



Etude de la qualité de l'air sur trois secteurs de l'agglomération grenobloise :

- ✓ Axe Eybens-Grenoble après restructuration de la ligne 31
- ✓ Le Polygone scientifique avec le prolongement du tram B
- ✓ Quartier Bouchayet-Viallet à proximité de l'A480 et Rocade sud à Echirolles

Mesures et modélisations réalisées en 2007 dans le cadre de l'observatoire du Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération grenobloise

ASCOPARG



**Association pour le
Contrôle et la Prévention
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



Résumé de l'étude

Depuis 2004, ASCOPARG travaille en collaboration avec le SMTC¹ dans le cadre de l'observatoire des impacts environnementaux du PDU², ce qui se traduit par un suivi régulier de la qualité de l'air sur des lieux susceptibles d'être influencés par des modifications du trafic routier. En 2007, ce suivi a concerné quatre zones de l'agglomération grenobloise :

- ✓ L'axe Eybens/Grenoble - tracé de la ligne de bus n°31
- ✓ Le secteur « Polygone Scientifique » - extension de la ligne B de tramway
- ✓ Les « voies rapides urbaines » - proximité de l'A480 et de la Rocade Sud
- ✓ L'axe Grenoble/Le Fontanil-Cornillon - tracés de la ligne de bus n°3 et de la future ligne E de tramway

Ce rapport présente un bilan de la qualité de l'air sur l'ensemble des axes étudiés, réalisé à partir de mesures avec des laboratoires mobiles équipés d'analyseurs continus et avec des tubes passifs (de dioxyde d'azote et de benzène), comparées aux niveaux mesurés sur des sites de référence, en proximité trafic et en fond urbain, ainsi qu'aux valeurs réglementaires. Ce rapport présente également des résultats de modélisation pour l'exposition au dioxyde d'azote.

Les résultats sur le secteur de l'axe Grenoble/le Fontanil-Cornillon sont présentés dans cette étude uniquement à titre indicatif, car ils font l'objet d'un autre rapport³.

Concernant l'axe Eybens/Grenoble, des premières mesures de qualité de l'air ont été réalisées en 2000/2001. Les mesures effectuées en 2007 ont permis de dresser un bilan de la qualité de l'air entre 2000 et 2007, après restructuration de cette ligne (modification de voirie). Même si une amélioration de la qualité de l'air est observée sur le secteur, des niveaux encore importants de dioxyde d'azote sont mesurés sur l'ensemble du tracé, et plus particulièrement sur un site localisé à proximité de la Rocade sud, de part son exposition à un trafic plus intense. Les niveaux de benzène sur l'ensemble du tracé dépassent l'objectif de qualité fixé à $2 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 2010, mais l'analyse des résultats montre que d'autres sources peuvent influencer sur les niveaux de benzène mesurés dans ce secteur urbanisé.

Sur le futur tracé d'extension de la ligne B du tramway, les niveaux de dioxyde d'azote sont assez élevés, de même que sur l'ensemble du secteur « polygone scientifique », en raison très probablement de l'influence du trafic automobile des deux axes autoroutiers à proximité. Les concentrations de benzène sur l'ensemble du domaine d'étude sont proches des niveaux de fond, ce qui montre une faible influence du trafic automobile pour ce polluant sur ce secteur.

A proximité de l'A480, les niveaux de dioxyde d'azote sont très élevés et, même si une décroissance rapide des concentrations est observée en s'éloignant de l'axe, les niveaux mesurés à environ 50-60 mètres restent encore élevés. Les mesures réalisées sur un transect de la « Rocade Sud » montrent que les niveaux de dioxyde d'azote à proximité de cet axe sont moins élevés que ceux observés à proximité de l'A480. Cependant, ces niveaux restent importants au regard des valeurs réglementaires.

En outre, les résultats montrent que les voies rapides urbaines (A480 et Rocade Sud) ont un fort impact sur leur environnement proche (dans une bande de 0-20 mètres) mais également à une distance assez éloignée (de 20 à 80m, voire jusqu'à environ 150 m). Les niveaux de benzène montrent en revanche une influence modérée de ces voies rapides urbaines.

¹ Syndicat Mixte des Transports en Commun

² Plan de Déplacement Urbain

³ « Projet de requalification de la ligne de bus 3 en ligne de tram E, état initial de la qualité de l'air et prospectives, ASCOPARG 2007 » disponible sur <http://www.atmo-rhonealpes.org>

Plus globalement, cette étude montre que les niveaux de dioxyde d'azote mesurés avenue Jean Perrot (sur le tracé de la ligne 31) et quartier « Bouchayet-Viallet » (en proximité de l'A480) sont équivalents à ceux mesurés sur des sites de proximité automobile sur Grenoble et ne sont pas conformes à la valeur limite annuelle à respecter en 2007 ($46 \mu\text{g.m}^{-3}$). Les concentrations annuelles observées rue des Martyrs (dans le cadre du projet de prolongement de la ligne B) sont également importantes et dépassent l'objectif de qualité pour 2010 (fixé à $40 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Ces résultats confirment l'influence du trafic automobile sur les niveaux de dioxyde d'azote mesurés sur ces trois secteurs.

Concernant les particules, les niveaux en moyenne annuelle sur l'ensemble des sites étudiés se situent entre le fond urbain et la proximité directe du trafic. Vis-à-vis des valeurs réglementaires, ces niveaux sont conformes à la valeur limite annuelle (fixée à $40 \mu\text{g.m}^{-3}$), mais pas à l'objectif de qualité (fixé à $30 \mu\text{g.m}^{-3}$). Par ailleurs, pour les trois sites étudiés dans ce rapport, il existe un risque fort de dépassement de la valeur limite en moyenne journalière ($50 \mu\text{g.m}^{-3}$ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an).

Le modèle SIRANE à l'échelle de la rue (résolution d'environ 10m) a été utilisé en complément des mesures afin d'estimer les moyennes annuelles en dioxyde d'azote en tout point du domaine de modélisation, qui couvre une grande partie de l'agglomération grenobloise. Ceci a également permis de calculer le pourcentage de personnes exposées en 2007 à des moyennes annuelles supérieures aux seuils réglementaires pour ce polluant, sur les trois secteurs étudiés et au centre-ville de Grenoble.

Les résultats montrent qu'environ 1 personne sur 3 (32%, soit 3800 personnes) habitant à proximité des voies rapides urbaines et 1 personne sur 4 (25 %, soit 9100 personnes) habitant en centre-ville, sont exposées à un air non conforme à l'objectif de qualité prévu en 2010 ($40 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Résumé de l'étude	2
Introduction	5
1. Méthodologie adoptée	6
1. SITES DE MESURES.....	6
2. PERIODES DE MESURES.....	14
<i>Calendrier des études en 2007</i>	14
<i>Représentativité des périodes de mesures</i>	15
<i>Comparaison du plan d'échantillonnage pour la ligne 31 en 2000 et 2007</i>	17
3. TECHNIQUES DE MESURES.....	21
<i>Les mesures temporaires par laboratoire mobile</i>	21
<i>Mesures par tubes passifs</i>	21
4. LA MODELISATION.....	22
<i>Les données d'entrée</i>	23
2. Niveaux mesurés sur les trois zones d'étude et situation vis-à-vis de la réglementation	25
1. LES OXYDES D'AZOTE (NO, NO ₂).....	25
<i>Emissions d'oxydes d'azote</i>	25
<i>Estimation des moyennes annuelles de NO</i>	25
<i>Etude du rapport NO/NO₂</i>	27
<i>Etude des variations horaires (influence du trafic automobile)</i>	27
<i>Estimation des moyennes annuelles de NO₂ et comparaison à la réglementation</i>	29
<i>Répartition spatiale du dioxyde d'azote</i>	29
<i>Population exposée au NO₂ vis-à-vis des seuils réglementaires</i>	32
2. LES PARTICULES EN SUSPENSION (PM ₁₀).....	35
<i>Emissions des particules</i>	35
<i>Estimation de la moyenne annuelle des PM₁₀ totales et comparaison à la réglementation</i>	36
<i>Evolutions pour les émissions et la surveillance des particules</i>	39
3. Zoom sur le tracé de la ligne de bus 31 (axe Eybens/Grenoble)	40
1. ETAT DE LA QUALITE DE L'AIR EN 2007 SUR LE TRACÉ DE LA LIGNE 31.....	40
<i>Niveaux de dioxyde d'azote (NO₂)</i>	40
<i>Population exposée au NO₂ en proximité automobile</i>	43
<i>Niveaux de benzène (C₆H₆)</i>	45
2. EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'AIR ENTRE 2000 ET 2007.....	47
<i>Comparaison des mesures entre 2000 et 2007 (du 27/06/00 au 26/07/00 et du 09/07/07 au 25/07/07)</i>	47
<i>Mesures avec le laboratoire mobile au niveau du centre social la Bajatière</i>	48
<i>Mesures réalisées par échantillonneurs passifs</i>	50
4. Zoom sur le secteur « Polygone Scientifique » - Prolongement de la ligne B du tramway	55
1. NIVEAUX DE DIOXYDE D'AZOTE.....	55
<i>Population exposée au NO₂ en proximité automobile</i>	57
2. NIVEAUX DE BENZENE (C ₆ H ₆).....	58
5. Zoom à proximité des voies rapides urbaines (A 480 et Rocade sud)	60
1. NIVEAUX DE DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂).....	60
<i>Mesures de NO₂ à proximité de l'A480 (quartier Bouchayet-Viallet)</i>	60
<i>Mesures de NO₂ à proximité de la Rocade sud (Echirolles)</i>	63
<i>Population exposée au NO₂ en proximité automobile</i>	65
2. NIVEAUX DE BENZENE (C ₆ H ₆).....	66
<i>Mesures de benzène à proximité de l'A480 (quartier Bouchayet-Viallet)</i>	66
<i>Mesures de benzène à proximité de la Rocade sud (Echirolles)</i>	68
Conclusions	70
<i>Conclusion générale</i>	70
<i>Plus de détails sur les trois secteurs étudiés</i>	72
ANNEXES	74
ANNEXE 1 : <i>Implantation des sites de mesures par laboratoire mobile</i>	74
ANNEXE 2 : <i>Identification des sites de mesures</i>	75
ANNEXE 3 : <i>Sites fixes de mesures de l'ASCOPARG pris en référence pour l'étude</i>	76
ANNEXE 4 : <i>Les unités statistiques employées</i>	78
ANNEXE 5 : <i>Les valeurs réglementaires</i>	79
ANNEXE 6 : <i>Le modèle SIRANE</i>	82
ANNEXE 7 : <i>Redressement statistique des poussières</i>	83

Introduction

Dans le cadre de l'observatoire du Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération grenobloise, un suivi régulier de la qualité de l'air par campagnes de mesures est en place depuis l'année 2004, sur des lieux susceptibles d'être influencés par des modifications du trafic routier.

En 2007, ce suivi a concerné quatre zones de l'agglomération grenobloise :

- ✓ L'axe Eybens/Grenoble - tracé de la ligne de bus n°31
- ✓ L'axe Grenoble/Le Fontanil-Cornillon - tracés de la ligne de bus n°3 et de la future ligne E de tramway

Des premières mesures de qualité de l'air ont été réalisées en 2000/2001, sur le secteur Eybens/Grenoble et Grenoble/Le Fontanil-Cornillon, dans le cadre d'un état initial de la qualité de l'air. Les mesures effectuées en 2007 ont permis de dresser un bilan de la qualité de l'air avec une comparaison des niveaux entre 2000 et 2007, après restructuration (modification de voirie) de ces 2 lignes.

Le bilan de la qualité de l'air sur l'axe Grenoble/le Fontanil-Cornillon est exposé dans un autre rapport, présentant l'évaluation de la qualité de l'air le long de la future ligne de tram E qui doit se substituer à la ligne 3.¹ Les niveaux mesurés en 2007 sur ce secteur sont présentés dans ce rapport, à titre indicatif.

- ✓ Le secteur « Polygone Scientifique » - extension de la ligne B de tramway

Les mesures réalisées en 2007 ont permis d'élaborer un état initial de la qualité de l'air sur le secteur du « Polygone Scientifique », de plus en plus concerné par des projets d'urbanismes (projet GIANT,...) ou de modifications de voiries, dont celui de l'extension de la ligne B de tramway.

- ✓ Les « voies rapides urbaines » - proximité de l'A480 et de la Rocade Sud

Des mesures effectuées en 2006 à Saint-Martin d'Hères à proximité de la Rocade Sud constituaient la première phase d'une étude de l'impact sur la qualité de l'air des voies rapides urbaines.

En 2007, des mesures supplémentaires ont été réalisées à proximité de l'A480 au niveau du quartier « Bouchayer-Viallet », complétées avec des mesures à proximité de la Rocade Sud dans un autre secteur de l'agglomération grenobloise, sur la commune d'Echirolles. Ces mesures avaient pour but d'évaluer l'impact des voies rapides urbaines au niveau de la qualité de l'air, et notamment d'évaluer l'exposition des populations habitant à proximité de ces voies.

Afin d'apprécier le niveau global de la qualité de l'air sur l'ensemble de l'agglomération et d'identifier les secteurs les plus pollués, ces mesures ponctuelles ont été complétées avec des travaux de modélisation de la qualité de l'air à l'échelle de la rue (modèle SIRANE) : la cartographie des moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO₂), mise en place en 2005 sur l'ensemble de l'agglomération, a été mise à jour pour l'année 2007.

Cette modélisation à fine échelle permet en outre d'estimer l'exposition de la population de l'agglomération vis-à-vis de certaines valeurs réglementaires et d'évaluer l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans.

¹ Cf rapport « Projet de requalification de la ligne de bus 3 en ligne de tram E, état initial de la qualité de l'air et perspectives, ASCOPARG 2007 » disponible sur <http://www.atmo-rhonealpes.org>

1. Méthodologie adoptée

1. Sites de mesures

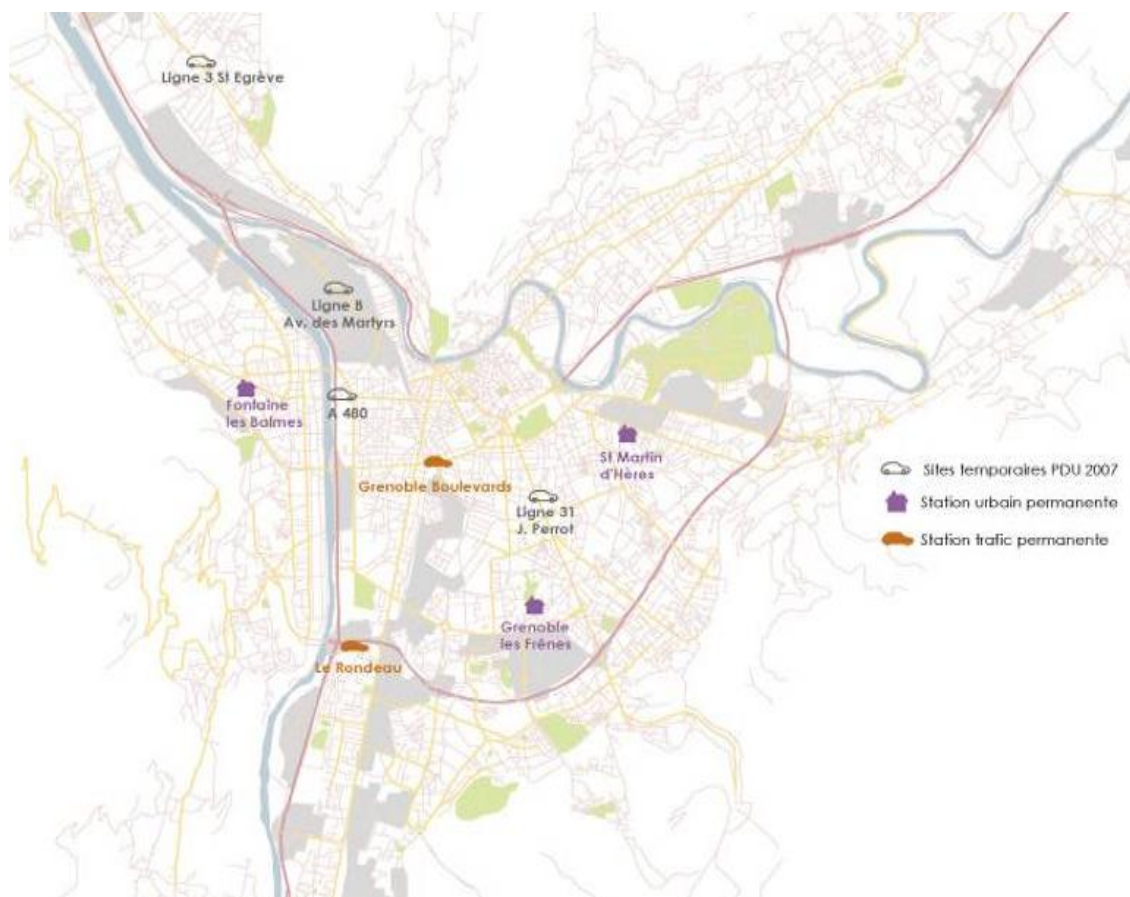
Ce rapport présente les résultats de mesures réalisées sur trois secteurs de l'agglomération grenobloise (cf. carte ci-dessous) :

- L'axe Eybens/Grenoble (ligne 31) ;
- Le polygone scientifique (extension de la ligne B) ;
- Les voies rapides urbaines (A480 et rocade sud).

Sur chacun de ces secteurs, la qualité de l'air a été évaluée avec un laboratoire mobile¹, équipé d'analyseurs continus, permettant de comparer les niveaux mesurés de plusieurs polluants aux différentes valeurs réglementaires. Ce laboratoire mobile était localisé, selon l'axe étudié, sur un site représentatif d'un environnement influencé par le trafic.²

- Avenue Jean Perrot au niveau du centre social la Bajatière à Grenoble (ligne 31) ;
- Quartier Bouchayet-Viallet au niveau du théâtre de création à Grenoble (A480) ;
- Rue des Martyrs au niveau du laboratoire CORIOLIS à Grenoble (extension ligne B).

Ces mesures ont été comparées avec celles des **stations fixes**³ de l'ASCOPARG sur lesquelles le comportement des polluants est bien connu et sert de référence.



Localisation des sites de mesures 2007 et des sites fixes de surveillance (fond et proximité automobile) de l'ASCOPARG

¹ Voir plus loin : « Techniques de mesures »

² cf. Annexe 1

³ cf. Annexe 3

Les 3 stations urbaines (Fontaine les Balmes, Grenoble les Frênes, Saint-Martin d'Hères) permettent de caractériser la pollution urbaine de fond, c'est à dire non influencée par une source particulière de pollution. **La moyenne annuelle de la pollution de fond de l'agglomération grenobloise a été calculée sur la base de ces 3 stations.**

Les 2 stations de proximité automobile (Le Rondeau et Grenoble Boulevards) permettent de caractériser l'impact du trafic automobile sur la qualité de l'air de deux grands axes routiers de l'agglomération : l'A480 et la Rocade Sud.

Par ailleurs, afin de connaître les niveaux moyens pour certains polluants sur l'ensemble de la zone d'étude, des mesures ont été réalisées avec des tubes passifs¹, implantés le long du tracé sur plusieurs sites de typologie trafic, ou pour former des transects².

(cf. cartes pages suivantes)

LIGNE 31 (cf page 6 et 7):

Sur le secteur de la ligne 31, entre Eybens et Grenoble, une première étude a été réalisée en 2000 dans le cadre d'un état initial de la qualité de l'air avant la restructuration de cette ligne (aménagement de la voirie, prolongement de la voie de bus en site propre). Elle regroupait 20 sites de surveillance, mais avec des mesures uniquement sur une période estivale courant de juin à juillet.

En 2007, les mesures ont été reconduites avec pour objectif de pouvoir dresser un bilan de la qualité de l'air entre 2000 et 2007 le long du tracé de la ligne 31. Le nombre de sites de mesures a été restreint aux sites les plus pertinents : seuls 11 sites ont été retenus (selon des critères de représentativité du tracé, d'exposition de la population,...), dont celui où était implanté le laboratoire mobile.

LIGNE B (cf page 8):

Les mesures pour cette étude ont été réalisées en 2007, avec pour objectif d'élaborer un état initial de la qualité de l'air avant le projet d'extension de la ligne B de tramway. La zone a été sondée avec 11 sites de mesures, dont 1 équipé avec un laboratoire mobile : ce dernier plus 5 autres sites étaient localisés rue des Martyrs le long du futur tracé ; les 5 autres points de mesures ont été disposés autour de cet axe afin d'évaluer le niveau globale de la qualité de l'air sur l'ensemble du secteur du « polygone scientifique ».

A480/ROCADE SUD (cf page 9 et 10):

La Rocade sud et l'A480 sont des axes très fréquentés de l'agglomération grenobloise avec plus de 80 000 véhicules/jour sur certaines portions. Ces deux voies rapides urbaines font l'objet d'une surveillance en continu depuis 2000 à partir de la station de mesure du « Rondeau » localisée à l'intersection de ces deux axes sur la commune d'Echirolles.

En 2006, la rocade sud avait fait l'objet d'une étude spécifique réalisée en partenariat avec le SMTC au niveau de la commune de Saint-Martin d'Hères dont le but était de caractériser son impact sur l'environnement, avec six points de mesures formant un transect pour mesurer la qualité de l'air à différentes distances de l'axe étudié. Les résultats de cette étude sont présentés dans un autre rapport.³

En 2007, une étude similaire a été effectuée à proximité de la rocade sud mais dans un autre secteur de l'agglomération grenobloise (commune d'Echirolles) et à proximité de l'A480 au niveau du quartier « Bouchayet-Viallet » à Grenoble.

Deux transects coupant chaque axe avec 5 sites ont été réalisés afin de caractériser la qualité de l'air à différentes distances. Un laboratoire mobile a été implanté sur un des sites du transect de l'A480 (à environ 45 mètres de l'axe.). En revanche, la zone de la

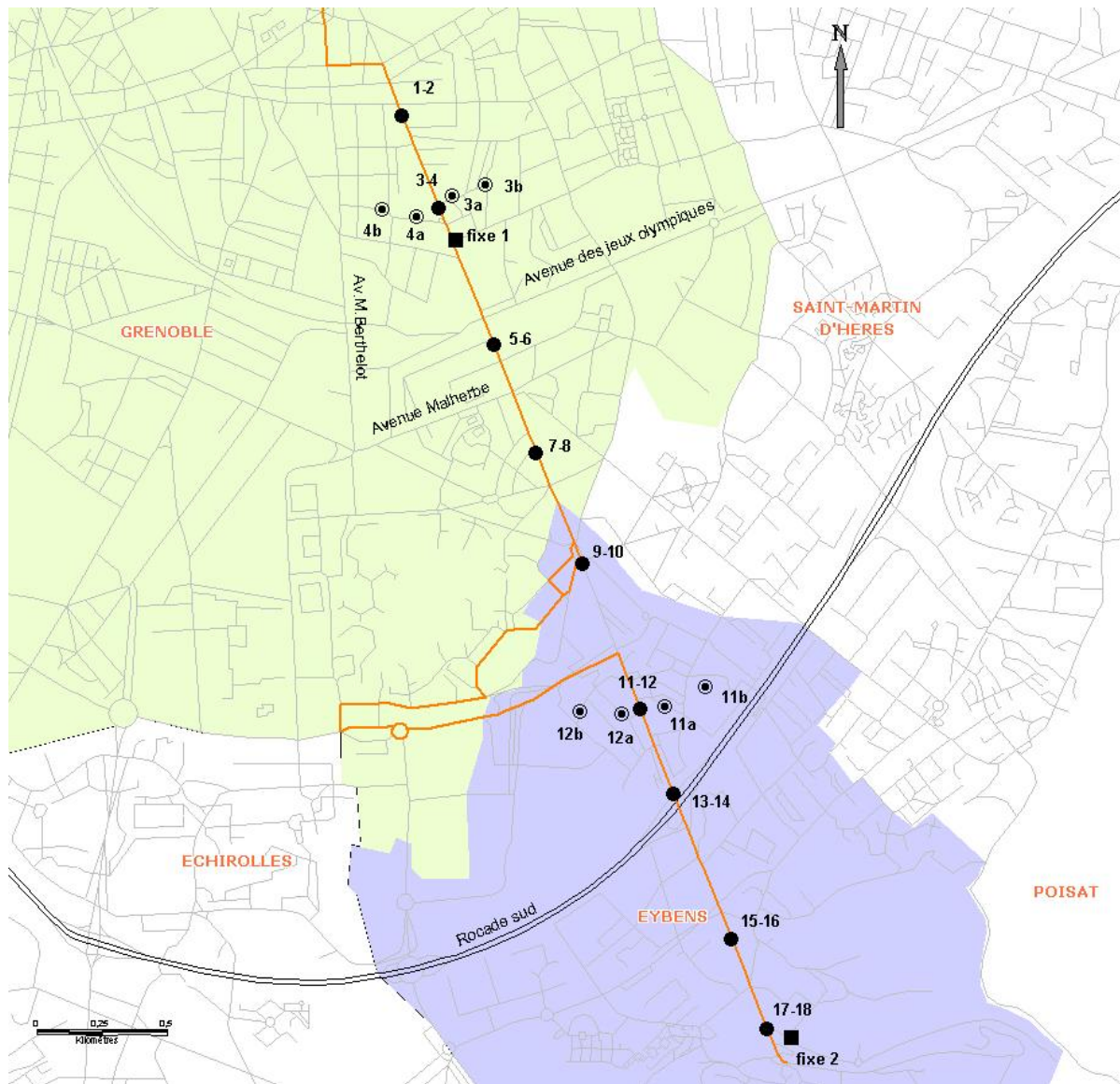
¹ Voir plus loin : « Techniques de mesures » et Annexe 2

² Série de mesures transversales permettant d'apprécier la décroissance des niveaux de pollution en fonction de l'éloignement par rapport à la route

³ Etude de la qualité de l'air sur différents sites de l'agglomération grenobloise : Mesures et modélisation réalisées dans le cadre de l'observatoire environnemental des déplacements en 2006, Octobre 2007, disponible sur <http://www.atmo-rhonealpes.org>

Rocade Sud n'a été sondée qu'avec des tubes à diffusion passive. Un point de mesure a également été mis en place à proximité du trafic entre les deux transects, au sein du quartier « Mistral ».

