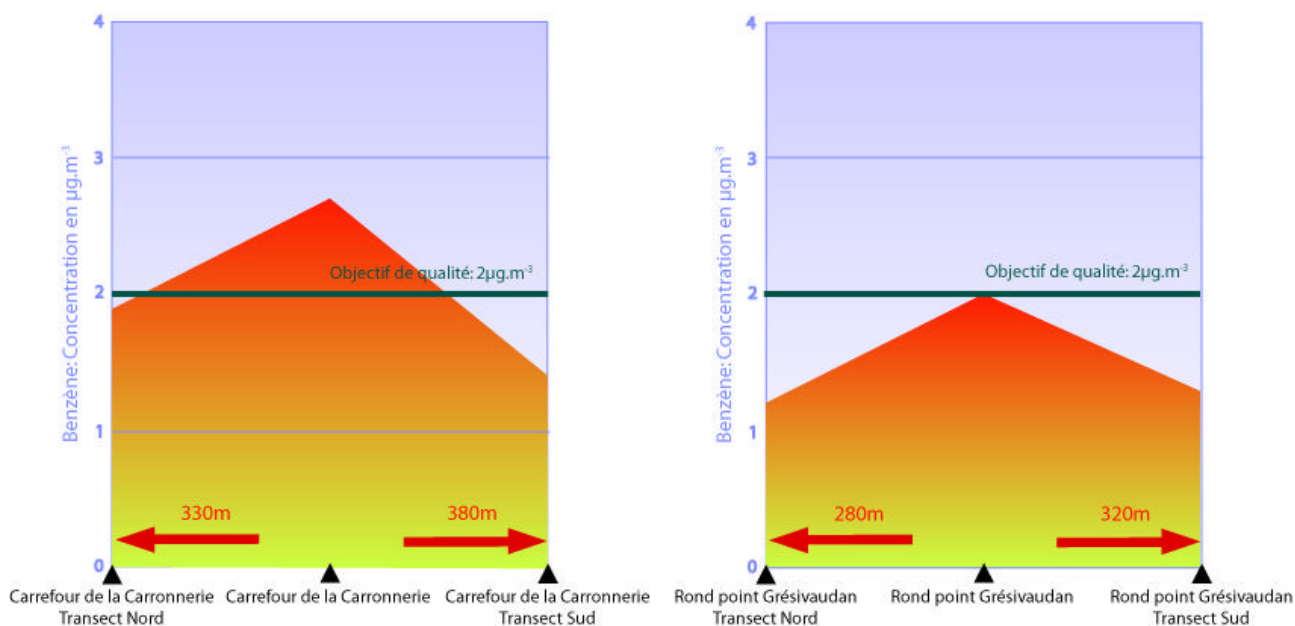


Figure 2.20 Concentrations moyennes de benzène à proximité du carrefour de la Carronnerie

Sur tous les sites, les niveaux restent bien inférieurs à la valeur limite pour la protection de la santé humaine ($10 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle).

En résumé pour le benzène :

Comme pour les autres polluants, les niveaux de fond en benzène sont homogènes sur l'agglomération de Grenoble ($\sim 2 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Sur le tracé de la ligne 6020, les concentrations de benzène, en proximité automobile, sont supérieures au niveau de fond et augmentent en se rapprochant du centre de Grenoble. Sur les sites de proximité, les niveaux de benzène sont en corrélation avec l'intensité du trafic automobile.

Les concentrations de benzène ne respectent pas l'objectif de qualité sur le tronçon de la ligne 6020 compris entre le Carrefour de la Carronnerie et Grenoble (notamment sur le boulevard Jean Pain). Les concentrations de benzène sont plus faibles sur le reste du tracé et équivalentes au niveau de fond de l'agglomération ($\sim 2 \mu\text{g.m}^{-3}$).

2.3.4 Le dioxyde de soufre (SO₂)

Le graphique 2.23 illustre la variation de la concentration moyenne de NO₂ mesurée sur les sites du Carrefour de la Carronnerie et du Rond Point du Grésivaudan lors des différentes campagnes.