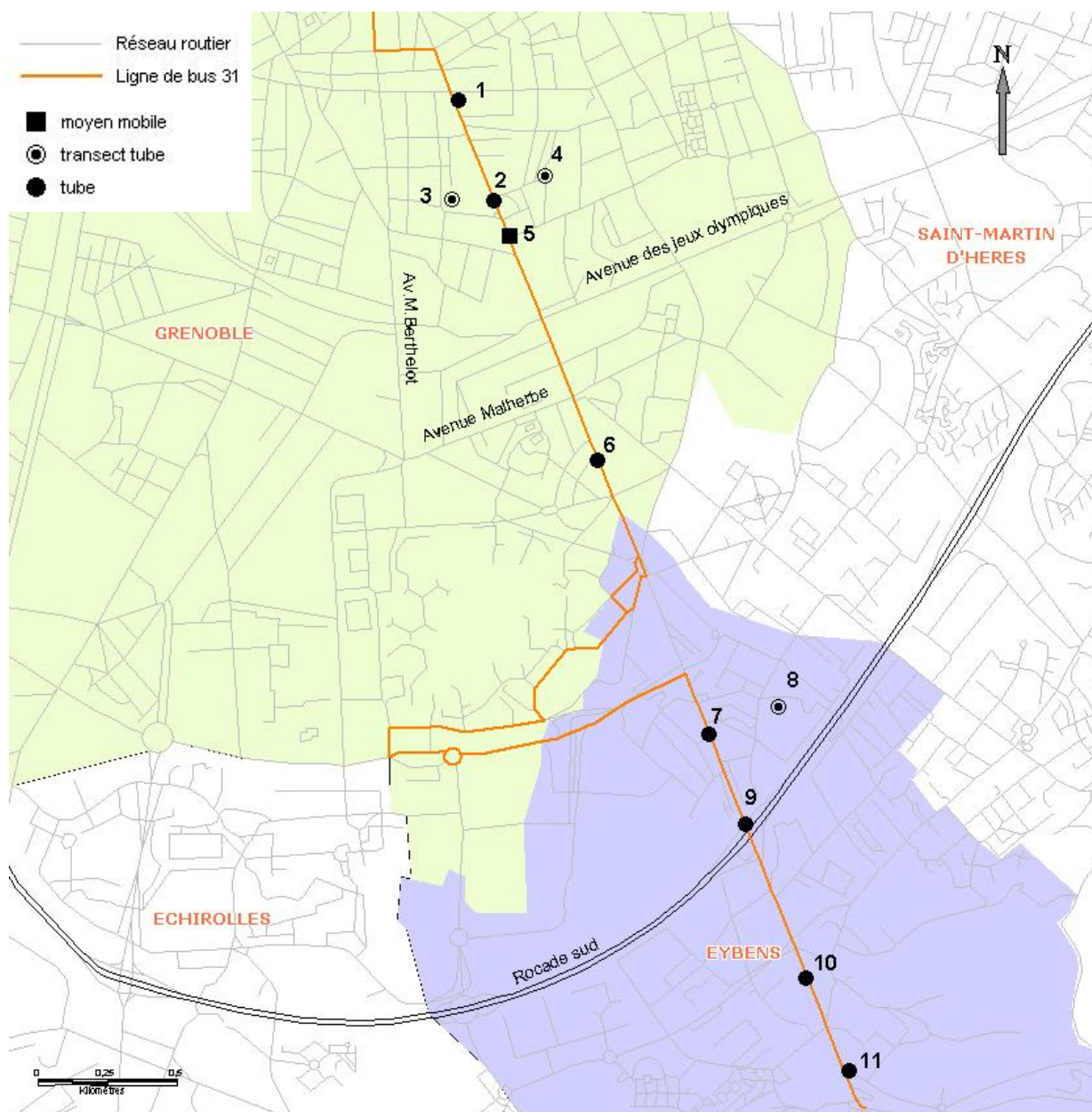
Localisation des sites de mesures le long du tracé de la ligne 31 (été 2000)



- Réseau routier
- Ligne de bus 31
- moyen mobile
- transect tube
- tube

- Carte réalisée à partir :
- Données ASCOPARG 2000
 - BD carto IGN, 2003
 - Magellan géomatique 1999

Localisation des sites de mesures le long du tracé de la ligne 31 (2007)

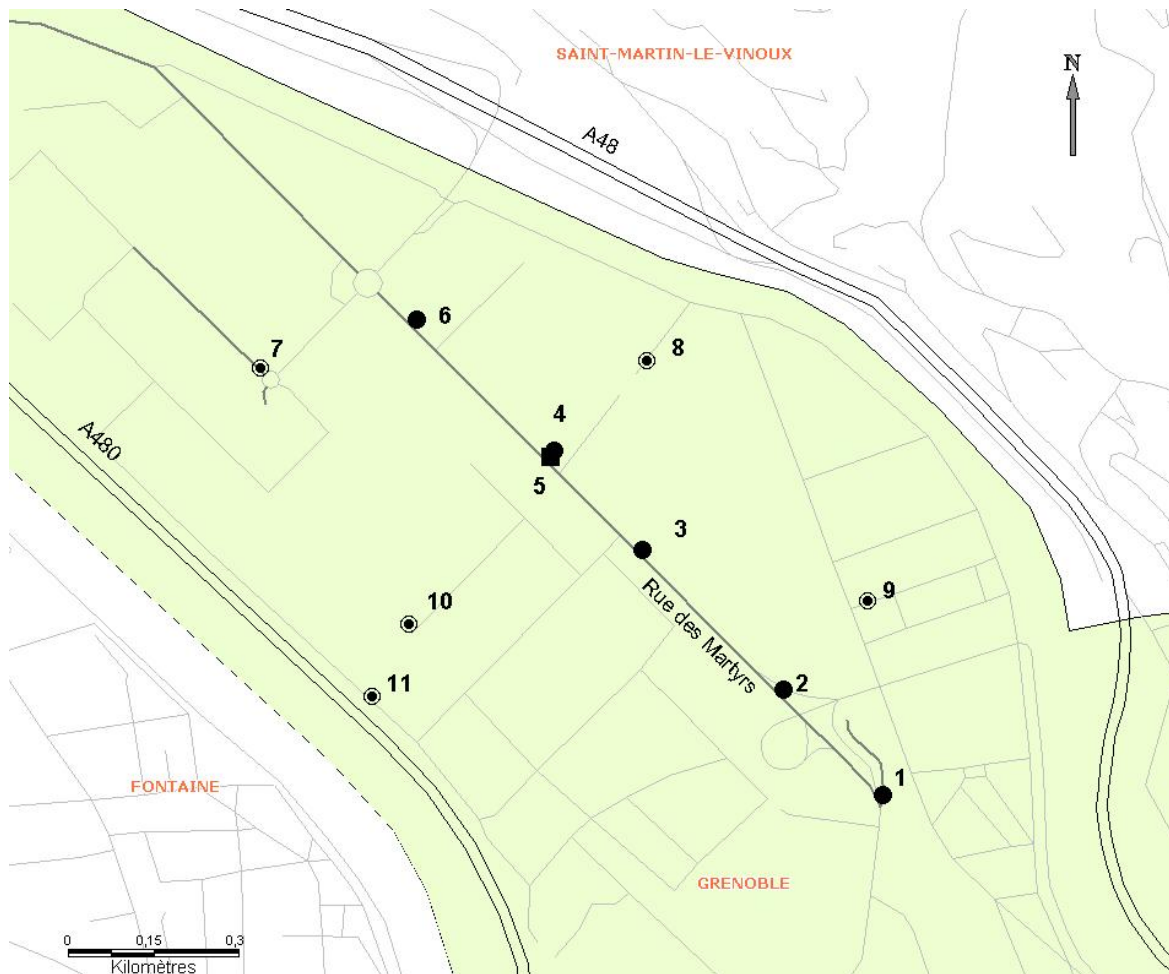


Carte réalisée à partir :

- Données ASCOPARG 2007
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999

N° du site	Nom du site
01	Bâtiment rouge
02	Les Roses
03	Ecole Saint François des Sales (Transect)
04	Chemin vieux (Transect)
05	CS la Bajatière (moyen mobile)
06	Portail doré
07	Maison rose 49 Jean Perrot
08	Parc municipal (Transect)
09	Pont rocade sud
10	Le Muret
11	Place du 11 novembre

Localisation des sites de mesures sur le prolongement de la ligne B (2007)



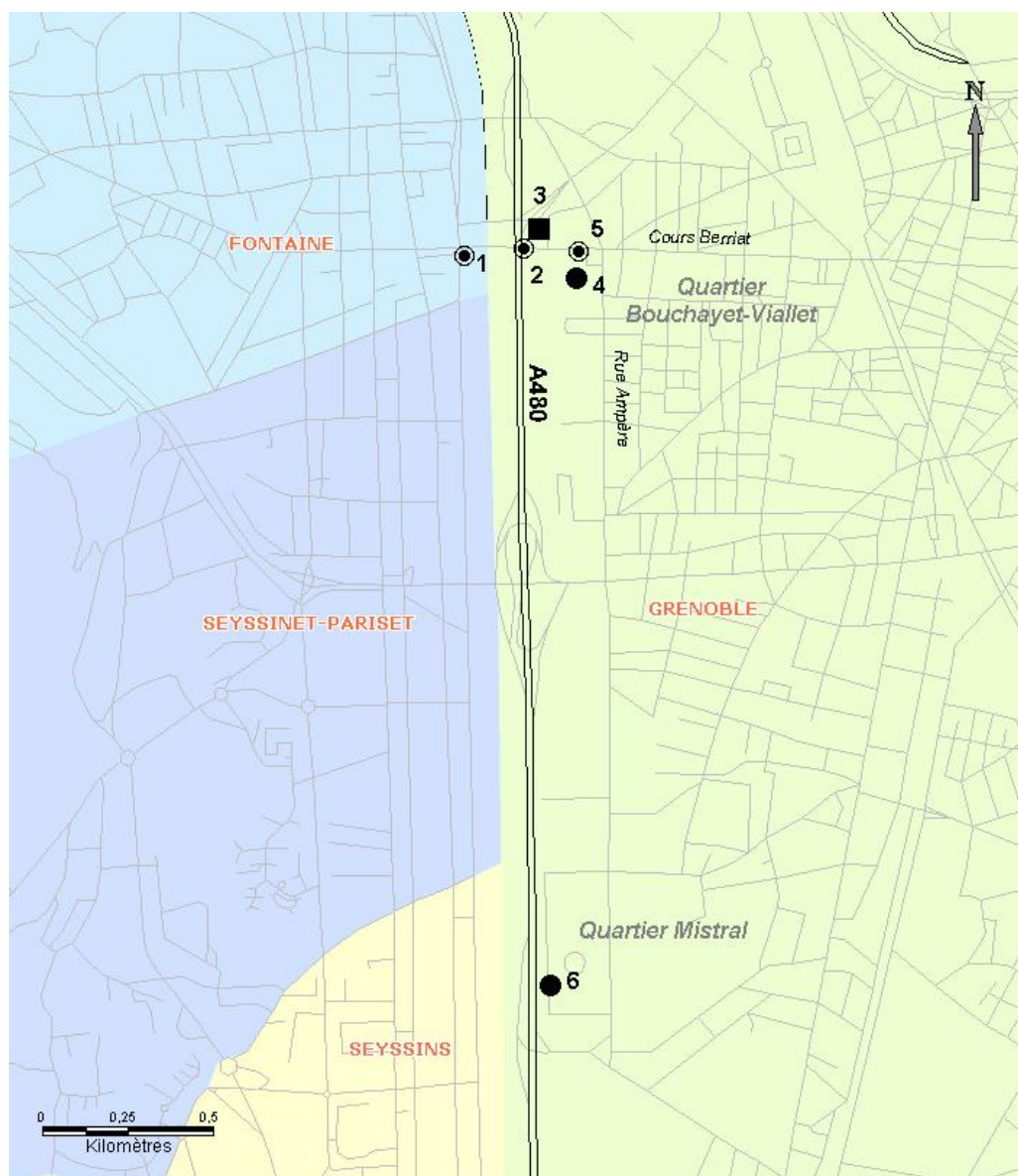
- moyen mobile
- transect tube
- tube

Carte réalisée à partir :

- Données ASCOPARG 2007
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999

N° du site	Nom du site
01	Début extension ligne B
02	Face panneau AVIPAR
03	SAGEIS
04	Station essence
05	Lab. CORIOLIS (moyen mobile)
06	Terminus extension ligne B
07	ST Microélectronique (T)
08	Stade SNCF (T)
09	Cité Jean Macé (T)
10	CEA parking (T)
11	CEA prox A480 (T)

Localisation des sites de mesures à proximité de l'A480 (2007)



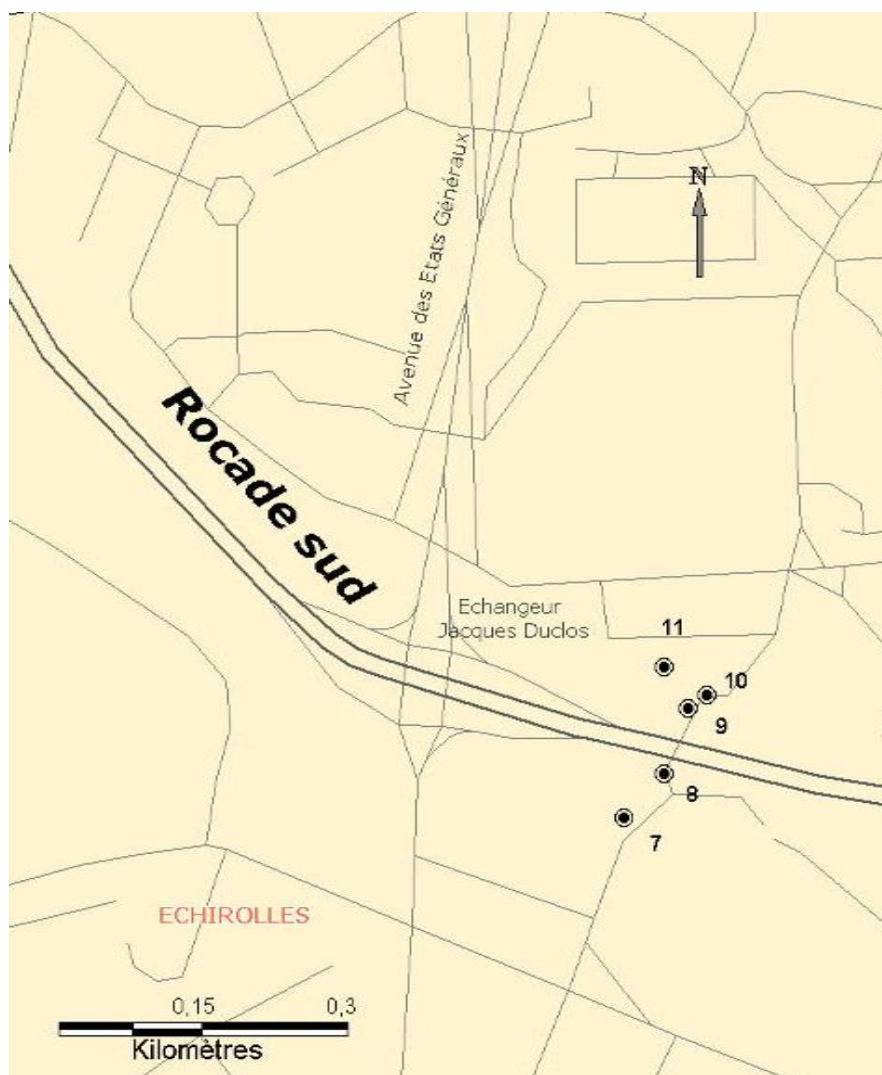
- moyen mobile
- ⊙ transect tube
- tube

Carte réalisée à partir :

- Données ASCOPARG 2007
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999

N° du site	Nom du site
01	Quai du Drac (T)
02	Pont du Drac (T)
03	Théâtre de création (moyen mobile)
04	Bouchayet-Viallet (T)
05	Square des fusillés (T)
06	Cité Mistral

Localisation des sites de mesures à proximité de la rocade sud (2007)



- moyen mobile
- ⊙ transect tube
- tube

Carte réalisée à partir :

- Données ASCOPARG 2007
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999

N° du site	Nom du site
07	Parc des écoles (T)
08	Passerelle des écoles (T)
09	Chemin de fer (T)
10	Cité de provence 1 (T)
11	Cité de provence 2 (T)

2. Périodes de mesures

Calendrier des études en 2007

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 2008/50/CE du 21 mai 2008) pour être considérées comme représentatives de la qualité de l'air d'une année sur un site donné et permettre une comparaison avec les normes en vigueur.

Campagne	Date de début	Date de fin	Saison	Durée de chaque campagne = 2 semaines	
Ligne 31	08/01/2007	24/01/2007	Hiver		Durée de chaque campagne = 2 semaines
Ligne B	09/02/2007	26/02/2007			
A480 Rocade Sud	26/02/2007	14/03/2007			
Ligne 31	11/04/2007	27/04/2007	Printemps		
Ligne B	14/05/2007	01/06/2007			
A480 Rocade Sud	01/06/2007	18/06/2007			
Ligne 31	09/07/2007	25/07/2007	Eté		
Ligne B	20/08/2007	13/09/2007			
A480 Rocade Sud	13/09/2007	28/09/2007			
Ligne 31	08/10/2007	31/10/2007	Automne		
Ligne B	16/11/2007	03/12/2007			
A480 Rocade Sud	03/12/2007	19/12/2007			

Dates des campagnes de mesures

Dans le cadre de cette étude, 8 semaines de mesures également réparties sur toute l'année ont été réalisées sur chaque site.

Les résultats mesurés en 2007 sont ainsi conformes à ces exigences de représentativité.

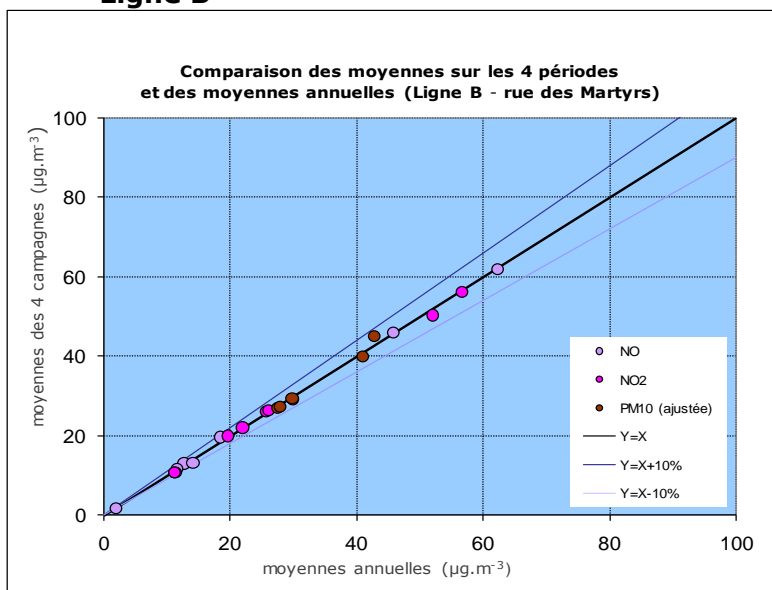
Représentativité des périodes de mesures

Représentativité annuelle

Il est nécessaire de vérifier si les mesures effectuées sont représentatives de l'année 2007 pour pouvoir être comparées aux valeurs réglementaires. Cette vérification se fait en utilisant les données de stations fixes de référence de l'ASCOPARG, par comparaison de la moyenne calculée pendant les 8 semaines de mesures correspondant à une étude, à la moyenne annuelle (moyenne des 12 mois de mesures de la station fixe).

Les graphiques suivants comparent pour chaque étude (ligne 31, ligne B et A480), les moyennes de NO, NO₂, PM₁₀ calculées sur les **stations fixes** de l'ASCOPARG lors des périodes de mesures (8 semaines) avec la moyenne annuelle (365 jours).

✓ Ligne B

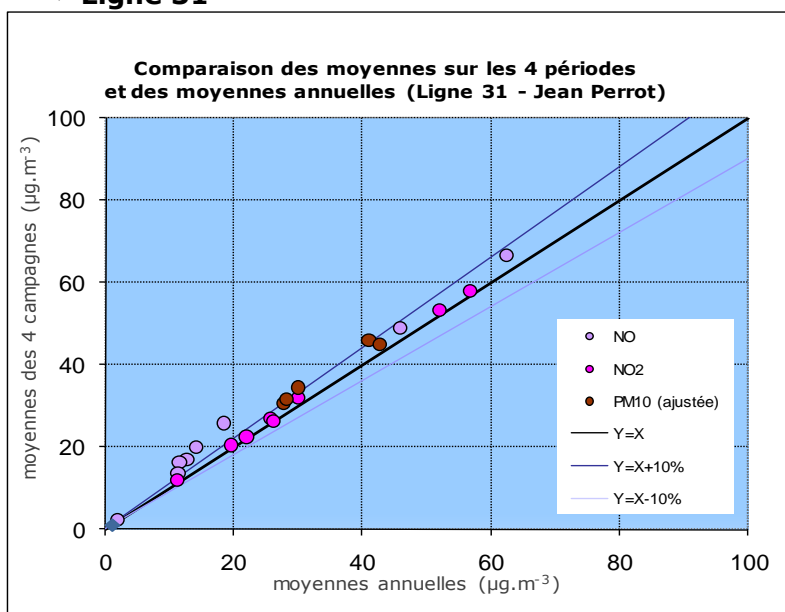


Comparaison des moyennes mesurées du NO, NO₂, PM₁₀ sur les 4 périodes de mesures réalisées sur le site de la ligne B et de la moyenne annuelle pour les stations fixes de l'ASCOPARG (Saint Martin d'Hères, Fontaine les Balmes, Les Frênes, Le Rondeau, Grenoble Boulevard, Le Versoud, Voreppe Volouise, Charavines).

Pour les sites fixes de référence, l'écart entre la moyenne calculée pendant les quatre campagnes de mesures de la ligne B et la moyenne calculée sur l'année civile est faible (< 10 %).

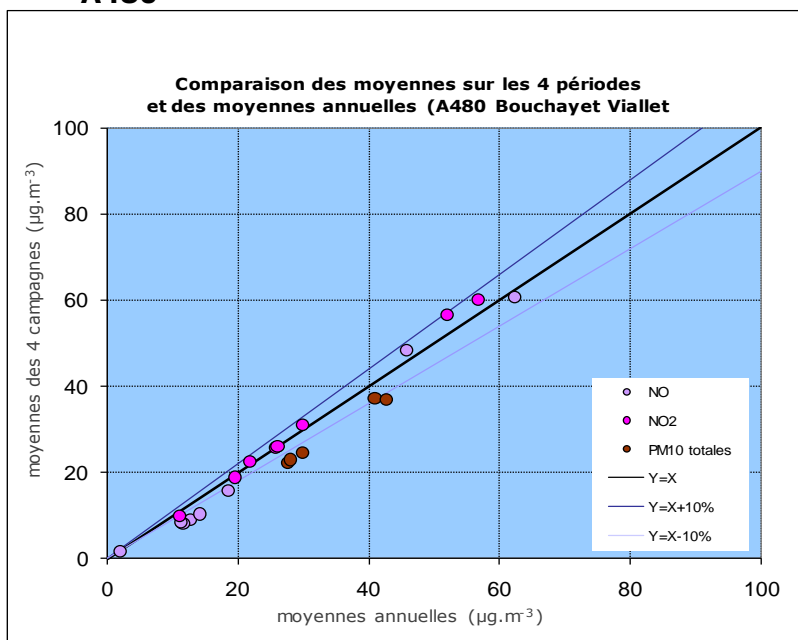
Les moyennes des 8 semaines de mesures effectuées par laboratoire mobile sur le site de la ligne B sont considérées comme représentatives de l'année 2007, et peuvent ainsi être comparées aux valeurs réglementaires annuelles.

✓ Ligne 31



Comparaison des moyennes mesurées du NO, NO₂, PM₁₀ sur les 4 périodes de mesures réalisées pour le suivi de la ligne 31 avec la moyenne annuelle pour les stations fixes de l'ASCOPARG

✓ A480



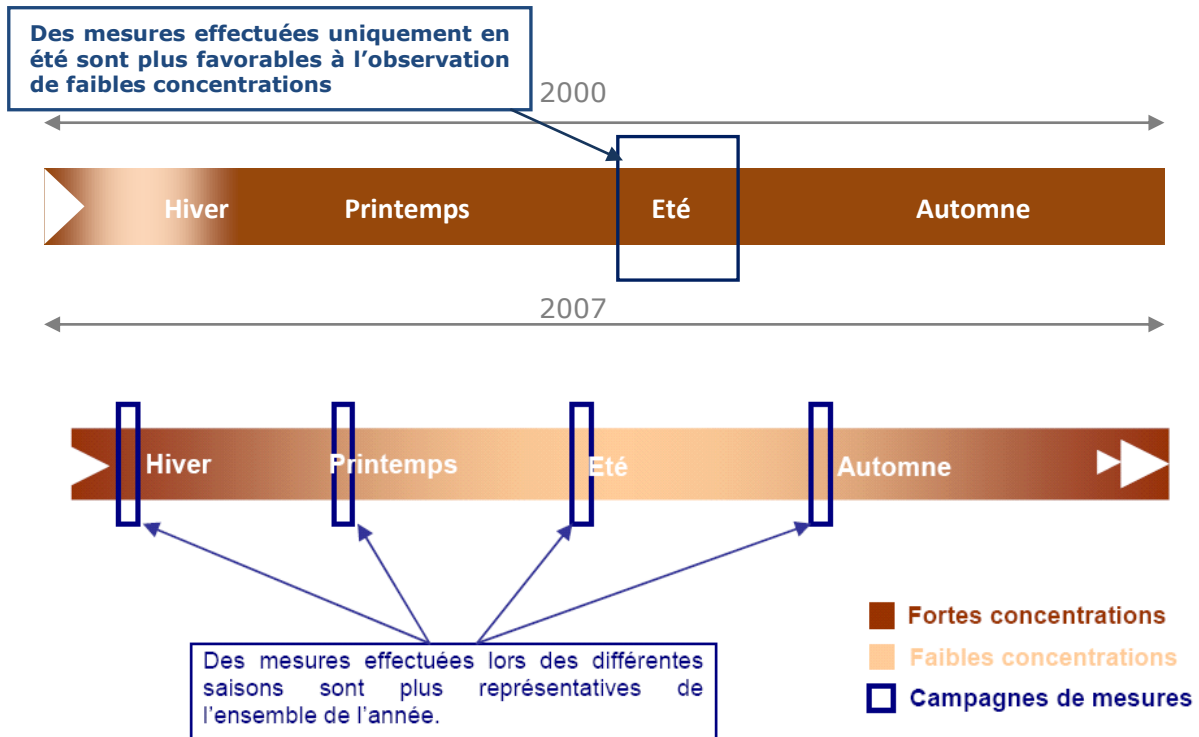
Comparaison des moyennes mesurées du NO, NO₂, PM₁₀ sur les 4 périodes de mesures réalisées pour le suivi de l'A480 avec la moyenne annuelle pour les stations fixes de l'ASCOPARG

Les quatre périodes choisies pour réaliser les mesures des sites de la ligne 31 et A480 sont assez bien représentatives des niveaux mesurés sur l'ensemble de l'année pour le dioxyde d'azote. Pour les poussières et le monoxyde d'azote, les moyennes des 4 campagnes présentent des valeurs légèrement surestimées (ligne 31) ou sous-estimées (A480) par rapport à la valeur annuelle réelle. Pour le NO, les moyennes n'ont pas été corrigées car il n'existe pas de seuil réglementaire pour ce polluant. **En revanche, pour les poussières, les moyennes sur 8 semaines ont été redressées¹ pour améliorer l'estimation de la moyenne annuelle.**

¹ Redressement linéaire à partir des données des stations de références cf annexe 7.

Comparaison du plan d'échantillonnage pour la ligne 31 en 2000 et 2007

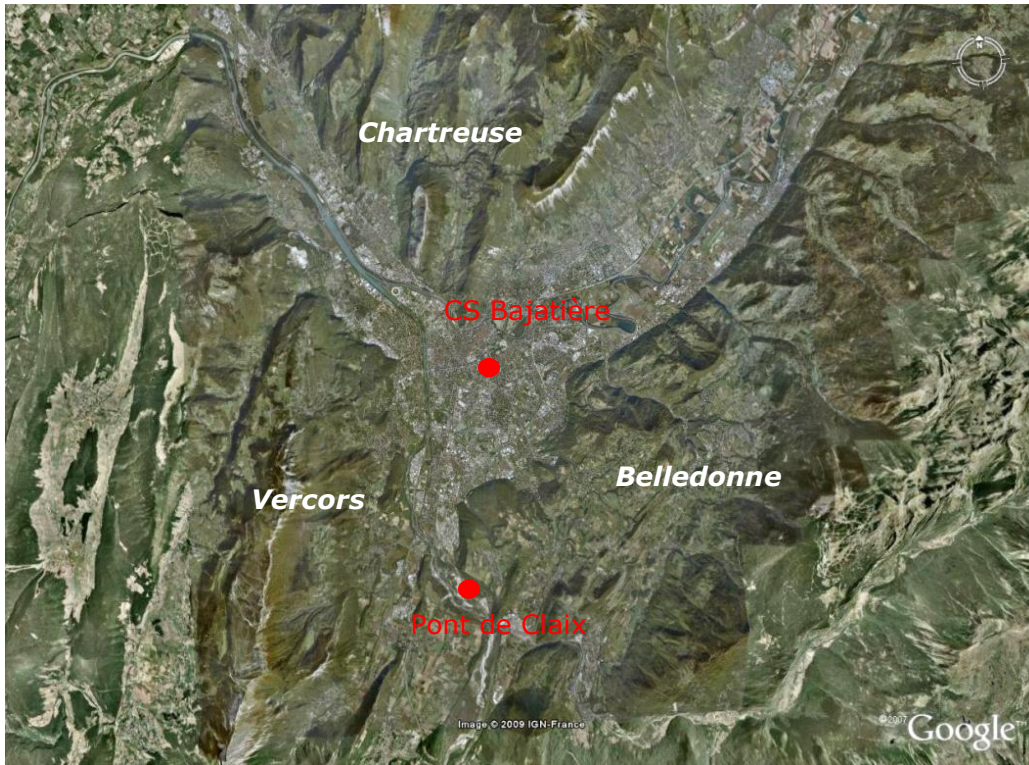
L'état initial sur le tracé de la ligne 31, réalisé uniquement entre juin et juillet 2000, ne permettait pas d'estimer des résultats annuels en raison de la faible représentativité des mesures.



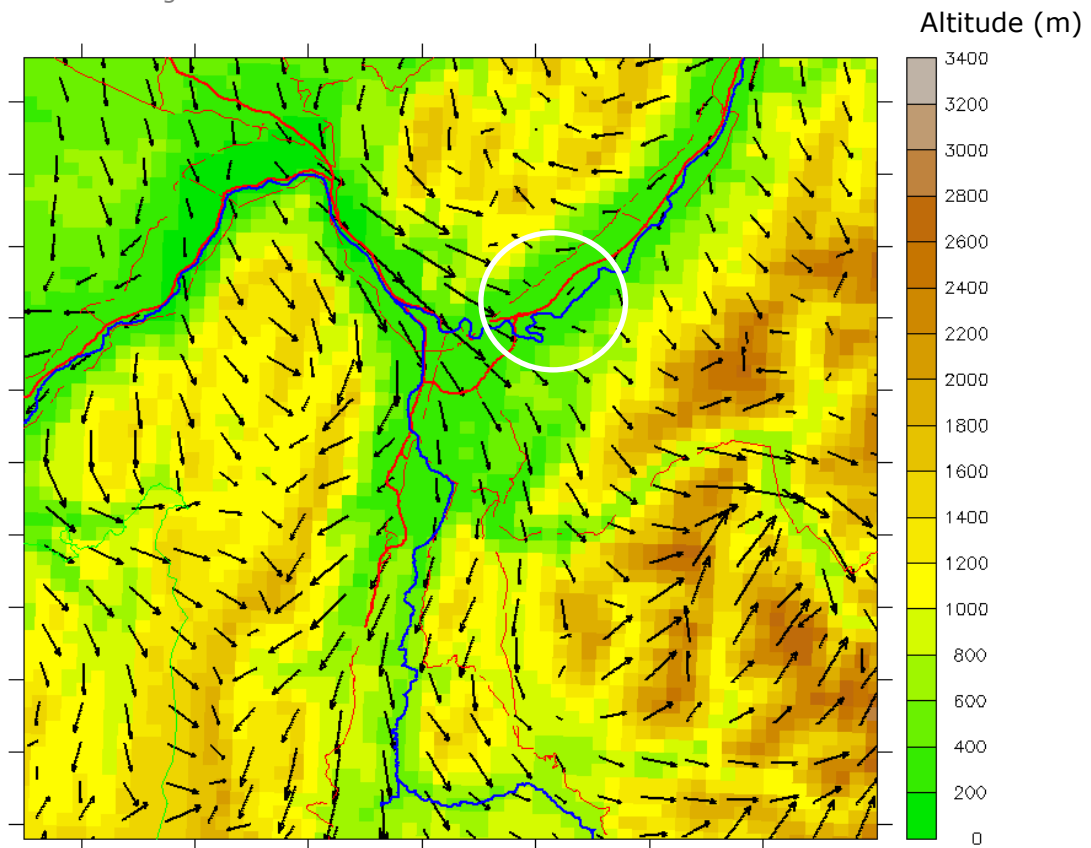
Représentativité vis-à-vis des conditions météorologiques

Les conditions météorologiques ont été comparées entre l'été 2000 et 2007 afin d'étudier l'influence de ces dernières sur les niveaux de pollution.

L'agglomération grenobloise est au centre d'un Y délimité au nord par le massif de la Chartreuse, à l'est par le massif de Belledonne et à l'ouest par le massif du Vercors. Cette situation géographique est à l'origine d'une dynamique atmosphérique très singulière : la zone ouest est dominée par l'écoulement dans la cluse de Voreppe avec des vents assez forts alors que la partie est, est soumise à l'écoulement du Grésivaudan avec des vents faibles (voir figures ci-après).

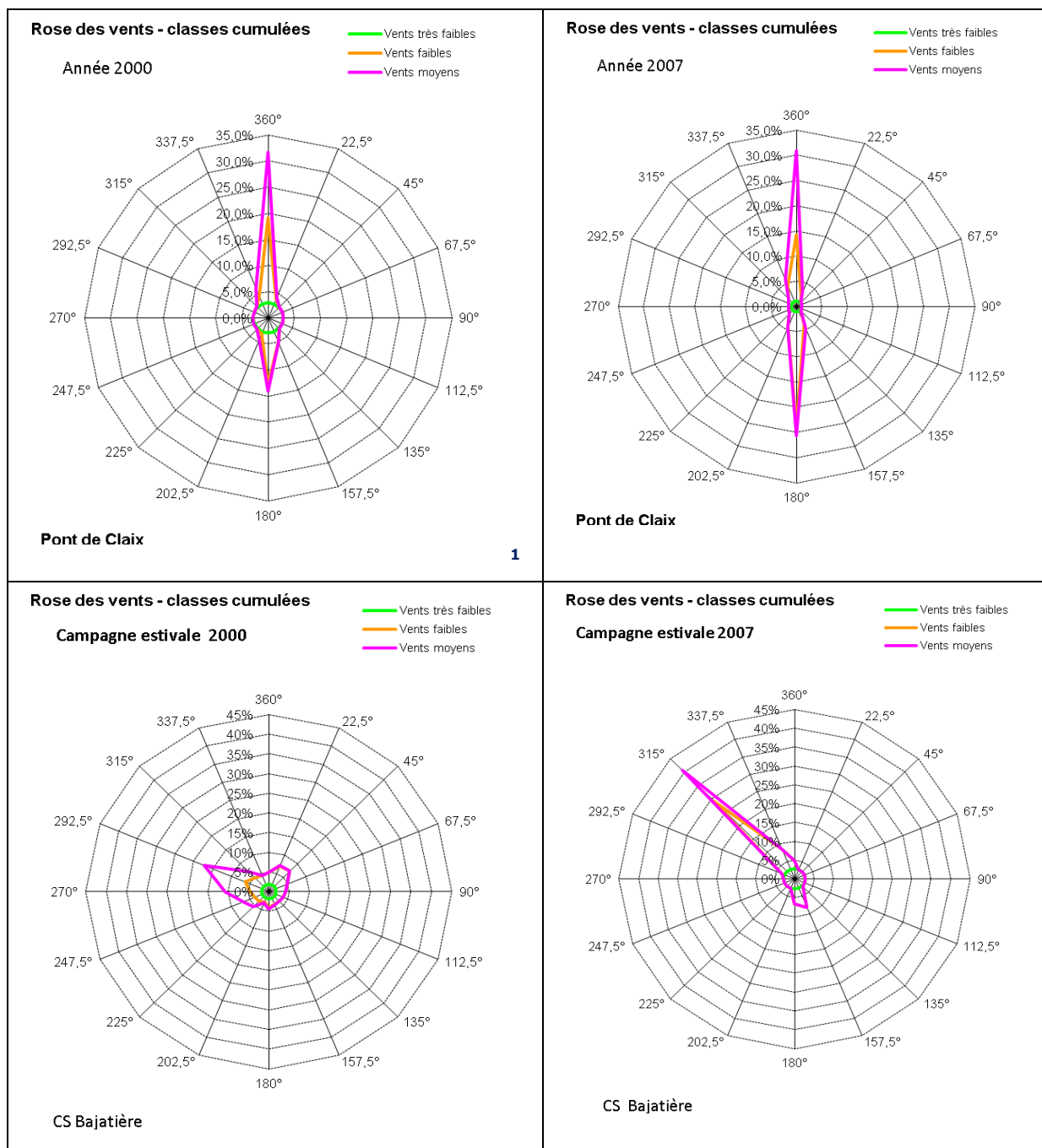


Vue aérienne du « Y grenoblois ».



Champ de vent (vecteurs) au sol le 21 août 2008 à 16 h calculé avec le modèle PREVALP et les mesures météo aux stations.

Cette carte montre la confluence des écoulements de la cluse de Voreppe et du Grésivaudan qui crée des vents faibles dans la zone de la Tronche et une direction de vent nord-ouest pouvant être observée sur une partie de l'agglomération grenobloise.

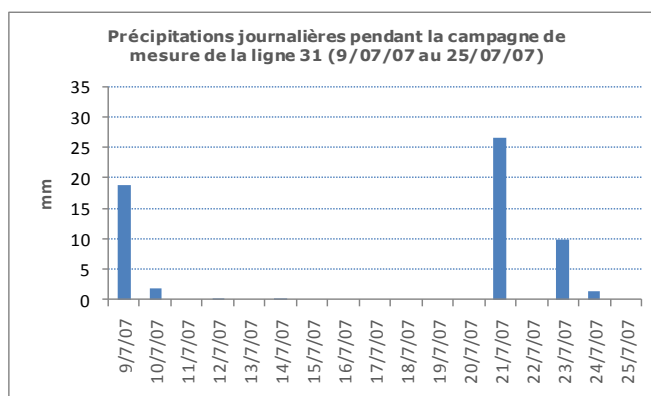
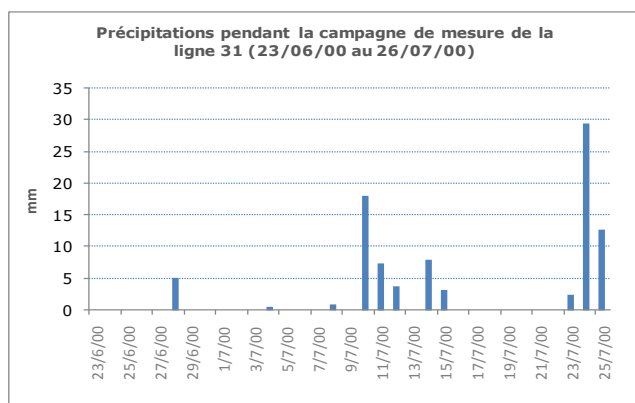


La station de Pont de Claix est située au sud de l'agglomération (cf. figure page précédente). Dans ce secteur, la géographie locale favorise habituellement une orientation du vent selon l'axe nord/sud.

Sur le site de mesure « Centre Social Bajatière », durant les 2 campagnes de mesures estivales de 2000 et 2007, la direction principale du vent est plutôt orientée sur le secteur nord-ouest, probablement sous l'influence des vents en provenance de la vallée de Voreppe à Grenoble (cf. § précédent). La vitesse du vent observée pendant les deux campagnes de mesures estivales est plutôt favorable à la dispersion des polluants.

¹ Vents très faibles : < 1m/s
 Vents faibles : <3 m/s
 Vents moyens : entre 3 et 6 m/s

	du 23/06/2000 au 26/07/00 Camion laboratoire	du 09/07/2007 au 25/07/2007 MF Versoud	Normales mensuelles de juin	Normales mensuelles juillet
Température minimale (°C)	12,8	9,5	12,1	14,3
Température maximale (°C)	27,4	33,4	24,4	27,4
Moyenne (°C)	19,3	20,4	18,3	20,8
Précipitations campagnes estivales	92,2	47	82	70



Les températures observées pendant les deux campagnes de mesures sont conformes aux normales saisonnières. Les deux périodes de mesures sont marquées par deux épisodes pluvieux assez importants (20 à 30 mm de pluie en moyenne sur la journée) favorables au lessivage de l'atmosphère.

En résumé :

Les mesures réalisées sur la période estivale entre 2000 et 2007 peuvent être valablement comparées.

Globalement les conditions météorologiques observées lors de ces deux campagnes estivales ont été peu propices à l'accumulation des polluants.

3. Techniques de mesures

Dans le cadre d'études ponctuelles, la surveillance de la qualité de l'air est réalisée à partir de laboratoires mobiles (remorque, camion), équipés d'analyseurs pour la mesure en continu. Par ailleurs, cette surveillance est souvent complétée avec des mesures par tubes passifs, d'un pas de temps moins précis (échantillonnage sur une semaine), mais plus faciles à mettre en place.

ASCOPARG est certifiée ISO 9001 et à ce titre, toutes les dispositions prises pour le système assurance qualité sont applicables pour la présente étude (maintenance du parc d'appareils de mesures, gestion de l'étude).

Les mesures temporaires par laboratoire mobile

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 dits « analyseurs » 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 à l'aide de gaz étalons reliés à la référence du Laboratoire National d'Essais (BNM-LNE), pour une qualité de mesure identique à celle pratiquée sur le réseau fixe.



La remorque laboratoire



Intérieur de la remorque

Les mesures par laboratoire mobile sont dites continues. Elles fournissent des résultats horaires permettant d'apprécier les évolutions de la qualité de l'air au cours des journées. Les polluants mesurés sur ces sites temporaires sont les oxydes d'azote, les particules en suspension (PM_{10}), le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre et l'ozone. Seuls, les résultats des principaux polluants issus du trafic automobile sont présentés à la suite de ce rapport.

Ces dernières sont complétées par des mesures hebdomadaires réalisées par tubes à diffusion passive qui fournissent une information sur la variation spatiale des concentrations de polluants.

Mesures par tubes passifs

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 (ex 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) et à tendance à surestimer les concentrations de polluants¹. Cependant elle présente l'avantage d'être moins onéreuse et donc permet de multiplier les points de mesures.

Les polluants mesurés dans le cadre de cette étude à partir de cette technique de mesure sont le dioxyde d'azote (NO₂) et le benzène (C₆H₆).

Les tubes Benzène et dioxyde d'azote sont exposés dans l'air ambiant sur une période d'une semaine (définie selon les recommandations), puis renvoyés pour analyse afin de déterminer la concentration des polluants piégés.



Tubes BTX



Tubes NO₂

Photos des tubes à diffusion Benzène (Marque : Radiello) et tubes dioxyde d'azote (Marque : Passam AG)

4. La modélisation

Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle de la rue ou d'un quartier (échelle de l'ordre de 10 m), qui permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones urbaines constituées essentiellement de rues bordées de bâtiments.²

L'ASCOPARG a mis à jour en 2007, à l'aide du modèle SIRANE, la cartographie des niveaux moyens annuels de dioxyde d'azote (NO₂), sur une zone couvrant une bonne partie de l'agglomération grenobloise (cf. carte page 30).

Cette modélisation, qui reconstitue les concentrations en air ambiant du dioxyde d'azote (NO₂), permet en complément des mesures effectuées en 2007, d'estimer les niveaux moyens annuels en tout point des secteurs étudiés et d'évaluer l'exposition de la population à ce polluant.

¹ Cf Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote ADEME, LCSQA, fédération Atmo

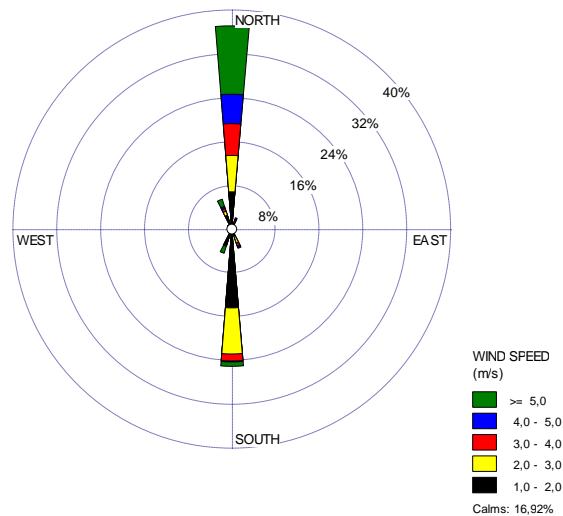
² Cf annexe 6

Les données d'entrée

SIRANE est un outil « opérationnel » qui utilise des modèles théoriques de dispersion et des formulations plus ou moins simplifiées des différents phénomènes atmosphériques. En données d'entrées, il a notamment besoin, de données d'émissions (issues du trafic et éventuellement de sources ponctuelles), de données météorologiques (vitesses et directions de vent, température, nébulosité, précipitations) et de données de pollution de fond (mesurées par les trois stations de fond du réseau d'ASCOPARG).

o Les données météorologiques

L'année 2007 a été simulée sur Grenoble en utilisant les mesures météorologiques de **Pont de Claix** (station météo de l'ASCOPARG). Les vents sont majoritairement orientés Nord-Sud, avec une proportion non négligeable de vents faibles (env. 17 %).