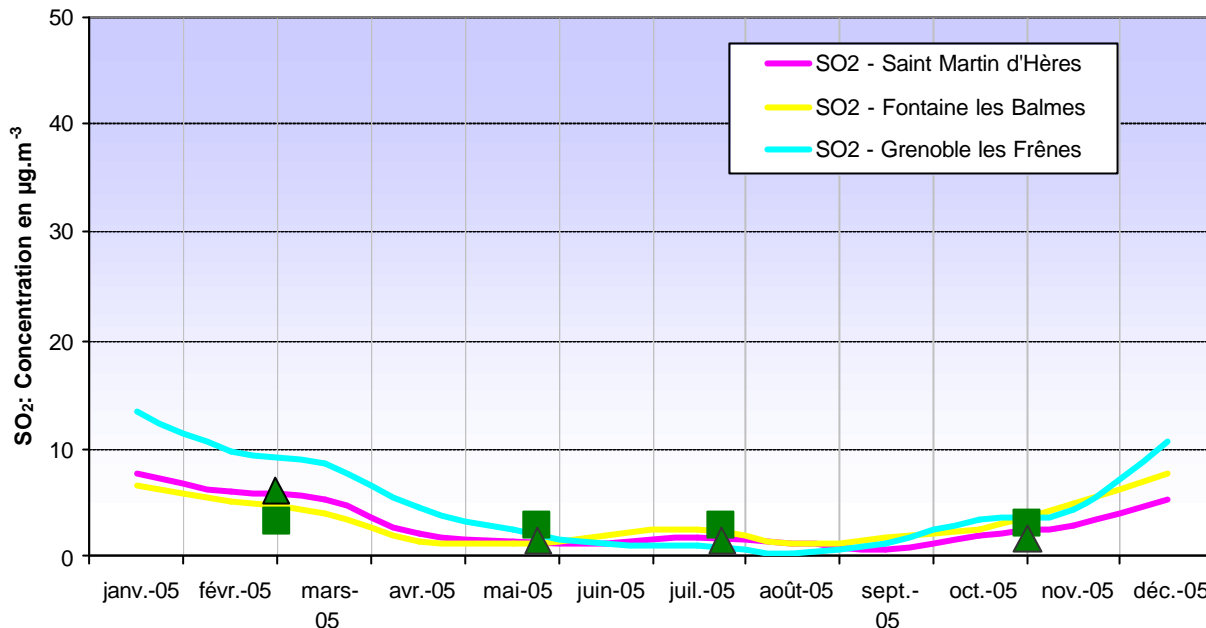


Figure 2.21 Résultats des mesures de SO₂ sur les sites de l'étude lors des 4 campagnes de mesures et résultats des mesures de SO₂ sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Les concentrations de SO₂ mesurées 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 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.

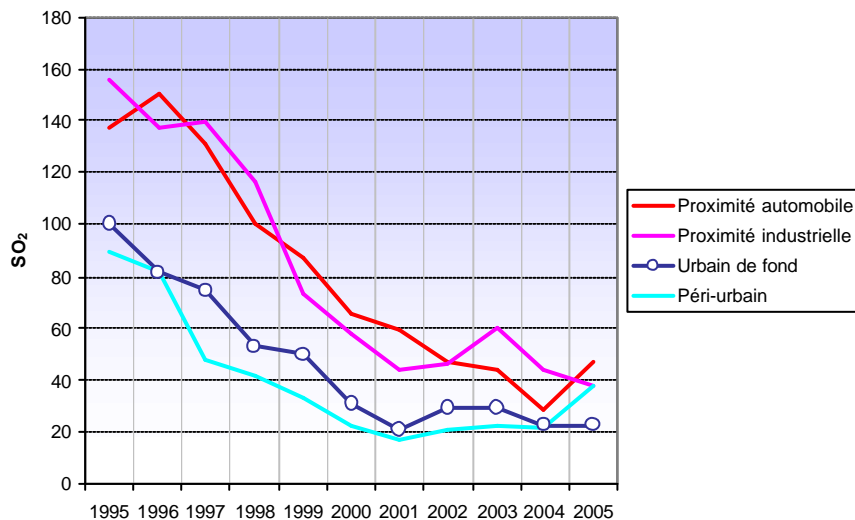


Figure 2.22 Evolution relative de la concentration de SO₂ en région grenobloise entre 1995 et 2005 (Les niveaux de SO₂ mesurés en sites urbains de fond en 1985 constituent la référence 100)

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

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

Typologie	Trafic	Trafic	Urbain de fond	Urbain de fond
Station	Carrefour de la Carronnerie	Rd Point du Grésivaudan	Grenoble Les Frenes	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 2-10 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.