Rose des vents mesurés à Pont de Claix en 2007

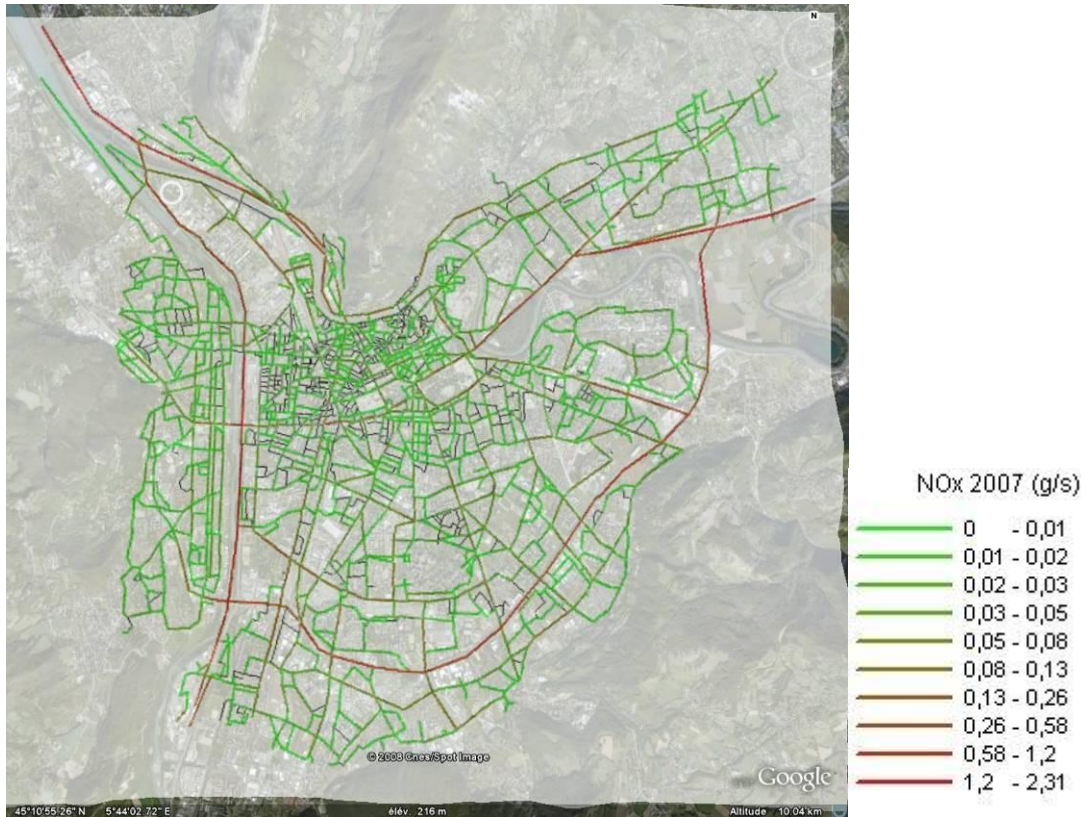
o Les données d'émissions

Les émissions de polluants ont été calculées à partir des données trafics. Les données de trafic sur la ville de Grenoble sont représentatives de l'année 2002. Ces volumes de trafic sur chaque tronçon routier de la zone d'étude proviennent d'une modélisation réalisée par l'AURG¹ à partir du modèle de trafic DAVISUM, suite à l'enquête ménage de 2002². **Le parc roulant utilisé est le parc 2007 et le calcul des émissions a été réalisé en utilisant la méthode COPERT IV.**

La traduction de volumes de trafic en émissions se fait par des facteurs d'émissions issus de **COPERT IV** (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport). Ce travail mené conjointement par plusieurs organismes de recherche européens, a permis d'estimer les émissions de différents polluants selon différentes catégories de véhicules, en fonction de leur vitesse ou des conditions de circulation (ville, campagne, autoroute).

¹ AURG : Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise

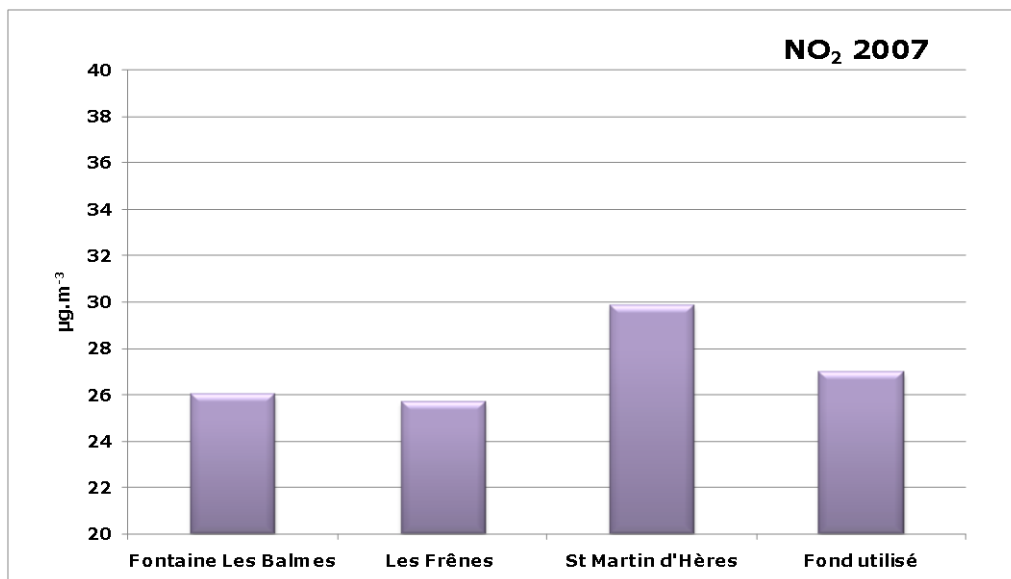
² Un modèle de trafic s'appuie sur une enquête ménage déplacements qui permet de déterminer des matrices origine/destination au sein de l'agglomération. Ces déplacements sont ensuite retranscrits dans le réseau routier existant.



Emissions de NOx pour l'année 2007 sur le réseau de rues SIRANE (g/s)

o **Les données de pollution de fond**

La pollution de fond utilisée comme donnée d'entrée du modèle SIRANE est **la moyenne des mesures réalisées à partir des trois stations de fond de Grenoble les Frênes, Fontaine les Balmes et de St-Martin d'Hères¹. La moyenne annuelle de NO₂ en 2007 utilisée est de 27 µg.m⁻³.**



Concentration moyennes de NO₂ sur les stations fixes du réseau

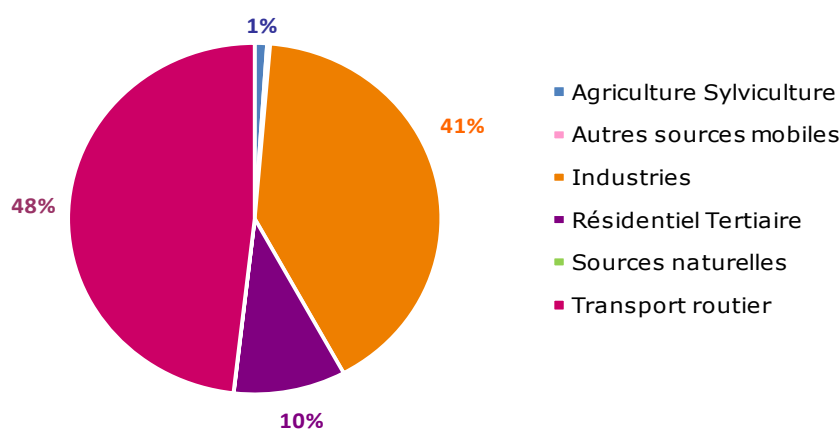
¹ La moyenne sur le site de St-Martin d'Hères est chaque année légèrement plus élevée que sur les autres sites de référence, ce qui peut-être lié à la présence d'un parking à proximité du site.

2. Niveaux mesurés sur les trois zones d'étude et situation vis-à-vis de la réglementation

1. Les oxydes d'azote (NO, NO₂)

Emissions d'oxydes d'azote

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. Les oxydes d'azote (NO_x = NO+NO₂) constituent des traceurs de la pollution d'origine automobile. Comme le montre la figure suivante, la moitié environ des émissions de NO_x de l'agglomération grenobloise sont dues au transport routier.



Répartition des émissions d'oxydes d'azotes (NO_x) dans l'agglomération grenobloise (territoire de la METRO¹ 26 communes), Sources : ATMO-RhôneAlpes - Cadastre des émissions 2006 (version 2008-3)

Dans le cas d'un site à proximité du trafic automobile, la concentration de monoxyde d'azote 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) et à la configuration de la rue. La configuration d'une rue "en canyon" ou "ouverte" va favoriser, dans le 1^{er} cas, l'accumulation de polluants ou, dans le 2^{ème} cas, au contraire être favorable à leur dispersion.

Estimation des moyennes annuelles de NO

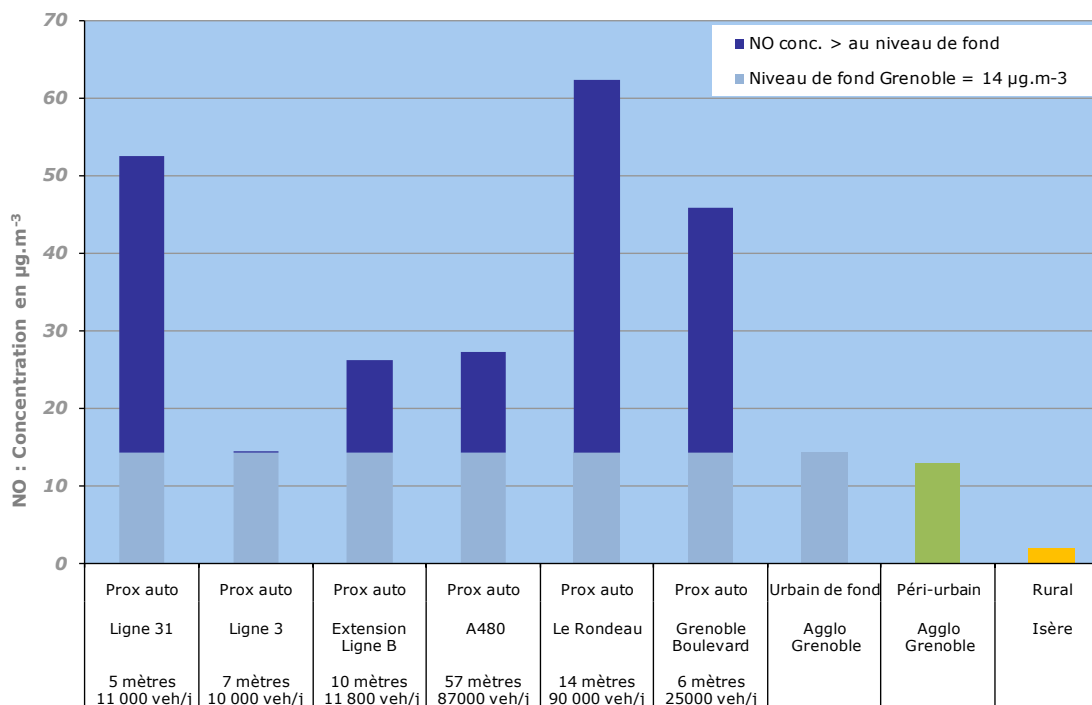
Il n'existe pas de réglementation concernant le NO. Cependant, cette mesure permet de bien caractériser l'activité du trafic automobile.

L'estimation de la moyenne annuelle est calculée sur la base de la moyenne des 4 campagnes de mesures (8 semaines).

Le graphique suivant compare les concentrations moyennes annuelles de NO estimées sur les 4 sites de l'observatoire des déplacements de 2007 avec les concentrations moyennes annuelles mesurées sur les sites fixes de l'ASCOPARG.

¹ METRO : Communauté d'agglomération de grenoble

Ligne 31	Ligne 3	Ligne B	A480	Le Rondeau	Grenoble Boulevards	St Martin d'Hères	Grenoble Les Frènes	Fontaine les Balmes	Versoud	Voreppe Volouise	Charavines	
Prox auto				Prox auto			Urbain de fond			Péri-urbain		Rural
Estimation moyenne annuelle				Moyenne annuelle								
52	14	26	27	62	46	18	13	11	12	14	2	



Comparaison des moyennes annuelles de NO sur les 4 sites d'étude (ligne 31, 3, B et A480) avec les concentrations moyennes annuelles mesurées sur les sites fixes de l'ASCOPARG en 2007

Sur les 3 sites (ligne 31, B, et A480), les résultats des mesures confirment l'influence du trafic automobile, avec des niveaux moyens environ deux fois supérieurs au niveau de fond de l'agglomération grenobloise¹. Les niveaux de NO sur le site de Saint-Egrève (ligne 3) sont équivalents à ceux d'une station de fond malgré la proximité automobile du site d'étude. Les niveaux modérés observés sur ce site semblent liés à plusieurs facteurs (intensité du trafic, configuration de la rue)². Ce site, du fait de sa position géographique (7km de Grenoble) est également moins influencé par les émissions de l'agglomération grenobloise.

Les niveaux les plus importants ont été mesurés sur le site de la ligne 31 localisé avenue Jean Perrot, malgré le fait que le trafic à proximité de celui-ci est moins important que celui observé à proximité des 2 autres sites (ligne B et A480). Ceci peut s'expliquer notamment par les distances différentes du point de mesure par rapport au trafic : 5 mètres du centre de la voie sur le site de la ligne 31 contre environ 10 mètres pour le site de la ligne B et 57 mètres pour le site de mesure de l'A480³. A noter également que le site de la ligne 31, se situait au niveau d'un feu tricolore.⁴

¹ La moyenne annuelle de la pollution de fond de l'agglomération grenobloise est calculée sur la base des trois stations (Grenoble les Frènes, Fontaine les Balmes et Saint-Martin d'Hères)

² cf. Rapport « Projet de requalification de la ligne de bus 3 en ligne de tram E » (ASCOPARG, 2007)

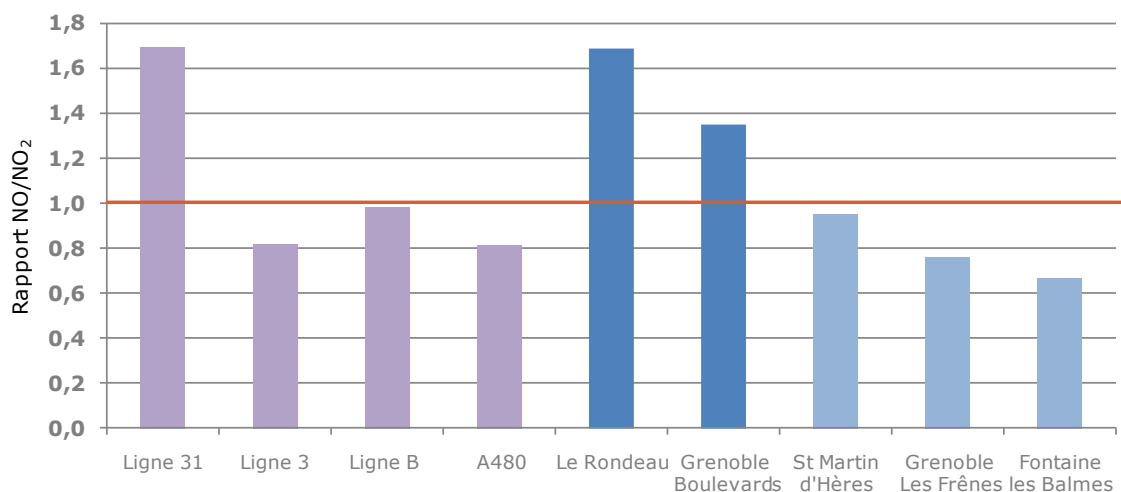
³ Les concentrations de monoxyde d'azote, émises directement par les moteurs des véhicules (polluant primaire) sont plus importantes au niveau de la source d'émission

⁴ Les accélérations, freinages entraînent une demande énergétique plus importante et par conséquent une augmentation des émissions de polluants.

Etude du rapport NO/NO₂

Ce rapport est calculé à partir des concentrations moyennes exprimées en ppb¹ sur la période de mesures pour les sites d'étude et sur l'année pour les sites fixes.

Un rapport NO/NO₂ annuel supérieur à 1 traduit généralement une influence directe du trafic automobile avec une présence majoritaire de polluants primaires (NO).



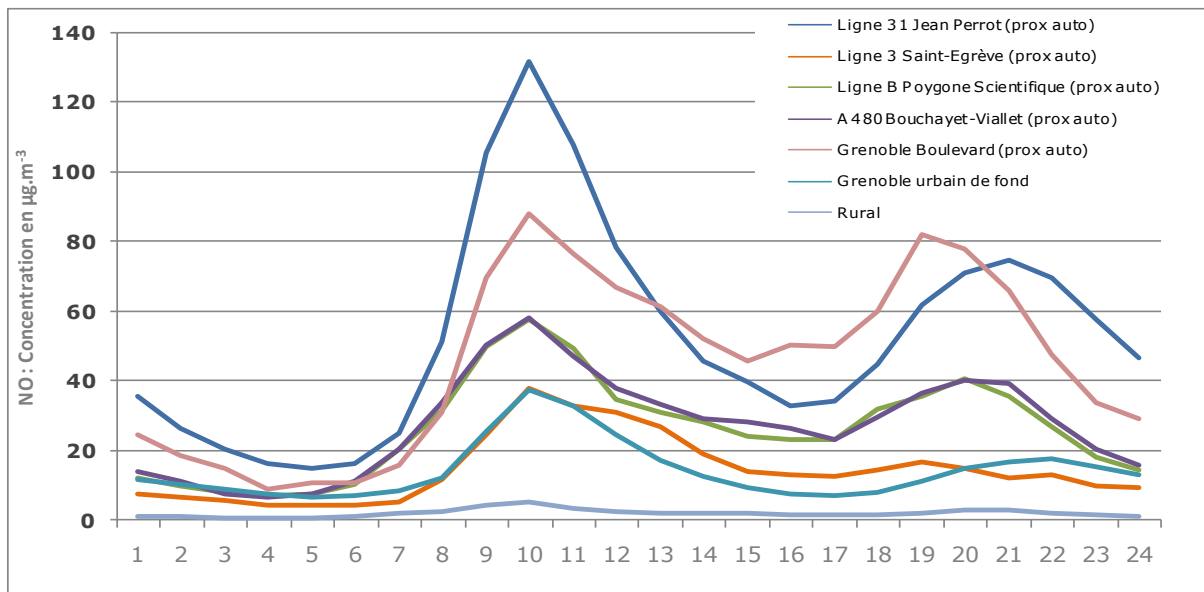
Rapport NO/NO₂ (en ppb) sur les 4 sites d'étude et sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Le rapport sur le site de la ligne 31, largement supérieur à 1, est comparable à celui observé sur la station de proximité automobile du Rondeau (1,7) ce qui témoigne de l'influence directe du trafic automobile sur ce site et confirme les hypothèses précédentes.

Etude des variations horaires (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 dans la journée comme le montre le graphique suivant :

¹ Ppb : signifie partie par milliard (part per billion) et équivaut à 1 mm³ de polluant par m³ d'air. Des facteurs de conversion sont appliqués pour obtenir une conversion ppb volume (mm³/m³) en µg/m³. Le facteur de conversion varie avec la température, la pression et le facteur de compressibilité des gaz considérés.



Profil moyen horaire du NO sur les sites de l'observatoire environnemental des déplacements et les stations fixes de l'agglomération grenobloise (année 2007)

L'évolution journalière des concentrations en NO met en évidence les pointes notamment du début de matinée (07h-09h) liées aux déplacements pendulaires domicile-travail, donc plus importantes en zone de proximité automobile. Les pointes en fin de journée sont moins marquées car a priori plus étalées dans le temps. La nuit, avec la diminution générale du trafic, les niveaux de NO sont assez homogènes et faibles ($\sim 10-30 \mu\text{g.m}^{-3}$) sur l'ensemble de l'agglomération.

Les concentrations de NO sont plus élevées sur les sites de proximité automobile à l'exception de celles observées sur le site de la ligne 3 localisé avenue du Général de Gaulle à Saint-Egrève qui s'apparente plus à celles d'une station de fond. L'écart de concentration de NO entre les sites de mesures peut s'expliquer notamment par l'intensité du trafic à proximité mais également par rapport à la configuration du site (favorable ou non à la dispersion) et à la distance par rapport à la route.

Ces résultats montrent une forte influence du trafic automobile sur les 3 sites d'études et notamment sur celui de la ligne 31.

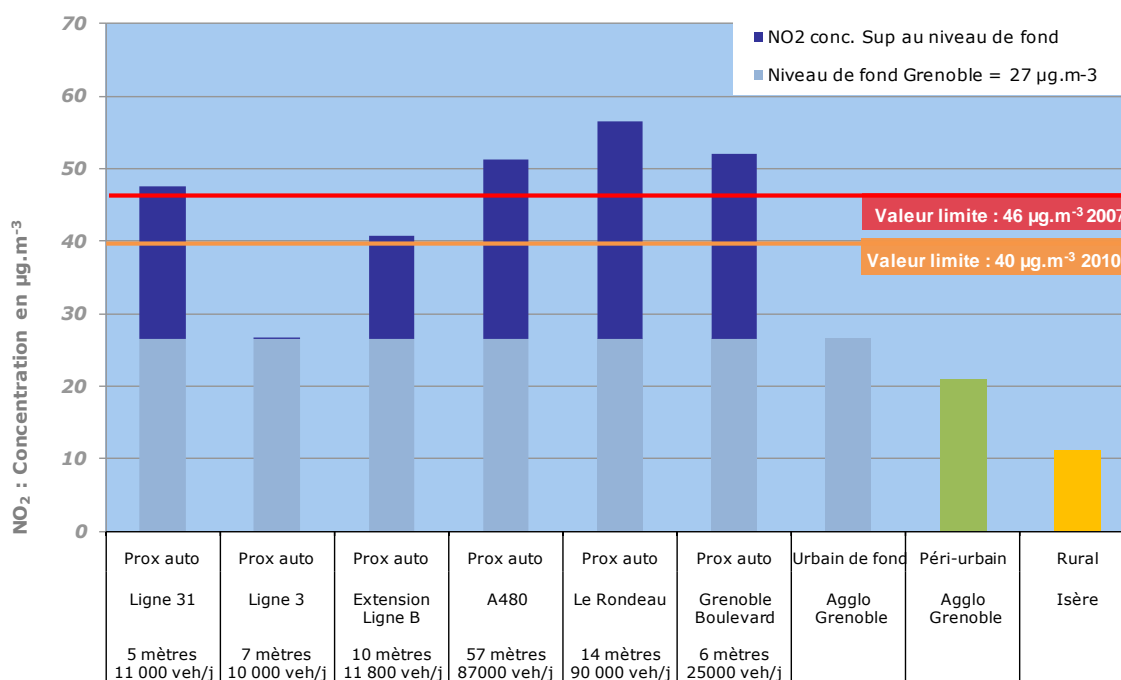
A contrario, ces profils mettent en évidence une faible influence du trafic sur le site de la ligne 3 où la configuration du site semble favorable à la dispersion des polluants.¹

¹ cf. Rapport : « Projet de requalification de la ligne de bus 3 en ligne de tram E » (ASCOPARG, 2007)

Estimation des moyennes annuelles de NO₂ et comparaison à la réglementation

Le graphique suivant compare les concentrations moyennes annuelles de NO₂ estimées sur les sites d'études 2007 avec les concentrations moyennes annuelles mesurées sur les stations fixes de l'ASCOPARG.