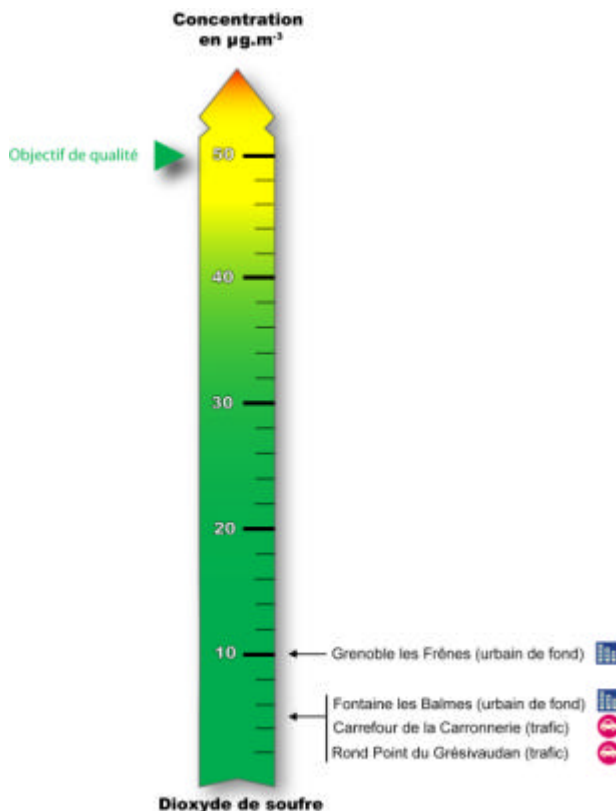


Figure 2.23 Estimation de la moyenne annuelle et comparaison par rapport à la réglementation

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_2 , les seuls dépassements constatés actuellement en Rhône-Alpes 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_2).

En résumé pour le dioxyde de soufre (SO_2) :

Les concentrations moyennes annuelles de SO_2 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_2 , les concentrations mesurées sur tous les sites de l'agglomération grenobloise et sur les sites de l'étude 6020 sont conformes aux objectifs de qualité de l'air.

CONCLUSION

Cette étude a permis de réaliser un état initial de la qualité de l'air sur le tracé de la ligne 6020 pour l'année 2005.

Elle montre une **influence directe du trafic automobile sur la qualité de l'air sur le tracé de la ligne 6020**. Les concentrations mesurées sont en effet directement liés à l'intensité du trafic automobile à proximité et à la distance par rapport à la voirie.

Le trafic automobile est important dans ce secteur ; la RN90 et le boulevard Jean Pain constituent l'entrée Est de Grenoble additionnant trafic interurbain dans la vallée du Grésivaudan (axe Grenoble - Chambéry) et mouvements pendulaires entre les communes résidentielles de l'est grenoblois et Grenoble.

L'étude des différents polluants sur l'ensemble du tracé de la ligne 6020 montre **une augmentation de leur concentration entre Meylan et Grenoble** liée d'une part à l'accroissement du trafic automobile (trafic plus important et plus concentré en centre ville qu'en périphérie) et à l'augmentation des niveaux de fond des différents polluants (niveaux de fond plus importants à Grenoble qu'en périphérie).

Cette augmentation est surtout visible sur les concentrations de dioxyde de NO₂ qui est un polluant essentiellement automobile.

Pour le site du **Carrefour de la Carronnerie**, les mesures effectuées en 2005 et 2004 (dans le cadre de l'Observatoire du PDU) confirment le **non respect de l'objectif de qualité** sur ce site pour le dioxyde d'azote (NO₂) et les poussières (PM₁₀).

Aucun des sites en bordure de la voirie sur le tracé de la ligne 6020 entre la Tronche et Meylan ne respectent pas l'objectif de qualité concernant le NO₂ et le benzène.

Sur le secteur compris entre le Carrefour de la Carronnerie et l'avenue des Sept Laux (Meylan), les niveaux sont globalement conformes à l'objectif de qualité. Sur ces sites de proximité automobile, l'influence du trafic automobile est modérée.

Ces mesures effectuées dans le cadre de l'état initial de la qualité de l'air sur le tracé de la ligne 6020 sont complétées par deux sites d'étude dans le cadre de l'Observatoire du PDU en 2005 (Place Vaucanson à Grenoble et Place de la République à Gières).