Ligne 31	Ligne 3	Ligne B	A480	Le Rondeau	Grenoble Boulevards	St Martin d'Hères	Grenoble Les Frênes	Fontaine les Balmes	Versoud	Voreppe Volouise	Charavines
Prox auto				Prox auto		Urbain de fond			Péri-urbain		Rural
Estimation moyenne annuelle				Moyenne annuelle							
48	27	41	51	57	52	30	26	26	20	22	11

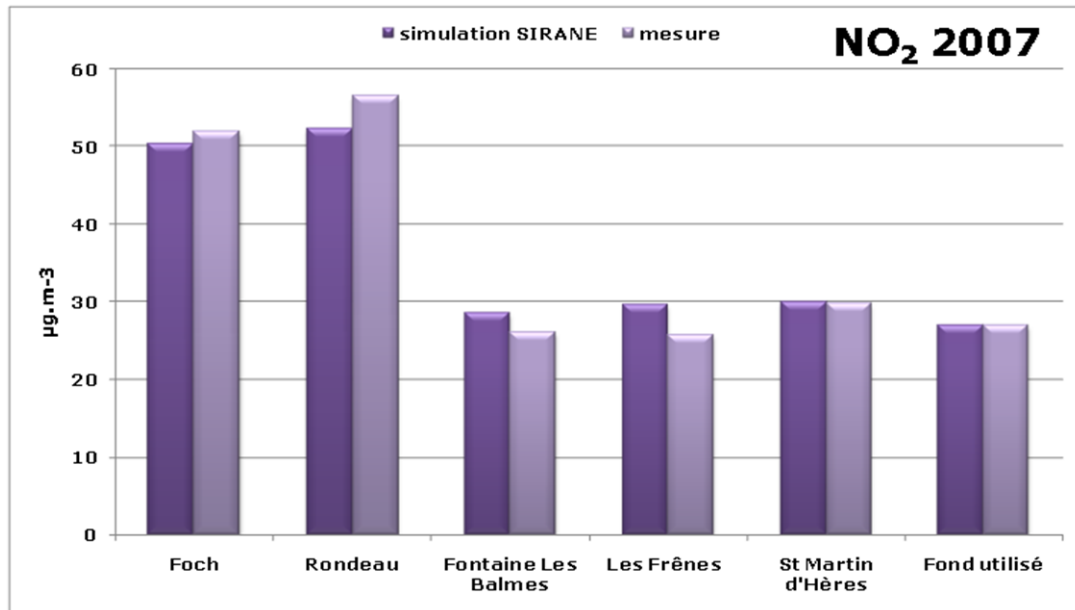


Estimation des concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur les 4 sites d'étude (ligne 31, 3, B et A480) et concentrations moyennes annuelles mesurées sur les sites fixes de l'ASCOPARG en 2007

Le site de la ligne 31 et celui à proximité de l'A480 présentent des niveaux moyens en NO₂ équivalents aux sites de proximité automobile de Grenoble et ne respectent, ni la valeur limite annuelle de 2007 (46 µg.m⁻³), ni celle préconisée pour 2010 (40 µg.m⁻³). Les concentrations annuelles estimées de NO₂ sur le site de la ligne B sont également élevées (41 µg.m⁻³). Ce dernier respecte la valeur limite de 2007, mais pas celle prévue pour 2010. Ces résultats confirment l'influence du trafic automobile sur ces 3 sites. En ce qui concerne les résultats de NO₂ mesurés sur le moyen mobile de la ligne 3, la même tendance que pour le NO est observée.

Répartition spatiale du dioxyde d'azote

Le modèle SIRANE a été validé par comparaison aux moyennes annuelles mesurées en différents points de l'agglomération (sites fixes, campagnes de mesure 2007 PDU). Cette validation a montré que le modèle SIRANE permettait en moyenne d'estimer des concentrations en NO₂ aussi bien dans le centre de l'agglomération qu'à proximité des grands axes, avec des écarts aux mesures d'environ -8% par rapport aux stations trafic. La comparaison des concentrations moyennes annuelles de NO₂ calculées à partir de SIRANE, avec celles mesurées à partir des moyens mobile de chaque site d'étude montre qu'en effet, en 2007, le modèle a tendance à sous estimer les concentrations de dioxyde d'azote en proximité automobile de 5 à 15 % selon l'axe étudié.

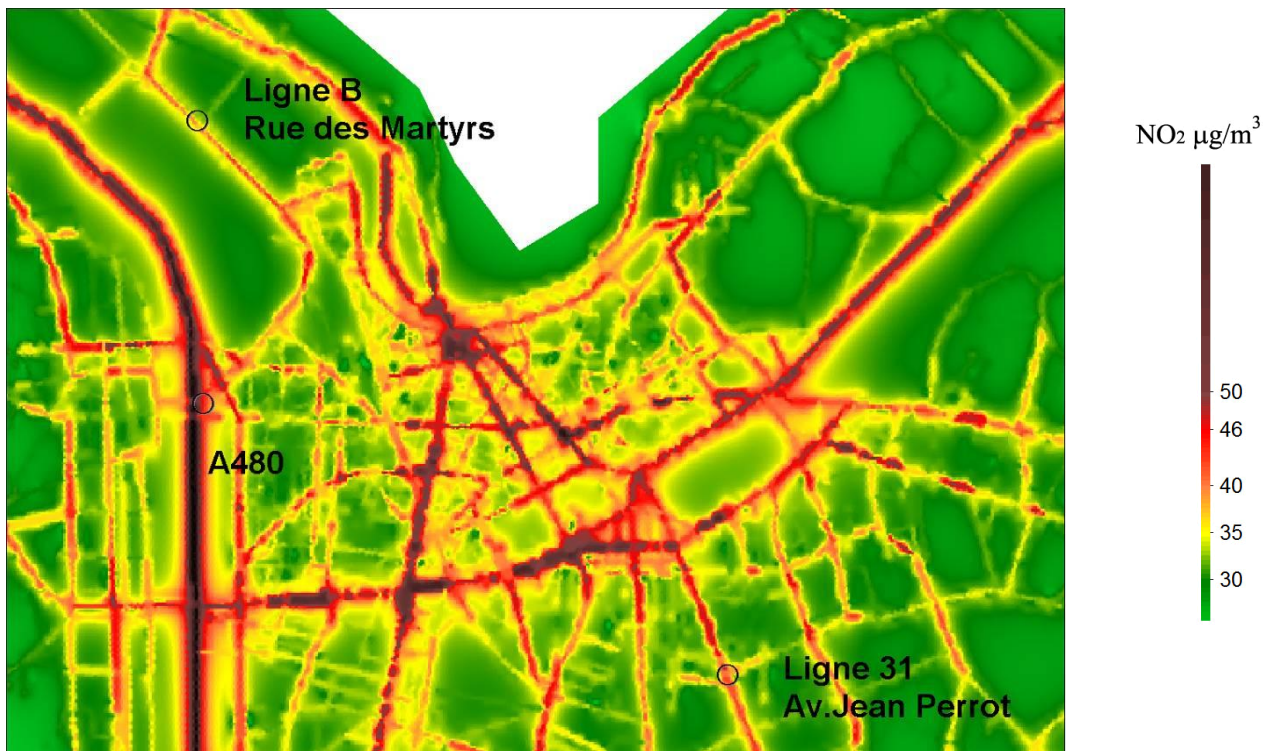


Concentrations de NO₂ mesurées et simulées aux stations fixes du réseau

La cartographie de la concentration moyenne en NO₂ a été mise à jour pour l'année 2007, avec une résolution de 10m.



Cartographie de la concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote pour l'année 2007 sur le domaine SIRANE



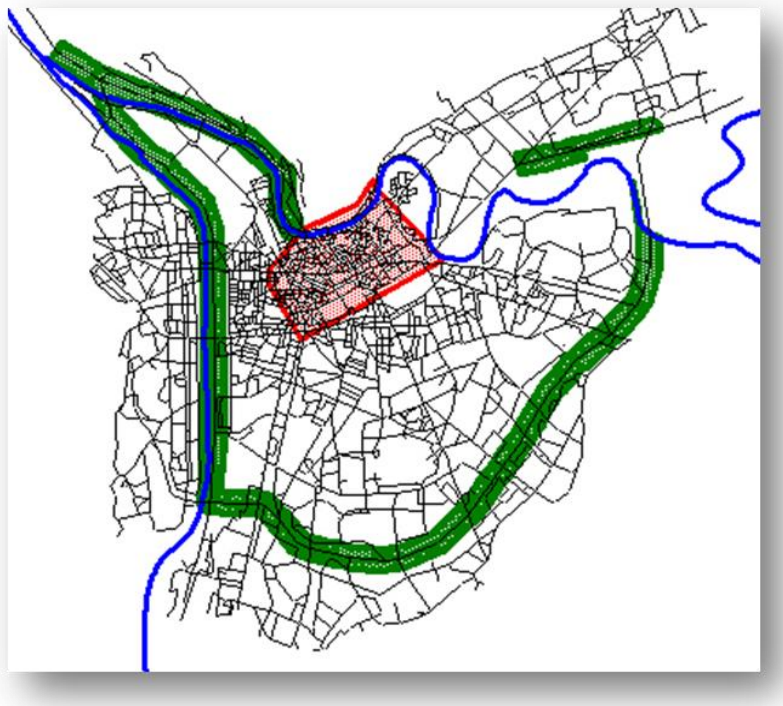
Zoom sur les concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote observées sur les trois sites d'étude

Cette cartographie 2007 confirme les résultats de modélisation de 2004 à 2006 : La qualité de l'air, à proximité des voies rapides urbaines et des grands axes de circulation en centre ville, n'est pas conforme à l'objectif de qualité concernant le dioxyde d'azote (concentrations supérieures à $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Cette cartographie confirme les résultats de mesures observés précédemment sur les 3 sites et permet également d'estimer les niveaux moyens annuels de dioxyde d'azote en tout point du tracé étudié et en fonction de l'éloignement de l'axe observé. Une étude plus détaillée de la qualité de l'air sur ces 3 zones est présentée à la suite de ce rapport.

Population exposée au NO₂ vis-à-vis des seuils réglementaires

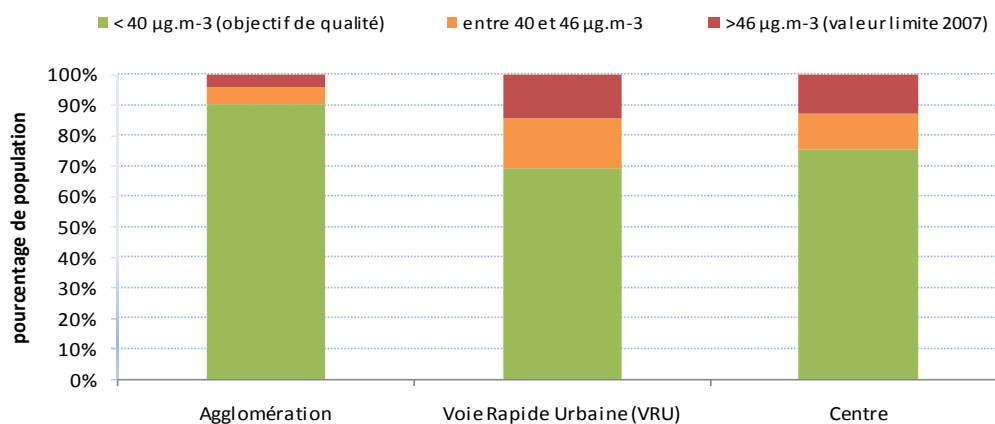
Cette carte de concentration moyenne annuelle 2007 croisée avec les données de population (1999) a permis de calculer l'exposition potentielle de la population à la pollution de proximité. Les techniques appliquées pour ce calcul sont celles utilisées pour les calculs des précédentes années. Tout comme les zones pour lesquelles ce calcul a été fait :

- l'agglomération entière (~ 312 000 personnes) ;
- une zone « centre ville » (~ 37 000 personnes) ;
- une zone « VRU¹ » (~ 13 000 personnes).



Zones « VRU » en vert et « centre ville » en rouge utilisées pour le calcul d'exposition de la population

Exposition de la population en 2007 Grenoble

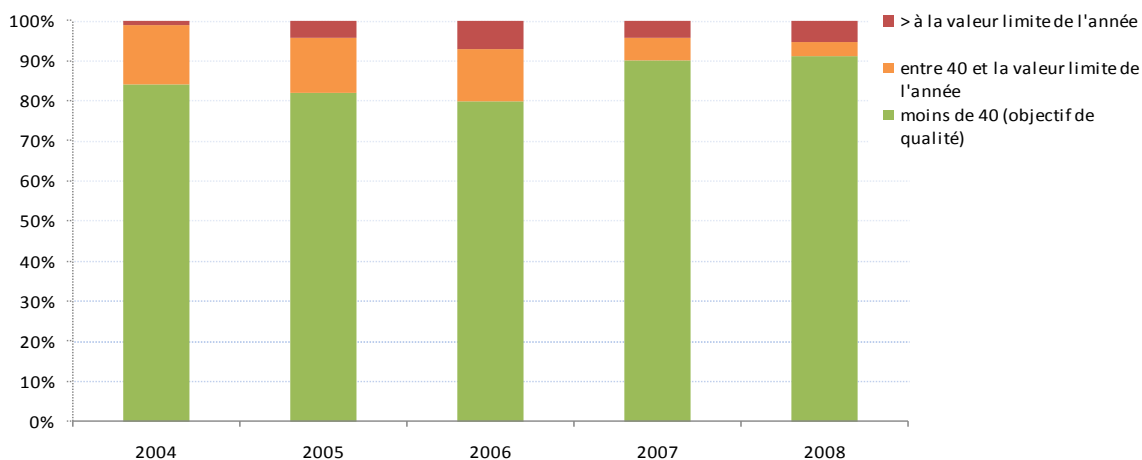


Pourcentage d'exposition de la population à la pollution de proximité selon les valeurs limites réglementaires.

¹ VRU signifie Voie Rapide Urbaine

Nb de personnes exposées	domaine SIRANE 2007	zone centre	VRU
Population totale	312000	37000	12000
CNO2 < 40 µg.m ⁻³	281000	27900	8200
40 µg.m ⁻³ < CNO2 < 46 µg.m ⁻³	17200	4300	2100
46 µg.m ⁻³ < CNO2	13800	4800	1700
% de population exposées	domaine SIRANE 2007	zone centre	VRU
CNO2 < 40 µg.m ⁻³	90	75	69
40 µg.m ⁻³ < CNO2 < 46 µg.m ⁻³	6	12	18
46 µg.m ⁻³ < CNO2	4	13	14

Sur l'ensemble du domaine SIRANE, environ 13800 personnes (4% de la population étudiée) sont exposées à des valeurs supérieures à la valeur limite annuelle pour la protection de la santé concernant le dioxyde d'azote (fixée à 46 µg.m⁻³ pour 2007) et 31000 personnes sont potentiellement exposées à des niveaux supérieurs à l'objectif de qualité de l'air (40 µg.m⁻³, qui est également la valeur limite fixée pour 2010), soit 10% de la population de la zone étudiée. Pour les zones du centre ville et les Voies Rapides Urbaines (VRU), le nombre de personnes potentiellement exposée à l'objectif de qualité prévu en 2010 est de respectivement 9100 pers. (soit 25 %) et 3800 pers. (soit 32%).

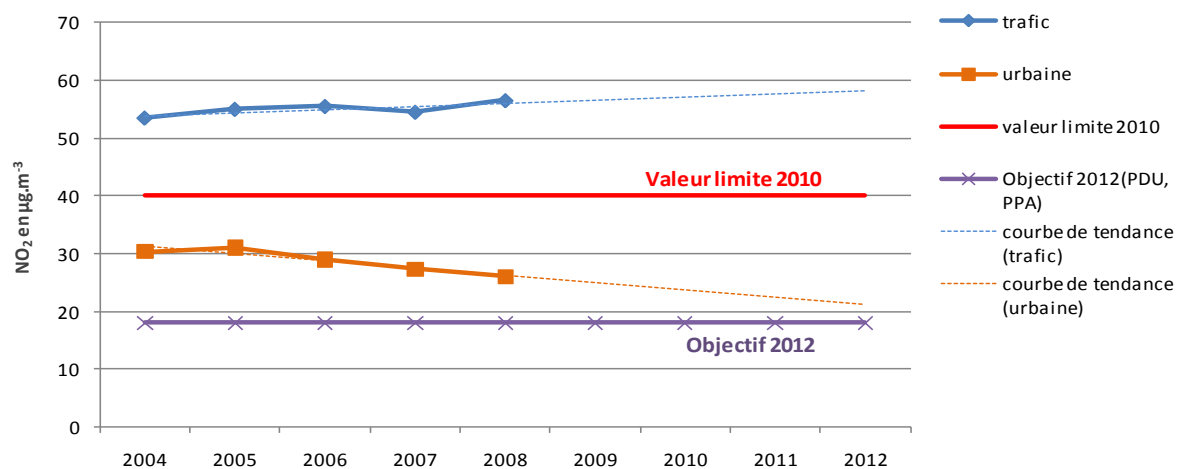


Evolution du pourcentage de population exposée à la pollution de proximité selon les valeurs limites réglementaires¹ de 2004 à 2008 (domaine sirane).

Le pourcentage de population exposé au seuil réglementaire (40 µg.m⁻³) est en baisse comparativement aux années précédentes. Cette diminution, également observée en 2008 (résultats similaires à 2007 à 1 ou 2 % près), s'explique principalement par des changements dans la méthode de calcul des émissions à partir de 2007 (méthode COPERT IV). A noter également qu'en 2007, les précipitations ont été plus importantes qu'en 2006, alors que les conditions de température et de vents ont été comparables.

¹ Voir Annexe 5

Les mesures sur le réseau fixe d'ASCOPARG montrent également une baisse des niveaux de fond en NO₂, observée depuis 2006.



Evolution des concentrations de NO₂ dans l'agglomération grenobloise

Ces résultats peuvent être reliés avec les objectifs retenus pour le PDU 2012¹ et l'amélioration de la technologie des véhicules. Par contre, les concentrations de NO₂ sur les sites de proximité trafic montrent une évolution plutôt constante, voire une légère tendance à l'augmentation.

¹ Objectif de baisse du NO₂ pour 2012 = -12 µg.m⁻³

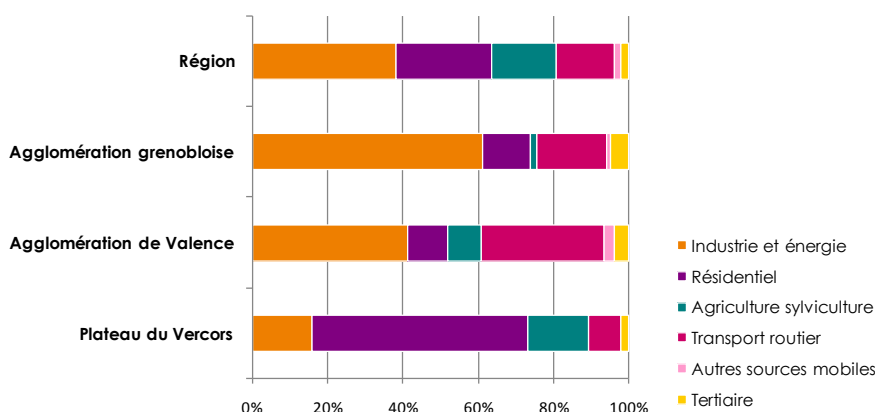
2. Les particules en suspension (PM₁₀)

Avant-propos : En 2007, l'Etat français a décidé d'une évolution des méthodes de mesures des particules afin de se rapprocher de la méthode de référence de l'Union Européenne. Ainsi, toutes les mesures de particules PM₁₀ prennent en compte depuis le 1^{er} janvier 2007 une fraction volatile supplémentaire pouvant représenter au final près de 30% de la concentration totale.

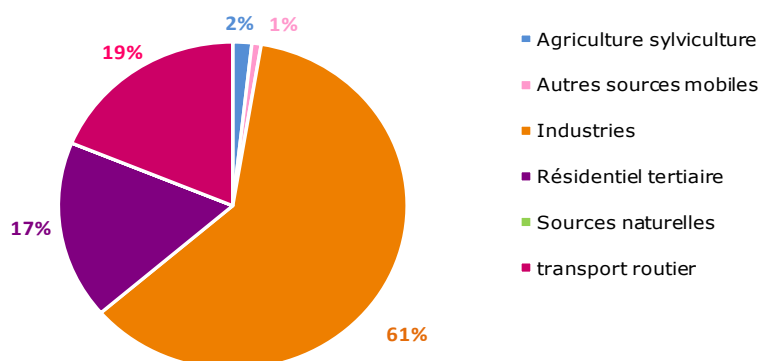
Emissions des particules

Le profil régional des émissions de PM₁₀ peut varier selon les zones géographiques en fonction de leurs particularités territoriales :

- Sur l'agglomération grenobloise, le secteur de l'industrie/production d'énergie est prépondérant (61%), en lien avec une activité industrielle importante, Grenoble possédant par ailleurs le premier réseau de chaleur de France. Le transport routier est le 2^{ème} émetteur (19%), mais pratiquement équivalent au secteur résidentiel et tertiaire (17%).
- Sur le plateau du Vercors situé en zone de montagne, la part du résidentiel représente pratiquement 60% des émissions de PM₁₀ : la rigueur de l'hiver nécessite de chauffer davantage qu'en zone de plaine, l'utilisation du bois étant également plus répandue dans ce secteur.
- Enfin l'agglomération de Valence présente un exemple où la répartition des émissions de PM₁₀ est influencée par la présence de l'autoroute A7. La part du trafic routier atteint ainsi 33%.



Répartition des émissions de PM₁₀ sur la Région Rhône-Alpes, les agglomérations de Grenoble et de Valence et le haut plateau du Vercors. Source : ATMO-RhôneAlpes - Cadastre des émissions 2006 (version 2008-3)

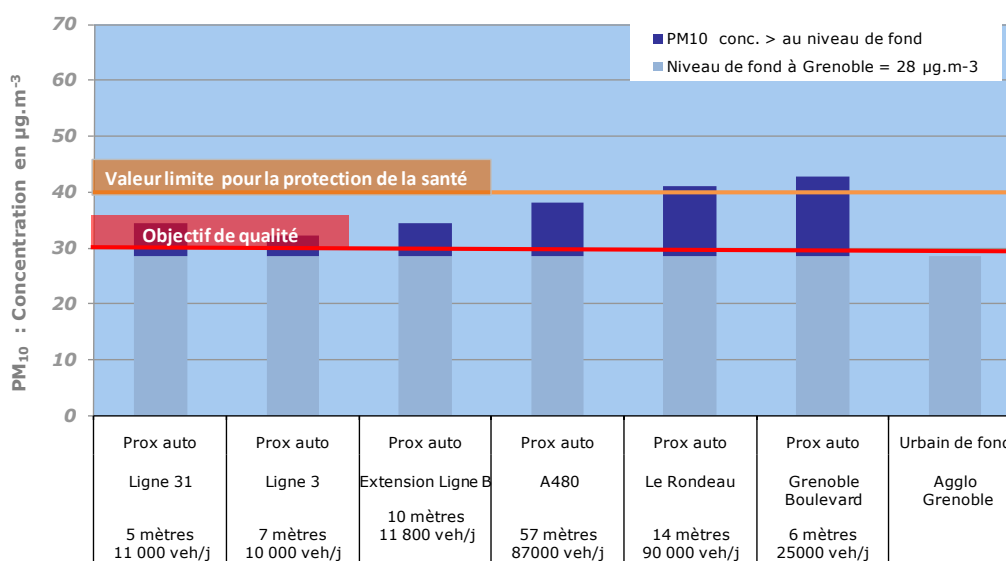


Répartition des émissions de PM₁₀ dans l'agglomération grenobloise
Source : ATMO-RhôneAlpes - Cadastre des émissions 2006 (version 2008-3)

Estimation de la moyenne annuelle des PM₁₀ totales et comparaison à la réglementation

Le graphique suivant compare les concentrations moyennes annuelles estimées¹ de PM₁₀ totales sur les sites d'études 2007 avec les concentrations moyennes annuelles mesurées sur les stations fixes de l'ASCOPARG.

Ligne 31	Ligne 3	Ligne B	A480	Le Rondeau	Grenoble Boulevards	St Martin d'Hères	Grenoble Les Frênes	Fontaine les Balmes
Prox auto				Prox auto		Urbain de fond		
Estimation moyenne annuelle				Moyenne annuelle				
35	32	34	38	41	43	30	28	28



Estimation des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ totales sur les 4 sites d'étude (ligne 31, 3, B et A480) et concentrations moyennes annuelles mesurées sur les sites

Les sites de la ligne 31, 3 et B présentent des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ comprises entre les niveaux des sites urbains de fond et les sites de proximité automobile et qui respectent la valeur limite annuelle (40 µg.m⁻³) mais pas l'objectif de qualité (30 µg.m⁻³). Les sites de proximité automobile du Rondeau et des Grands Boulevards, ne respectent pas cet objectif de qualité de l'air, comme la plupart des sites de proximité automobile en Rhône-Alpes.

Cette situation concerne également la plupart des sites de proximité automobile en Rhône-Alpes dont les niveaux mesurés sur le site à proximité de l'A480 au niveau du quartier Bouchayet-Viallet, sont légèrement plus importants que sur les autres sites mobiles et proches de la valeur limite (38 µg.m⁻³). Cependant l'écart entre les 4 sites d'étude ainsi que celui entre les stations de proximité automobile et les stations de fond est plus faible que pour les autres polluants (NO, NO₂). Ceci est lié au fait que le trafic automobile ne constitue pas le principal émetteur de PM₁₀. En effet, la répartition des émissions de particules au niveau de Grenoble montre que le transport routier ne représente que 19% des émissions de PM₁₀ (cf. § précédent).

¹ Cf. partie 2 et annexe 7-> Représentativité annuelle : pour une meilleure estimation de la moyenne annuelle, les moyennes de PM₁₀ ont été redressées sur le site de la ligne 31 (env. - 3 µg.m⁻³) et sur le site de l'A480 (env. +5 µg.m⁻³).

Parmi les valeurs réglementaires, les PM₁₀ font l'objet d'une valeur limite pour la protection de la santé humaine fixée à 50 µg.m⁻³ en moyenne journalière qui ne doit pas être dépassée plus de 35 jours par an (percentile 90,4).

En Rhône-Alpes, les arrêtés interpréfectoraux (juillet 2006) 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 sur 24 heures.

Les tableaux suivant illustrent les dépassements des seuils définis précédemment, observés sur les sites de l'agglomération grenobloise pendant l'année 2007 et respectivement pendant les 8 semaines de mesures des sites d'étude.

Année 2007 (PM ₁₀)	Saint Martin d'Hères	Grenoble les Frênes	Fontaine les Balmes	Le Rondeau	Grenoble Boulevard
50 µg.m⁻³ en moy journalière (V < à 35 jours par an)	51	41	35	111	103
80 µg.m⁻³ en moy journalière (seuil information et recommandation)	8	5	5	15	26
125 µg.m⁻³ en moy journalière (seuil d'alerte)	1	0	0	0	1

Statistiques journalières des PM₁₀ sur les sites fixes de l'ASCOPARG pendant l'année 2007

Sur l'ensemble de l'année 2007, tous les sites urbains et de proximité automobile de l'agglomération grenobloise ne sont pas conformes à la valeur limite pour la protection de la santé (plus de 35 jours avec une moy. journalière supérieure ou égale à 50 µg.m⁻³), sauf le site de Fontaine les Balmes qui respecte tout juste cette valeur.

D'autre part, que ce soit en fond urbain ou en proximité trafic, le seuil d'information et de recommandations pour les personnes sensibles est dépassé plusieurs fois dans l'année.

	Nombre de dépassement observés	Mesures Permanentes					Evaluation
		Saint-Martin d'Hères	Grenoble les Frênes	Fontaine les Balmes	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Sites d'étude
Ligne 31	50 µg.m⁻³ en moy, journalière Valeur limite	12	7	4	32	22	19
Ligne B		13	10	10	22	24	20
A 480		4	2	2	14	10	7
Ligne 31	80 µg.m⁻³ en moy journalière Seuil d'information	0	0	0	1	0	3
Ligne B		2	0	0	1	9	2
A 480		0	0	0	2	1	0
Ligne 31	125 µg.m⁻³ en moy journalière Seuil d'alerte	0	0	0	0	0	0
Ligne B		0	0	0	0	1	0
A 480		0	0	0	0	0	0

Statistiques journalières des PM₁₀ sur les sites fixes de l'ASCOPARG et sites d'étude observées pendant les campagnes de mesures

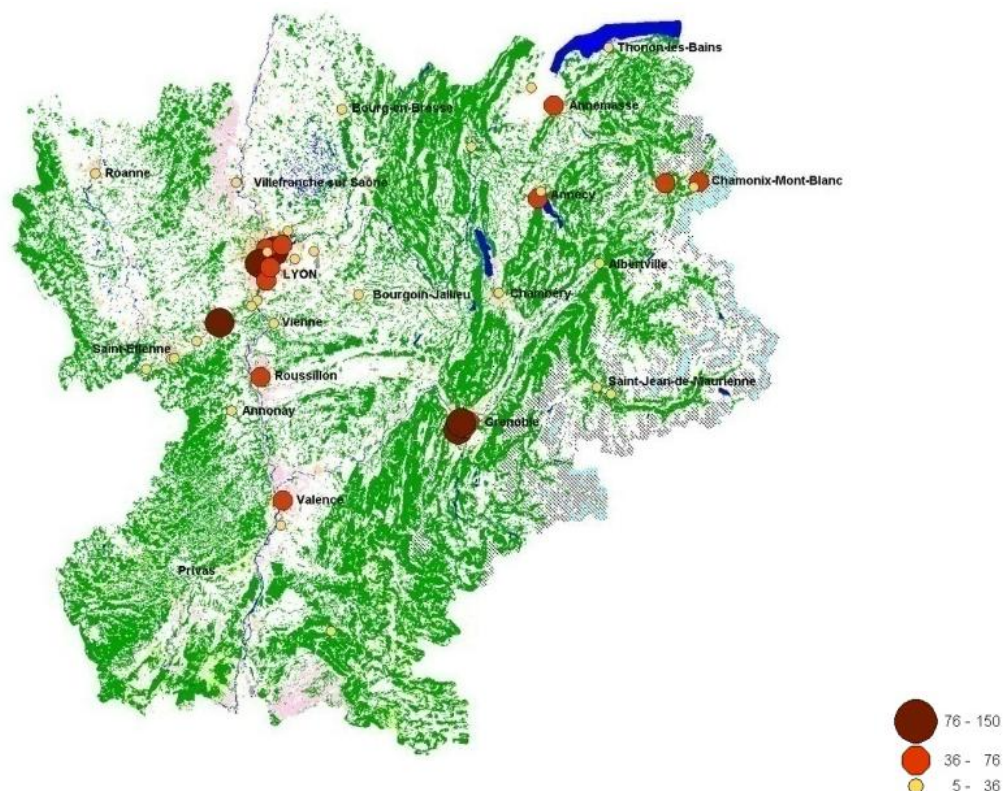
Durant les campagnes de mesures, les 3 sites d'études ont enregistré un nombre de dépassement de la valeur limite journalière pour la protection de la santé fixée à $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ proche de celui observé sur le site de proximité automobile Grenoble Boulevard. Par conséquent, il existe un risque fort de dépassement de cette valeur limite sur l'ensemble de l'année 2007 pour les 3 sites d'étude.

Le seuil d'information et de recommandations ($80 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière) sur l'ensemble de l'année 2007 a été dépassé 8 fois sur le site urbain de Saint-Martin d'Hères et 5 fois sur les deux autres sites urbains de référence. Durant les 8 semaines de mesures effectuées sur le site d'étude localisé rue des Martyrs (projet extension ligne B), deux dépassements de ce seuil ont été observés, comme sur le site de référence urbain de Saint-Martin d'Hères. Le site d'étude localisé avenue Jean Perrot (ligne 31) a lui enregistré 3 dépassements. Aucun dépassement de ce seuil n'a été enregistré durant les 4 campagnes de mesures sur le site à proximité de l'A480, mais compte tenu des niveaux de PM_{10} mesurées sur les plus proches stations de proximité automobile de Grenoble, le risque de dépassement en 2007 du seuil d'information et de recommandation sur ce site d'étude existe.

A noter également, que la problématique des particules se situe souvent à une échelle bien plus large que l'échelle de la rue ou du quartier. Ainsi, en 2007, une partie importante du territoire de la région Rhône-Alpes a été exposée à des concentrations de particules supérieures aux valeurs réglementaires destinées à préserver la santé humaine, avec :

-> 45% des sites de surveillance ayant dépassé la valeur limite fixée par la directive européenne ($50 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière).

-> 9 activations des dispositifs préfectoraux (niveaux supérieurs au seuil d'information et de recommandations), touchant 22 journées de l'année (principalement réparties sur février, mars, novembre et décembre).



Nombre de jours de dépassement du seuil de $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière sur la région Rhône-Alpes.

Evolution pour les émissions et la surveillance des particules

Ces dernières années, les orientations européennes ont conduit l'ensemble des pays de l'Union Européenne à réaliser un effort important de surveillance en rendant comparables l'ensemble des méthodes de mesure et en mesurant les particules $PM_{2,5}$ (fraction la plus toxique).

Plusieurs travaux de cartographies et de modélisation sont en cours pour fournir aux autorités, des outils techniques permettant d'évaluer pour notre région les politiques énergétiques et d'aménagement du territoire, afin de pouvoir respecter les engagements européens de la France en matière de qualité de l'air.

Au niveau européen, la directive 2008/50/CE du Parlement et du Conseil européen du 21 mai 2008, concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, traduit la volonté de préserver davantage la population des effets de la pollution, en fixant notamment un seuil à ne pas franchir pour les particules les plus fines ($PM_{2,5}$ en plus des PM_{10} prises en compte jusqu'alors) :

- Valeur cible de $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ applicable au 1^{er} janvier 2010
- Valeur limite de $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ à compter du 1^{er} janvier 2015, puis de $20 \mu\text{g.m}^{-3}$ à compter du 1^{er} janvier 2020 sous réserve d'une révision en 2013.

Au niveau national, le Grenelle de l'environnement a proposé d'adopter, en France, une valeur cible de $15 \mu\text{g.m}^{-3}$ de $PM_{2,5}$ dans l'air ambiant applicable dès 2010, et de transformer cette valeur en valeur limite (dont le respect est obligatoire) en 2015, avec l'objectif à terme, de réduire encore les concentrations à $10 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Cet objectif, plus ambitieux que l'objectif européen, repose sur une réduction des émissions de particules de 30% pour les $PM_{2,5}$ et de 25% pour les PM_{10} d'ici 2015.

A noter que, pour la région Rhône-Alpes, les objectifs de réduction risquent d'être encore plus contraignants, car les conditions de dispersion des particules liées au chauffage en hiver sont particulièrement mauvaises.

Pour atteindre ces objectifs, plusieurs actions concrètes doivent être menées et suivies, avec notamment la mise en place d'un projet de « **Plan National Particules** » (intégré au deuxième Plan National Santé Environnement), qui se basera sur un dispositif de lutte contre la pollution particulaire ciblé sur les 4 principaux secteurs responsables des émissions (domestique, industriel, résidentiel tertiaire et agricole).

Au niveau de la surveillance sur la région Rhône-Alpes, une cartographie régionale des particules va être initiée en 2008, à partir de mesures sur le terrain, afin de valider les modèles. Elle permettra de connaître la répartition spatiale et temporelle des particules PM_{10} et $PM_{2,5}$ à l'échelle de Rhône-Alpes de manière fine. D'importants moyens de mesures seront mobilisés en zones rurales et sur des unités urbaines de plus de 10000 habitants.

Afin d'étudier la qualité de l'air sur l'ensemble des axes étudiés mais également d'observer la variation spatiale des concentrations de polluants (autour de ceux-ci), des mesures de dioxyde d'azote et de benzène par tubes à diffusion passive ont été réalisées. Afin de pouvoir les comparer avec les mesures des analyseurs un ajustement des résultats des tubes NO₂ a été réalisé (standardisation des données à 20°). La comparaison des concentrations moyennes annuelles de NO₂¹ montre que les mesures par tubes à diffusion sont plus élevées (de 10 à 20% selon l'axe étudié), que celles réalisées en continu à partir d'un analyseur. Ces résultats montrent que la technique des échantillonneurs passifs a tendance à surestimer les concentrations de polluants notamment en proximité automobile (Cf. partie 3).²

3. Zoom sur le tracé de la ligne de bus 31 (axe Eybens/Grenoble)

1. Etat de la qualité de l'air en 2007 sur le tracé de la ligne 31

Niveaux de dioxyde d'azote (NO₂)

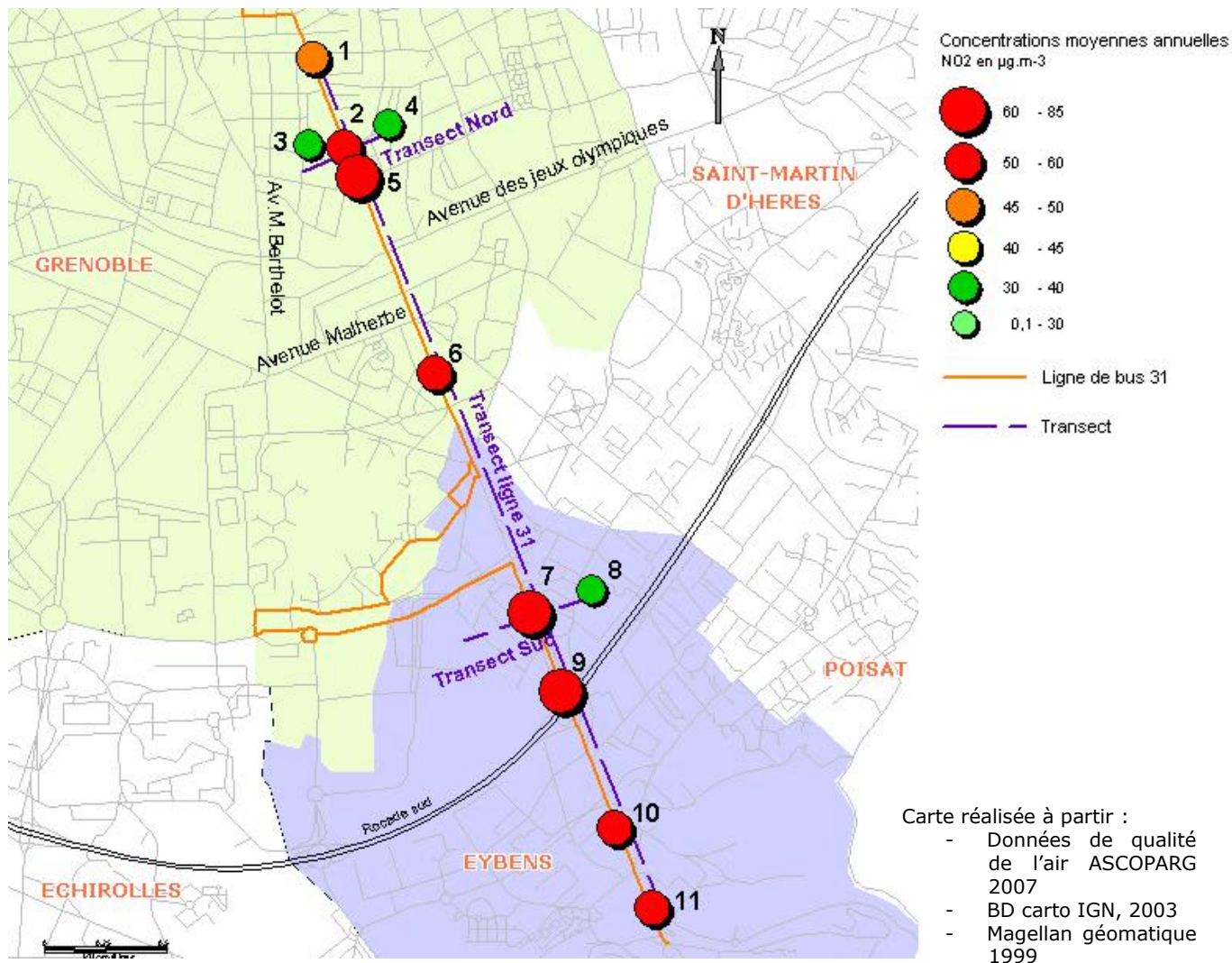
Afin d'observer la qualité de l'air le long du tracé, parallèlement aux analyseurs, des mesures de dioxyde d'azote et de benzène par tubes à diffusion passive ont été réalisées sur 11 sites de mesures³. Huit sites ont été localisés le long de l'avenue Jean Perrot, axe emprunté par la ligne de bus 31. Comme en 2000, deux transects⁴ ont été réalisés au niveau des sites 2 et 7 avec des points distants de 200 mètres par rapport au tracé de la ligne 31.

¹ Cf .tableau des concentrations de NO₂ (page 26)

²Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote ADEME, LCSQA, fédération Atmo.

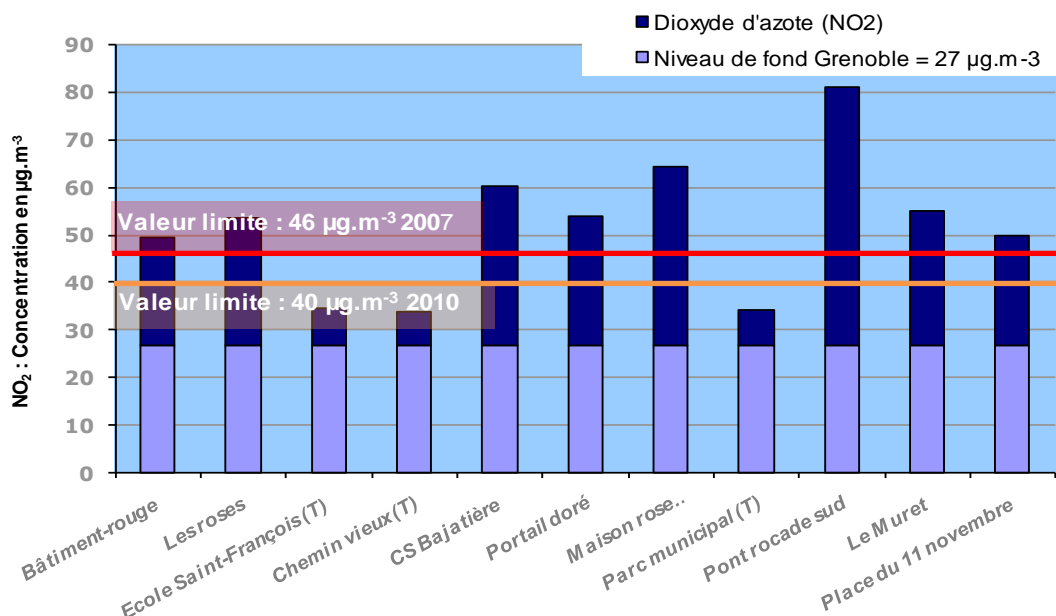
³ les mesures par tubes à diffusion sont plus élevées (20%) par rapport aux mesures en continu (analyseur)

⁴ Série de mesures transversales permettant d'apprécier la décroissance des niveaux de pollution en fonction de l'éloignement par rapport à la route



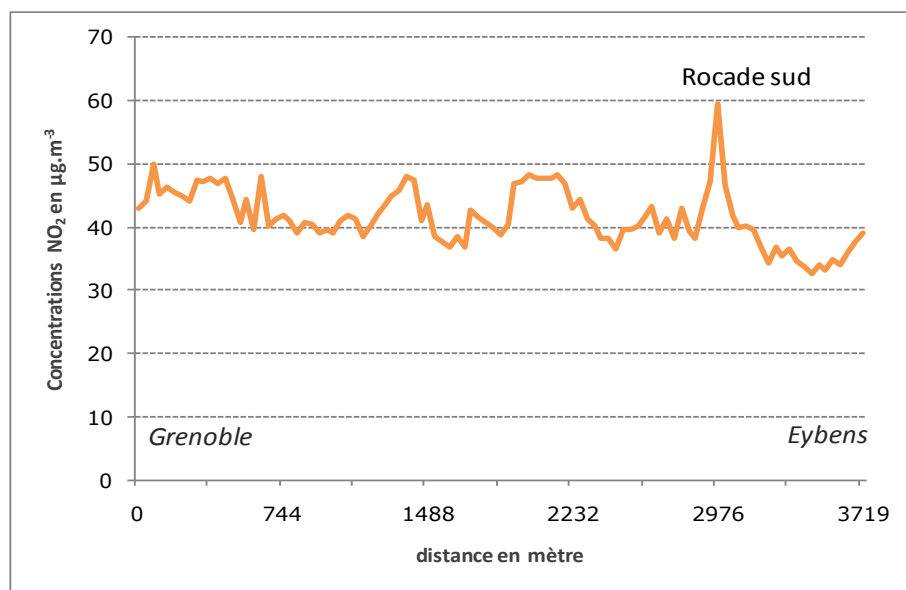
Concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur le tracé de la ligne 31 (2007)

n° site	Nom de Sites	NO ₂ moy annuelle en µg.m ⁻³
1	Bâtiment-rouge	49
2	Les roses	54
3	Ecole Saint-François (T)	35
4	Chemin vieux (T)	34
5	CS Bajatière	60
6	Portail doré	54
7	Maison rose	65
8	Parc municipal (T)	34
9	Pont rocade sud	81
10	Le Muret	55
11	Place du 11 novembre	50



Concentrations moyennes annuelles estimées de NO₂ sur le tracé de la ligne 31

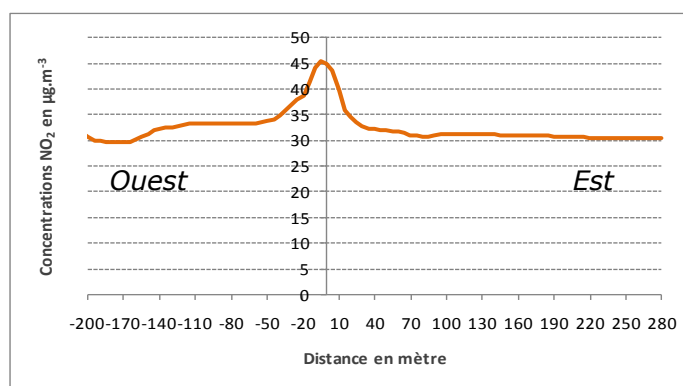
Afin de compléter les mesures, une évaluation des niveaux moyens annuels 2007 de NO₂ en tout point du tracé de la ligne 31 a été effectuée à partir du modèle SIRANE 2007¹. Les figures suivantes illustrent ces résultats de modélisation qui apportent une information qualitative sur la variation des niveaux.



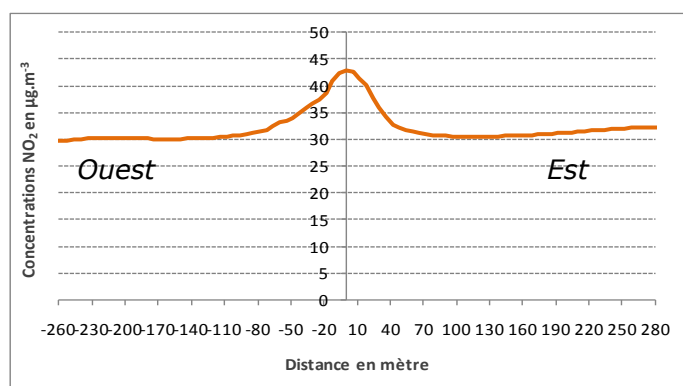
Concentrations moyennes de NO₂ calculées (SIRANE) sur le tracé de la ligne 31

¹ le modèle a tendance à sous estimer les concentrations de dioxyde d'azote en proximité automobile (environ 8,5%) sur le domaine étudié

Transect nord (vers Grenoble)



Transect sud (vers Eybens)



Concentrations moyennes de NO₂ calculées (SIRANE) en fonction de l'éloignement par rapport à l'axe étudié

Des niveaux importants de dioxyde d'azote, variant d'environ 10 µg.m⁻³ sur l'ensemble du tracé sont observés. Une nette augmentation des concentrations en NO₂ est observée sur la portion croisant la rocade sud (81 µg.m⁻³ en moyenne annuelle, soit 3 fois les niveaux de fond) alors qu'une baisse des concentrations est perceptible au niveau de la commune d'Eybens.

Les niveaux les plus faibles (34 µg.m⁻³) ont été mesurés sur les sites de fond (sites 3, 4 et 8) localisés à une distance d'environ 200 mètres de l'axe. Les deux transects réalisés (au nord et au sud de l'axe) à partir des données SIRANE mettent en évidence cette diminution des niveaux de dioxyde d'azote en fonction de l'éloignement par rapport à la route. Les concentrations de NO₂ se rapprochent des niveaux de fond (30 µg.m⁻³ contre 27 µg.m⁻³ mesuré sur un site urbain), ils restent toutefois supérieurs, à une distance qui varie selon le côté de l'axe observé entre 70 et 200 mètres, et cela en raison très probablement de l'influence du trafic automobile des rues voisines. Le transect sud réalisé à proximité d'un parc montre que les niveaux diminuent plus rapidement. Les niveaux de dioxyde d'azote sont supérieurs au seuil réglementaire de 40 µg.m⁻³ à une distance qui varie selon le côté de l'axe considéré entre 10 et 15 mètres pour le transect nord et entre 15 et 20 mètres pour le transect sud. Les habitations construites à moins de 10 mètres (pouvant aller jusqu'à 20 mètres) du centre de la rue sont donc soumises à des moyennes annuelles de NO₂ dépassant le seuil réglementaire.

Population exposée au NO₂ en proximité automobile

Le croisement des données de concentrations de NO₂ (2007) obtenues à partir du modèle SIRANE avec les données de population¹ disponibles sur la zone d'étude permet de calculer le pourcentage de population potentiellement exposée à des concentrations supérieures à un seuil réglementaire. La population comprise dans un périmètre d'environ 100 mètres autour du tracé de la ligne 31, correspondant approximativement à la zone d'influence de la voirie, a été prise en compte pour effectuer ce calcul.