Depuis 2004, ces mesures effectuées dans le cadre de l'Observatoire du PDU montrent ponctuellement un non respect de l'objectif de qualité en situation de proximité automobile pour des axes de circulation très importants (type rocade, rue canyons,...).



Place Vaucanson (Grenoble)



Place de la République (Gières)

Dans le cadre du partenariat avec le SMTIC, l'ASCOPARG poursuivra en 2006, 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 SMTIC (Davisum) et l'ASCOPARG (Cadastre des émissions, modèle Sirane, ...).

Tableaux et figures

Tableau 1-1 Date des campagnes de mesures	3
Tableau 1-2 Implantation des laboratoires mobiles sur le tracé de la ligne 6020	4
Tableau 1-3 Sites fixes de mesures de l'ASCOPARG pris en référence pour l'étude	7
Tableau 2-1 Statistiques horaires du NO pendant les 4 campagnes de mesures	16
Tableau 2-2 Statistiques horaires du NO ₂ et estimation de la moyenne annuelle en µg.m ⁻³	18
Tableau 2-3 Concentrations moyennes annuelles de NO ₂ sur le tracé de la ligne 6020	22
Tableau 2-4 Sites de mesures à proximité du Carrefour de la Carronnerie	23
Tableau 2-5 Sites de mesures à proximité du rond point du Grésivaudan	23
Tableau 2-6 Statistiques horaires des PM ₁₀ et estimation de la moyenne annuelle en µg.m ⁻³	25
Tableau 2-7 Statistiques journalières des PM ₁₀ sur les sites fixes de l'agglomération grenobloise en 2005 ..	26
Tableau 2-8 Statistiques journalières des PM ₁₀ pendant les 8 semaines de mesures	27
Tableau 2-9 Concentrations moyennes annuelles de benzène sur le tracé de la ligne 6020	30
Tableau 2-10 Statistiques horaires du SO ₂ pendant les 4 campagnes de mesures	33
Figure 1.1 Position des 18 sites de mesures temporaires installés sur le tracé de la ligne 6020	5
Figure 1.2 Population dans différentes bandes de largeur centrées sur le tracé de la ligne 6020	6
Figure 1.3 Photos des moyens mobiles (camion et remorque laboratoire)	8
Figure 1.4 Photos des tubes à diffusion BTX (Radiello) : mesure du Benzène, du Toluène et des Xylènes	9
Figure 1.5 Photos des tubes à diffusion : mesure du NO ₂	9
Figure 2.1 Schéma de l'évolution d'un polluant dans l'atmosphère	10
Figure 2.2 Répartition mensuelle des inversions de température en 2004 et 2005	11
Figure 2.3 Répartition horaire des inversions de température à Grenoble en 2005	11
Figure 2.4 Influence de l'inversion de température sur la qualité de l'air.	12
Figure 2.5 Influence de la vitesse du vent sur la qualité de l'air à Grenoble en 2004	13
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)	14
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	15
Figure 2.8 Moyennes horaires du NO pendant les 4 campagnes de mesures	16
Figure 2.9 Profil moyen horaire du NO pendant les 8 semaines de mesures de l'étude	17
Figure 2.10 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 2.11 Moyennes horaires du NO ₂ pendant les 4 campagnes de mesures	19
Figure 2.12 Profils moyens horaires du NO ₂ pendant les 8 semaines de mesures de l'étude	19
Figure 2.13 Comparaison des mesures de NO ₂ par rapport à la réglementation	20
Figure 2.14 Concentrations moyennes annuelles de NO ₂ sur le tracé de la ligne 6020	21
Figure 2.15 Concentrations moyennes de NO ₂ à proximité du tracé de la ligne 6020	23
Figure 2.16 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	25
Figure 2.17 Moyennes horaires des PM ₁₀ pendant les 4 campagnes de mesures	26
Figure 2.18 Estimation de la moyenne annuelle en PM ₁₀ et comparaison par rapport à la réglementation ...	27
Figure 2.19 Concentrations moyennes annuelles de benzène sur le tracé de la ligne 6020	29
Figure 2.20 Concentrations moyennes de benzène à proximité du carrefour de la Carronnerie	30
Figure 2.21 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	32
Figure 2.22 Evolution relative de la concentration de SO ₂ en région grenobloise entre 1995 et 2005	32
Figure 2.23 Estimation de la moyenne annuelle et comparaison par rapport à la réglementation	33