¹ Source : INSEE 1999

Zone d'étude ligne 31	Nb de pers exposées	% de pop exposées
$\text{CNO}_2 < 40 \mu\text{g.m}^{-3}$	3500	70%
$40 \mu\text{g.m}^{-3} < \text{CNO}_2 < 46 \mu\text{g.m}^{-3}$	1100	21%
$46 \mu\text{g.m}^{-3} < \text{CNO}_2$	400	9%
Population totale	5000	100%

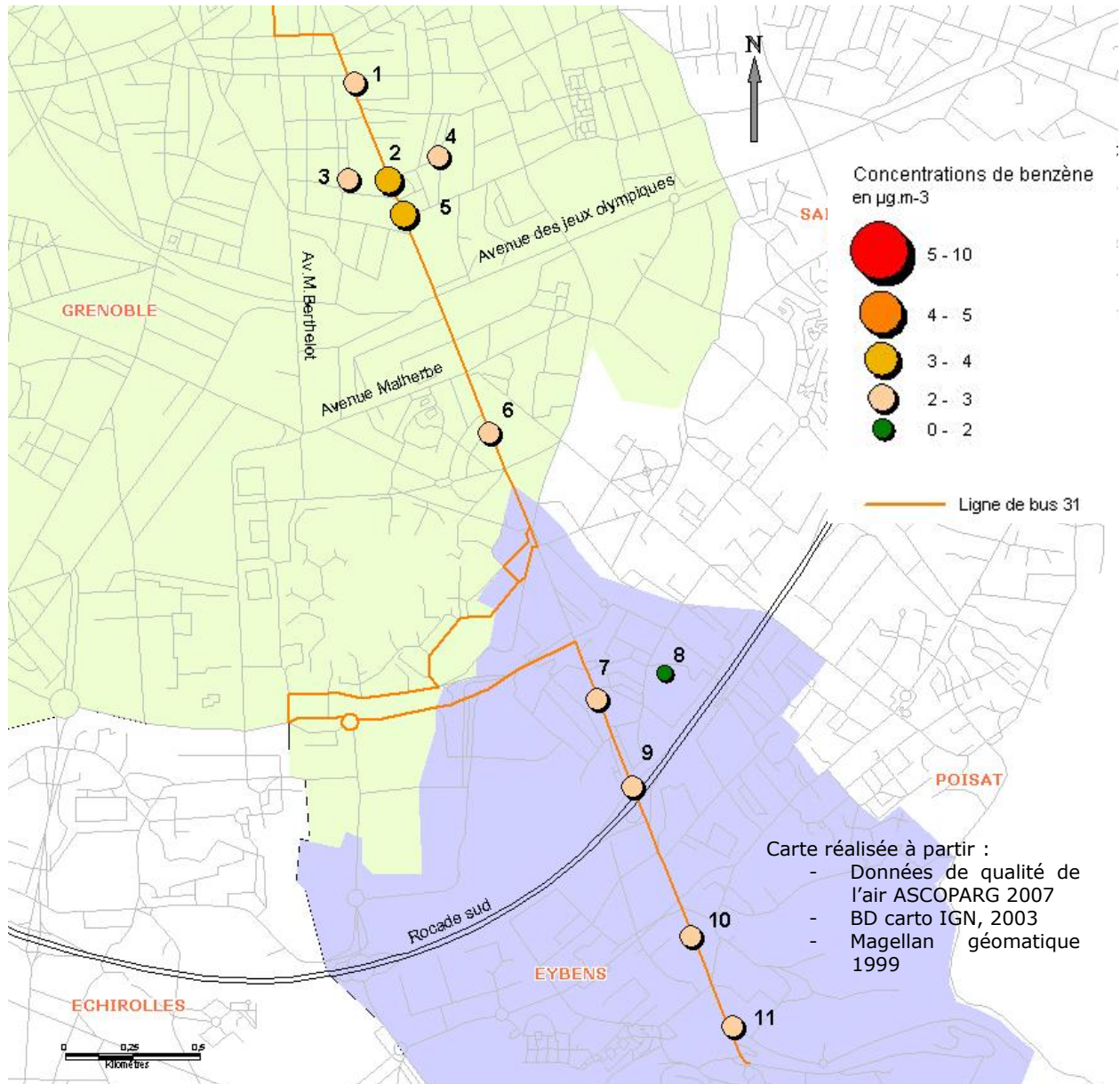
Environ 9% de la population sur la zone étudiée, est potentiellement exposée à des concentrations supérieures à la valeur limite 2007. En revanche, 30% de la population (soit environ 1500 personnes) reste exposée à des concentrations supérieures à l'objectif prévu en 2010.

Niveaux de benzène (C₆H₆)

Le benzène, fait partie de la famille des Composés Organiques Volatils (COV).

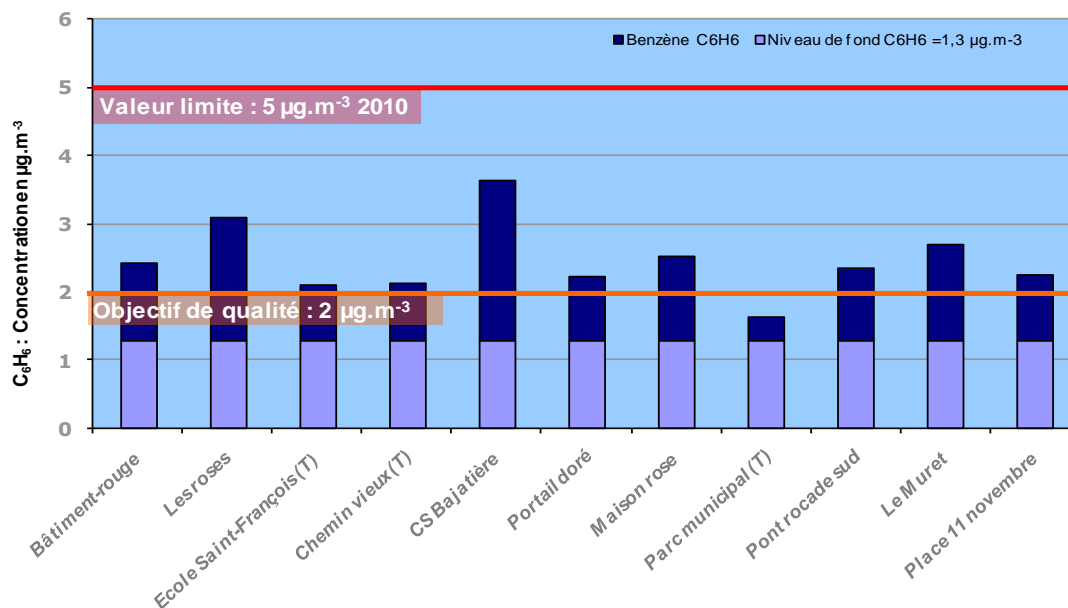
Parmi les valeurs réglementaires, le benzène fait l'objet d'une **valeur limite pour la protection de la santé humaine** en moyenne annuelle fixée à 5µg.m⁻³ et d'un **objectif de qualité** fixé à 2 µg.m⁻³.

Le graphique et le tableau suivant illustrent les concentrations moyennes annuelles estimées de benzène sur l'ensemble des sites du tracé de la ligne 31.



Concentrations moyennes annuelles de Benzène sur le tracé de la ligne 31 (2007)

n° sites	nom Sites	Moy annuelle en µg.m ⁻³
1	Bâtiment-rouge	2,4
2	Les roses	3,1
3	Ecole Saint-François (T)	2,1
4	Chemin vieux (T)	2,1
5	CS Bajatière	3,6
6	Portail doré	2,2
7	Maison rose	2,5
8	Parc municipal (T)	1,6
9	Pont rocade sud	2,3
10	Le Muret	2,7
11	Place 11 novembre	2,3

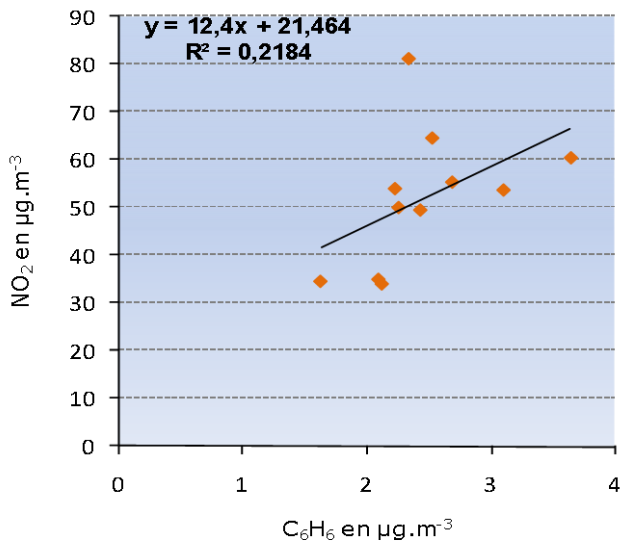


Concentrations moyennes annuelles mesurées par tube passif de benzène sur le tracé de la ligne 31

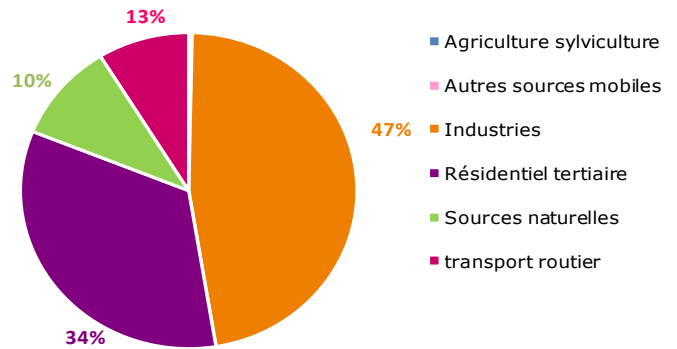
Le niveau de **fond en benzène de l'agglomération grenobloise** mesuré par tubes à diffusion en **2007** est égal à $1,3 \mu\text{g.m}^{-3}$ ¹. **L'ensemble des sites de mesures y compris les sites éloignés de la voirie (transect) sur le tracé de la ligne 31 présentent des concentrations moyennes en benzène supérieures à ce niveau de fond.** Même s'ils respectent la valeur limite pour la santé humaine ($5 \mu\text{g.m}^{-3}$), **la majorité dépasse l'objectif de qualité fixé à $2 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 2010.** Le site (n°9) situé à proximité de la rocade sud, ne présente pas les niveaux de benzène les plus élevées, contrairement à ce qui a été observé précédemment pour le dioxyde d'azote, où les concentrations les plus importantes ont été observées sur les sites les plus exposés au trafic.²

¹ Mesure annuelle réalisée sur le site de Grenoble les Frênes

² Sites localisés à des carrefours (Les accélérations, freinages entraînent une demande énergétique plus importante et par conséquent une augmentation des émissions de polluants).



Corrélation entre le dioxyde d'azote et le benzène



Répartition des émissions de COV dans l'agglomération grenobloise - Sources : cadastre ASCOPARG- émissions 2006 (version 2008-3)

La faible corrélation entre le benzène et le NO₂ (polluant traceur de la pollution d'origine automobile) sur les sites de mesures montre **le fait que le trafic routier ne constitue pas la seule source de benzène.**

En effet, les niveaux de benzène sur les sites localisés à environ 200 mètres de la voirie (site 3 et 4) sont quasi-équivalents à ceux observés sur les sites à proximité. De plus, la répartition des émissions de benzène au niveau de l'agglomération grenobloise montre que le transport routier ne représente que 13% des émissions des COV alors que le secteur résidentiel représente environ 34%. **Dans ce secteur urbanisé, le chauffage pourrait être une source potentielle d'émission en période hivernale.**

2. Evolution de la qualité de l'air entre 2000 et 2007

Comparaison des mesures entre 2000 et 2007 (du 27/06/00 au 26/07/00 et du 09/07/07 au 25/07/07)

Les mesures effectuées sur le tracé de la ligne 31 entre l'année 2000 et 2007 sont difficilement comparables du fait de la différence entre la durée et la répartition des campagnes de mesures sur l'année.

Les mesures effectuées en 2000 ne sont pas suffisamment représentatives de l'année car elles n'ont duré que 5 semaines et uniquement en période estivale alors qu'en 2007, elles ont duré 8 semaines et sont réparties sur l'ensemble de l'année. Par conséquent seules les mesures effectuées pendant la période estivale ont pu être comparées (cf. partie « Méthodologie - Périodes des mesures »).

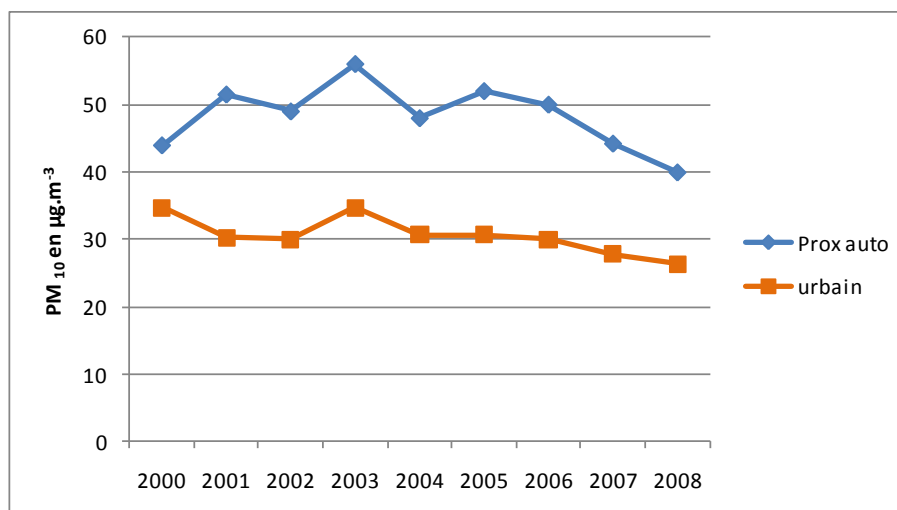
Mesures avec le laboratoire mobile au niveau du centre social la Bajatière

		Période du 27/06/00 au 26/07/00			Période du 09/07/07 au 25/07/07			
		Centre social la Bajatière	Grenoble Foch	Villeneuve	Centre social la Bajatière	Grenoble Boulevard	Le Rondeau	Grenoble les Frénes
		Sites trafic		Site urbain	Sites trafic		Site urbain	
% de données valides	NO	99,5%	99,9%	99,9%	99,5	98,7	97,1	98,4
Moyenne ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		21	41	2	13	20	44	1
Minimum ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		0	1	0	0	0	0	0
Maximum ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		157	261	49	112	102	205	29
% de données valides	NO ₂	99,5%	99,9%	99,9%	99,5	98,7	97,1	98,4
Moyenne ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		36	67	23	31	43	53	17
Minimum ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		7	10	4	4	4	3	2
Maximum ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		157	172	90	105	119	140	82
% de données valides	PM ₁₀	92,4%	100%	100%	99,5	100	98	100
Moyenne ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		23	21	17	24	26	28	15
Minimum ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		1	1	0	0	3	5	0
Maximum ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		124	55	40	66	70	72	74

Les niveaux de NO et NO₂ mesurés pendant la campagne estivale de 2007 sont inférieurs à ceux observés en 2000 sur le site d'étude ainsi que sur les sites de référence. Depuis 2006, une baisse des niveaux en NO₂ est observée sur les sites de fond, alors que les niveaux en proximité trafic semblent plutôt constants (Cf. graphique page 34). La diminution des concentrations observée sur les grands boulevards en 2007 est liée notamment à la baisse des émissions (trafic divisé par deux entre 2002 et 2006)¹ suite aux aménagements réalisés dans le cadre du PDU.

Les concentrations de PM₁₀ mesurées pendant la campagne estivale de 2007 sur le moyen mobile sont égales à celles observées en 2000 (24 $\mu\text{g.m}^{-3}$ contre 23 $\mu\text{g.m}^{-3}$). Les graphiques suivants montrent que malgré la baisse qui semble se dessiner depuis 2005, les niveaux de particules PM₁₀ sont relativement fluctuants d'une année à l'autre et qu'il est difficile de dégager une réelle tendance.

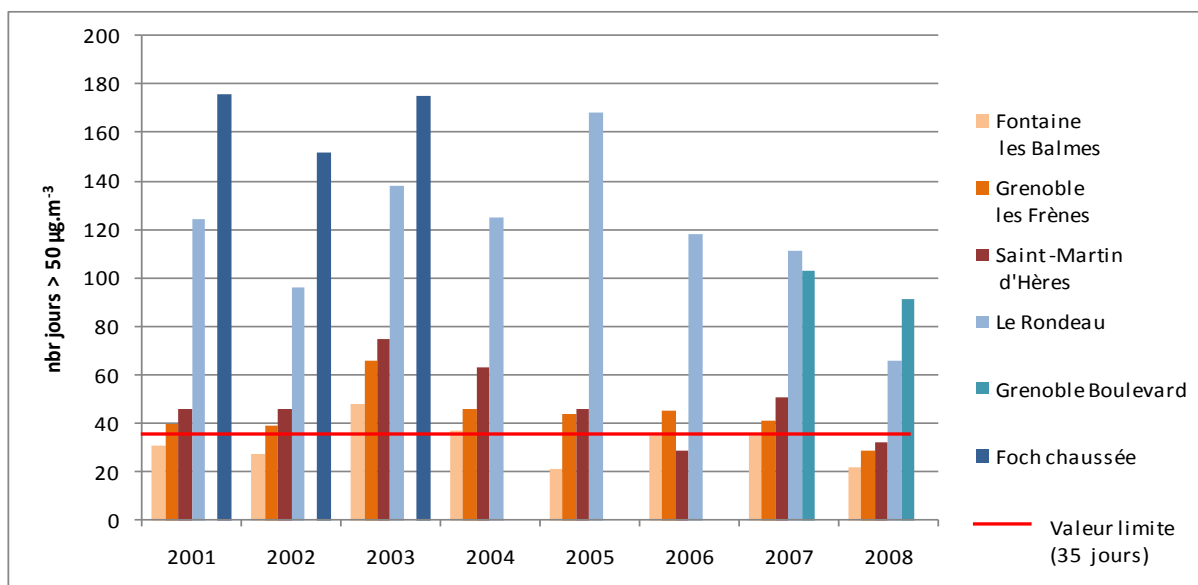
Moyennes annuelles en PM₁₀



Evolution des concentrations moyennes de PM₁₀ sur les stations de fond et de proximité automobile de l'ASCOPARG

¹ Source : SMTC, PDU 2006-2012 disponible sur <http://www.atmo-rhonealpes.org>

Nombre de jours de dépassement du seuil de $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en PM_{10}



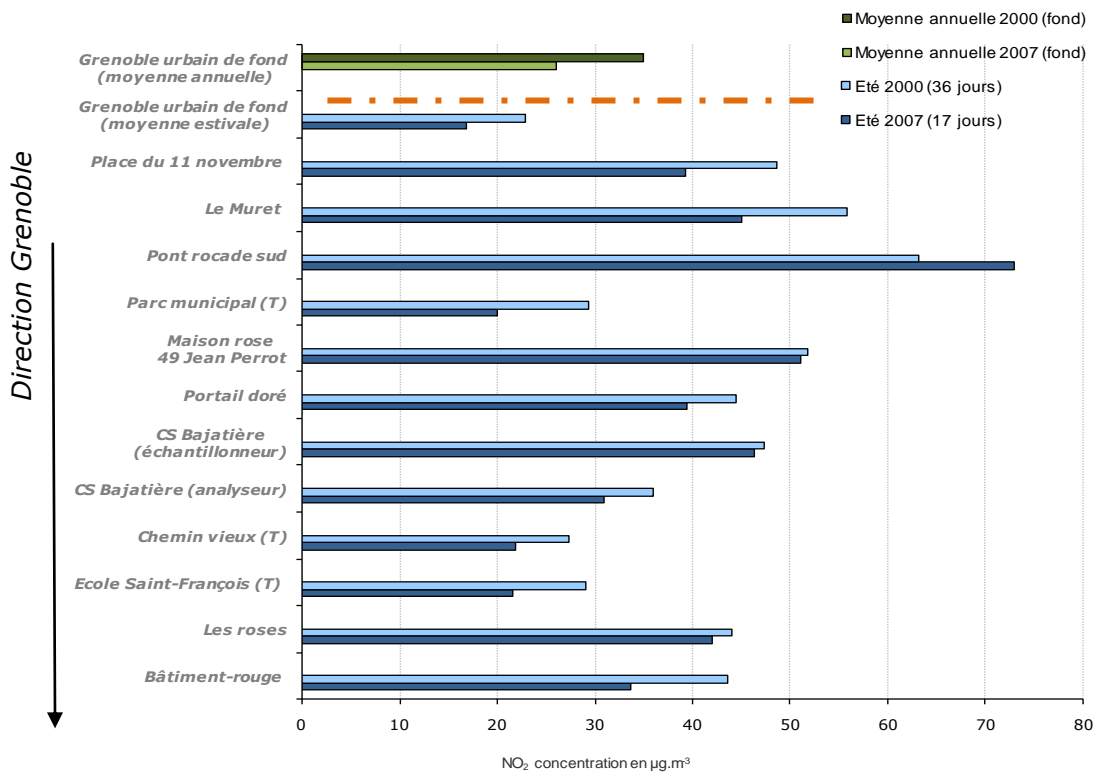
En résumé, la comparaison des moyennes estivales entre 2000 et 2007 sur le site d'étude semble indiquer une baisse des niveaux de NO_2 et peu d'évolution en ce qui concerne les PM_{10} . Cependant, il serait inexacte de conclure à une diminution ou une évolution constante des niveaux de pollution entre 2000 et 2007 en comparant uniquement deux campagnes de mesures estivales sur deux années, d'autant plus que cette tendance à la baisse pour le NO_2 ne s'observe pas sur les sites de proximité automobile de l'agglomération grenobloise.

Mesures réalisées par échantillonneurs passifs

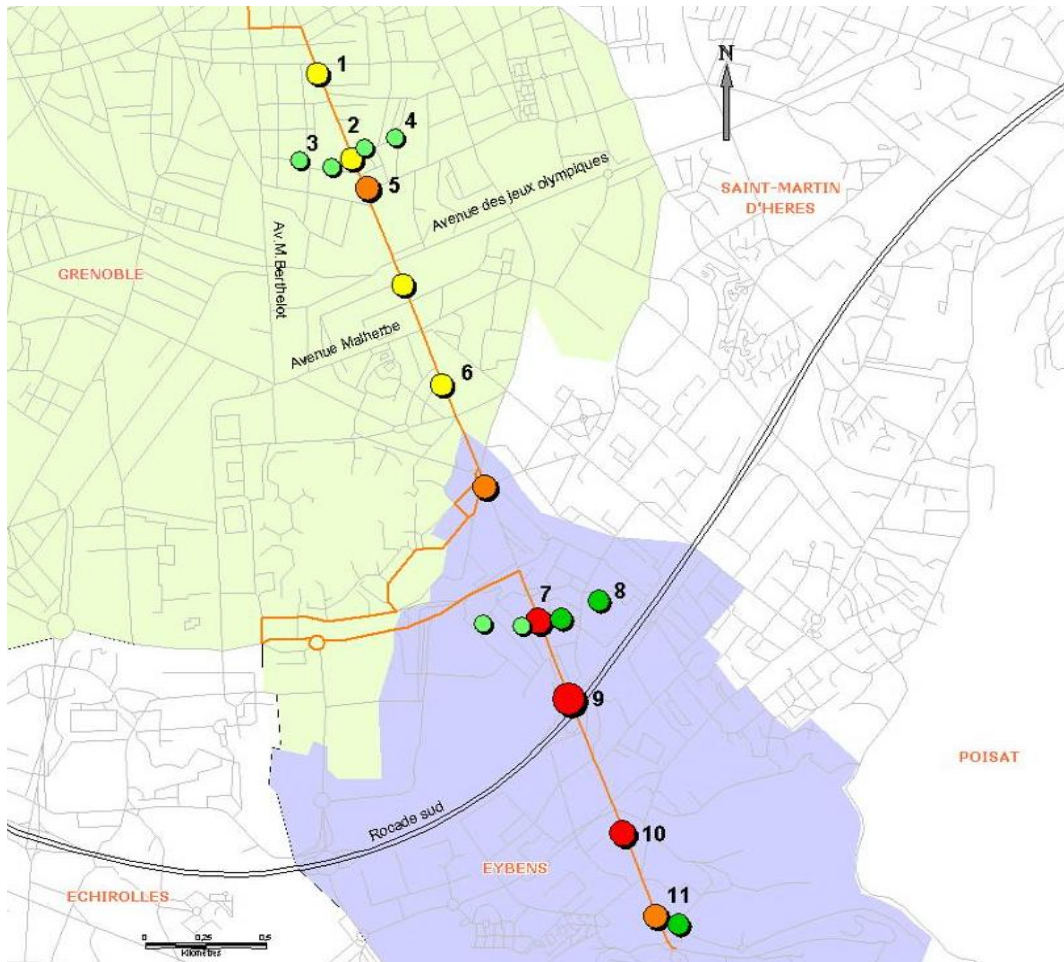
Le dioxyde d'azote

Le graphique suivant compare les mesures de NO₂ effectuées sur la période estivale de l'année 2000 (du 27/06/2000 au 26/07/2000) avec celle de l'année 2007 réalisées du (09/07/2007 au 25/07/2007) sur :

- les sites du tracé de la ligne 31 ;
- le site urbain de fond de Fontaine les Balmes. La comparaison entre la moyenne annuelle de 2000 et 2007 de ce dernier est également représentée sur ce graphique

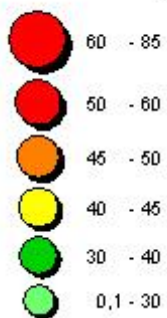


Comparaison concentrations moyennes estivales (2000-2007) de NO₂ sur le tracé de la ligne 31



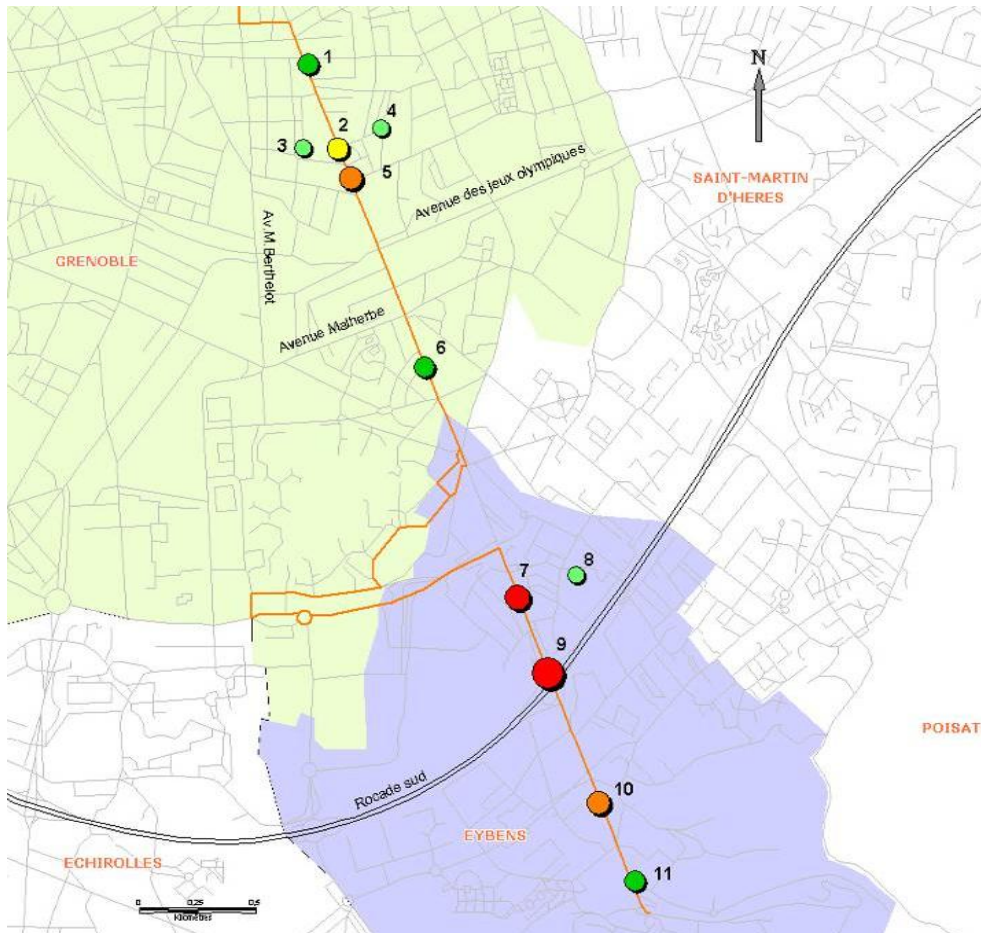
Période du 27/06/2000 au 26/07/2000

Concentrations moyennes estivales NO₂ en µg.m⁻³



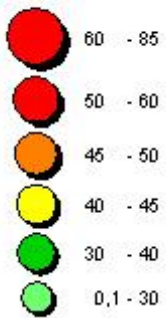
Carte réalisée à partir :

- Données de qualité de l'air ASCOPARG 2007
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999



Période du 09/07/2007 au 25/07/2007

Concentrations moyennes
estivales NO₂ en µg.m⁻³

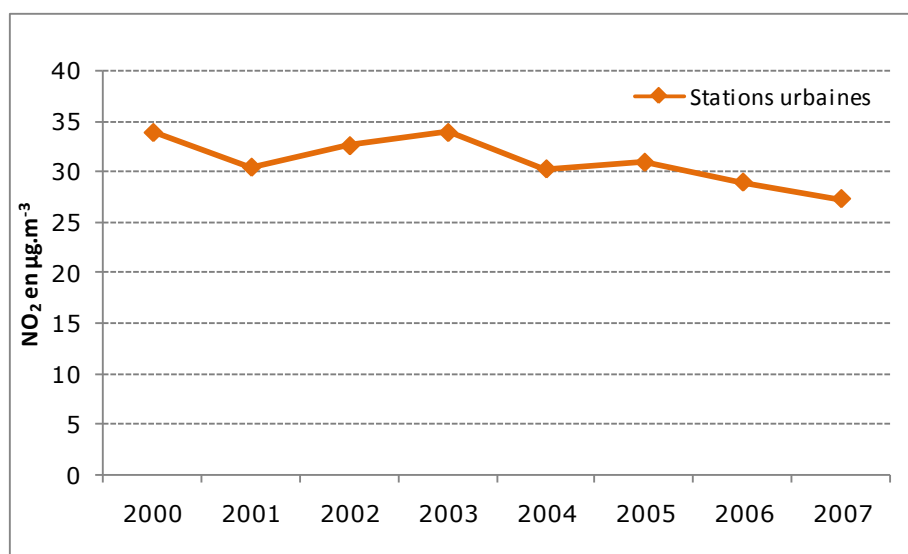


Carte réalisée à partir :

- Données de qualité de l'air ASCOPARG 2007
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999

Les concentrations de NO₂ relevées pendant la campagne de mesures de l'été 2007 sont moins élevées en moyenne que celles mesurées en 2000 et plus particulièrement sur les sites localisés vers Eybens et les sites dits de « fonds » c'est-à-dire éloignés de la voie de circulation. Seul, une augmentation des concentrations de NO₂ entre 2000 et 2007 est observée sur le site localisé à proximité de la rocade sud, et cela en raison très probablement de l'accroissement du trafic routier sur cet axe (80 150 véh/jours en 2000 contre 85 583 véh/jours en 2006).

Les résultats précédents ont mis en évidence le fait que les conditions météorologiques observées pendant les 2 campagnes de mesures estivales sont assez similaires. Cette constatation permet de ne pas mettre en cause ce facteur sur l'évolution constatée des concentrations de NO₂ entre 2000 et 2007 sur le tracé de la ligne 31.



Evolution des concentrations moyennes de NO₂ des stations fixes urbaines de Grenoble depuis 2000

En revanche, les niveaux de fond observés sur les mêmes périodes de mesures sont en diminution entre 2000 et 2007 (saison estivale) et cette tendance semble se confirmer sur les concentrations moyennes annuelles de NO₂ mesurées en zone urbaine de fond depuis 2003 au niveau de l'agglomération grenobloise.

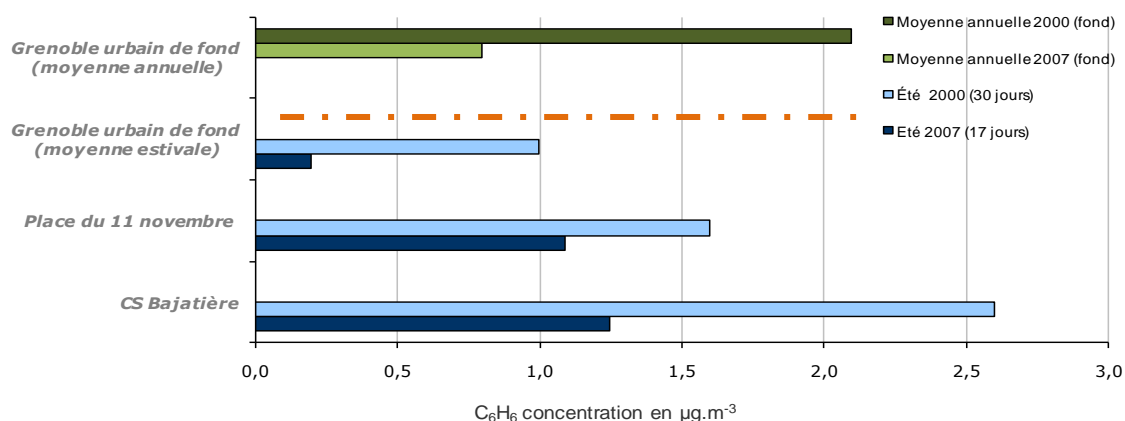
La baisse des concentrations de NO₂ sur le tracé de la ligne 31 semble en partie liée à l'amélioration générale de la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise en ce qui concerne ce polluant.

Cette diminution peut être également liée à la réorganisation de la voirie sur la ligne 31 et notamment au prolongement de la voie de bus qui a eu tendance à diminuer le trafic et à améliorer sa fluidité et par conséquent à diminuer les émissions.

Le benzène

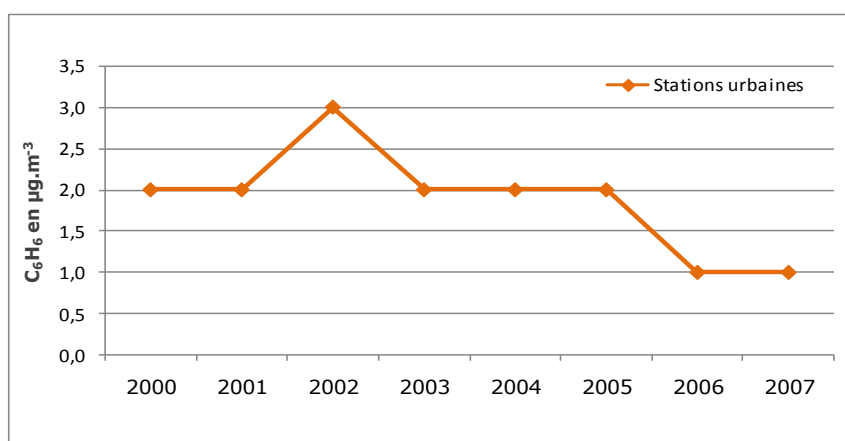
En 2000, les mesures de benzène à l'aide de tubes à diffusion passive sont disponibles uniquement sur deux sites (CS Bajatière et rue du château). Ce dernier a pu être comparé avec le site de la place du 11 novembre qui se situait à proximité.

Le graphique suivant compare les mesures de benzène effectuées sur la période estivale de l'année 2000 du 27/06/2000 au 26/07/2000 avec celles de l'année 2007 réalisées du 09/07/2007 au 25/07/2007. Le site urbain de fond de Grenoble les Frênes est également représenté sur ce graphique à titre comparatif.



Les concentrations de benzène mesurées sur ces deux sites pendant la campagne de mesure de l'été 2007, suivent la même tendance que pour le dioxyde d'azote. Elles sont moins élevées par rapport à celles mesurées pendant la campagne de l'été 2000.

Comme pour le dioxyde d'azote, les niveaux de fond de l'agglomération grenobloise observés sont en baisse, sur les mêmes périodes de mesures comme sur l'année complète. Ces éléments permettent de confirmer l'amélioration des concentrations de benzène sur le tracé.



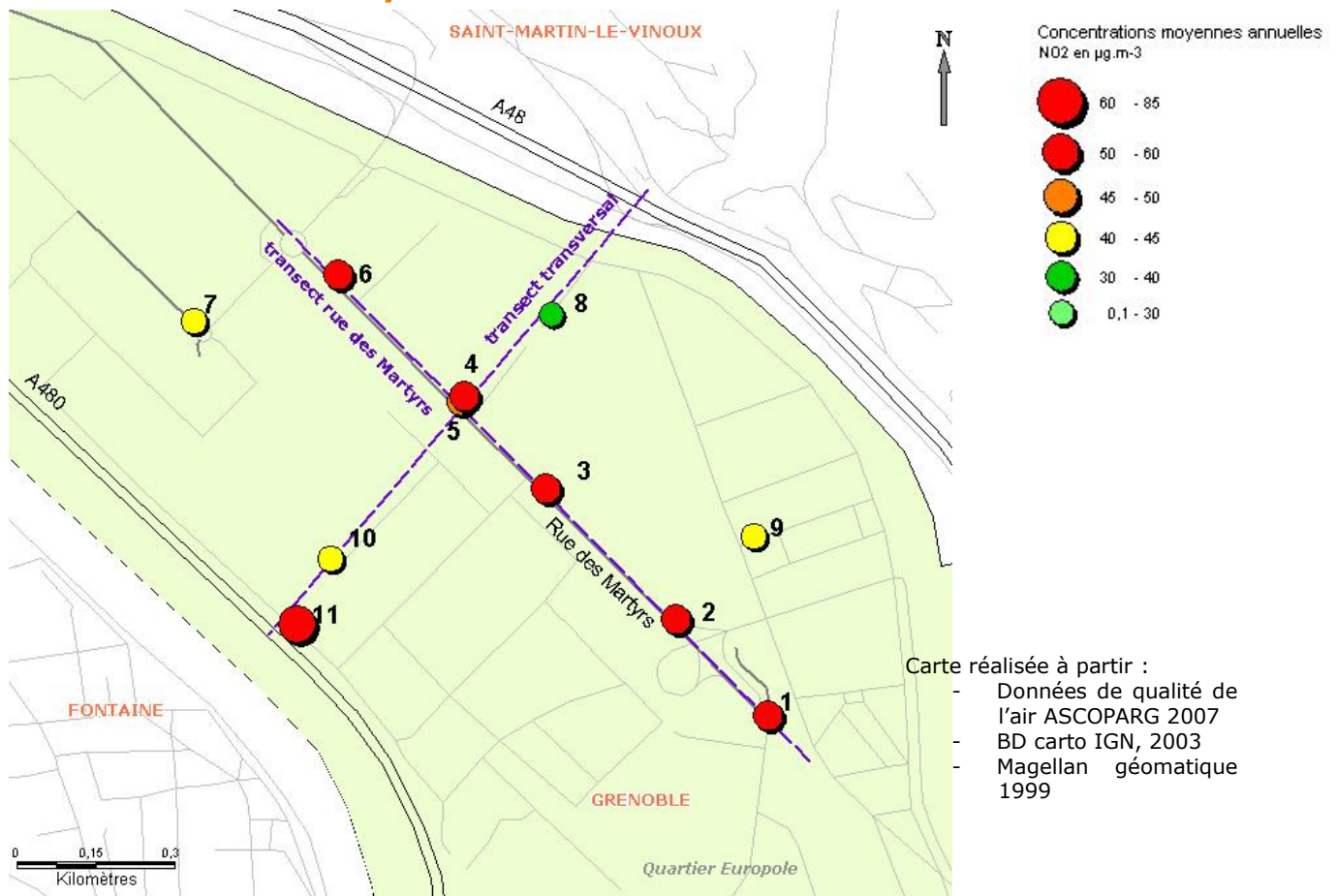
Evolution des concentrations moyennes de benzène des stations fixes urbaines de Grenoble depuis 2000

Comme évoqué précédemment, cette diminution des niveaux de benzène entre 2000 et 2007 peut être également liée à la réorganisation de la voirie sur le tracé de la ligne 31.

4. Zoom sur le secteur « Polygone Scientifique » - Prolongement de la ligne B du tramway

Parallèlement aux mesures de NO₂ par analyseur (dont les résultats ont été présentés dans la partie 2 du présent rapport) des mesures de dioxyde d'azote et de benzène par tubes à diffusion passive ont été réalisées sur les 11 sites de mesures¹, complétées ensuite par les résultats de modélisation².

1. Niveaux de dioxyde d'azote

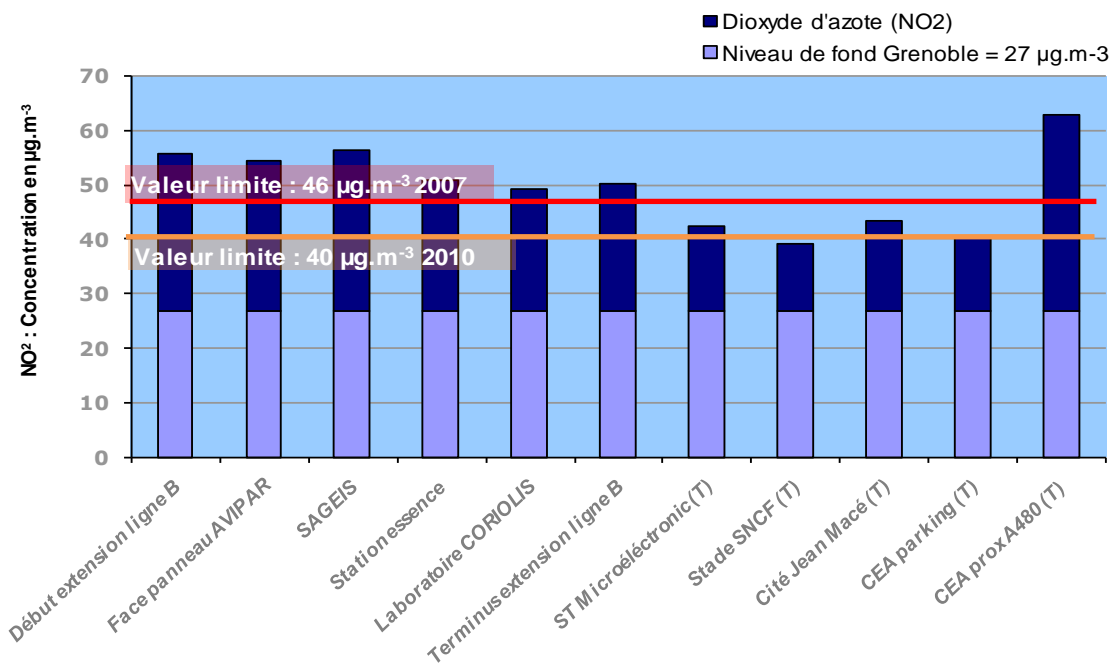


Concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur le prolongement de la ligne B (2007)

n° sites	Nom des Sites	NO ₂ moy annuelle en µg.m ⁻³
1	Début extension ligne B	56
2	Face panneau AVIPAR	54
3	SAGEIS	57
4	Station essence	51
5	Lab CORIOLIS	49
6	Terminus extension ligne B	50
7	ST Microélectronique	42
8	Stade SNCF	39
9	Cité Jean Macé	44
10	CEA parking	41
11	CEA prox A480	63

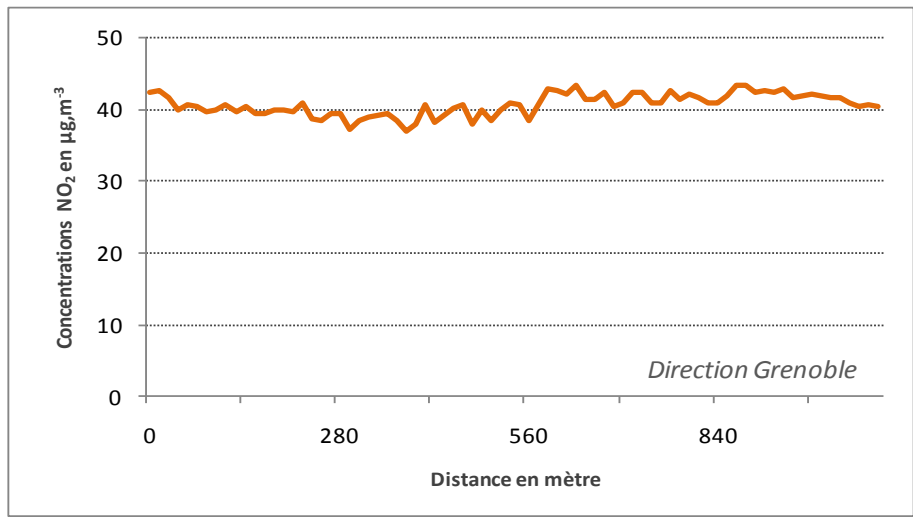
¹ Les mesures par tubes à diffusion sont plus élevées (15 %) que celles réalisées en continu à partir des analyseurs du moyen mobile.

² Le modèle SIRANE a tendance à sous estimer les concentrations de NO₂ en proximité automobile (-5%).



Concentrations moyennes annuelles estimées de NO₂ sur le tracé d'extension de la ligne B et autour de l'axe

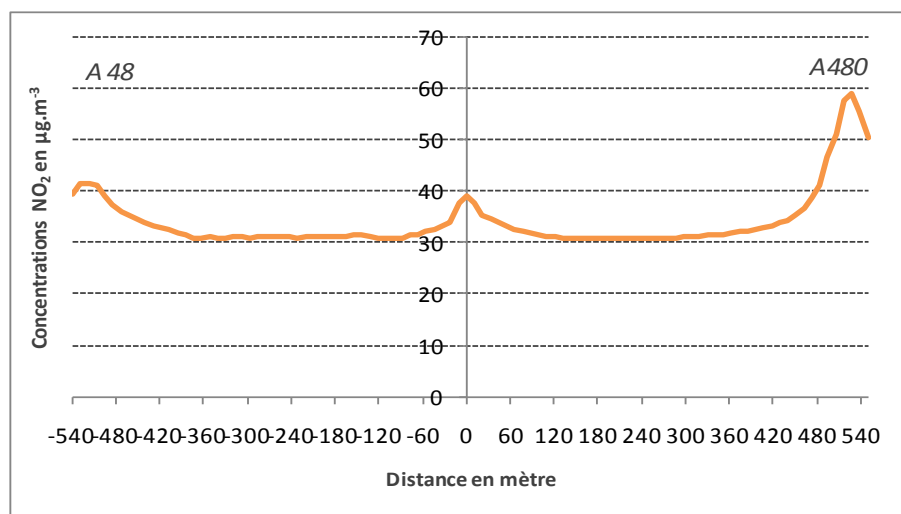
Les figures suivantes illustrent les résultats de modélisation, le long de la rue des martyrs puis de part et d'autre de celle-ci.



Concentrations moyennes annuelles de NO₂ calculées au niveau du prolongement de la ligne B

Les niveaux de dioxyde d'azote sont assez élevés et homogènes sur le tracé étudié. Toutefois une augmentation des concentrations en NO₂ est observée sur les sites les plus proches du quartier Europole de Grenoble. L'observation des niveaux moyens annuels de NO₂ calculés à partir du modèle SIRANE confirment cette

évolution bien que celui-ci a tendance à sous estimer les concentrations de dioxyde d'azote en proximité automobile en 2007.



Concentrations moyennes de NO₂ calculées en fonction de l'éloignement par rapport à l'axe étudié

Les niveaux les plus faibles ont été mesurés sur le site n°8 "stade SNCF" (39 µg.m⁻³) localisé à environ 240 mètres de l'axe étudié alors que les niveaux les plus élevés sont observés sur le site n°11 "CEA A480" (63 µg.m⁻³) situé au voisinage de l'A480. Les concentrations de NO₂ se rapprochent des niveaux de fond à une distance d'environ 100 mètres par rapport à l'axe étudié puis augmentent lorsque l'on se rapproche des 2 axes autoroutiers. **Sur l'ensemble du domaine d'étude, les niveaux de dioxyde d'azote sont supérieurs au niveau de fond de l'agglomération grenobloise en raison très probablement de l'influence du trafic automobile des deux axes autoroutiers à proximité.**

Population exposée au NO₂ en proximité automobile

La population comprise dans un périmètre d'environ 100 mètres autour du futur tracé de prolongement de la ligne B, a été retenue pour effectuer ce calcul.

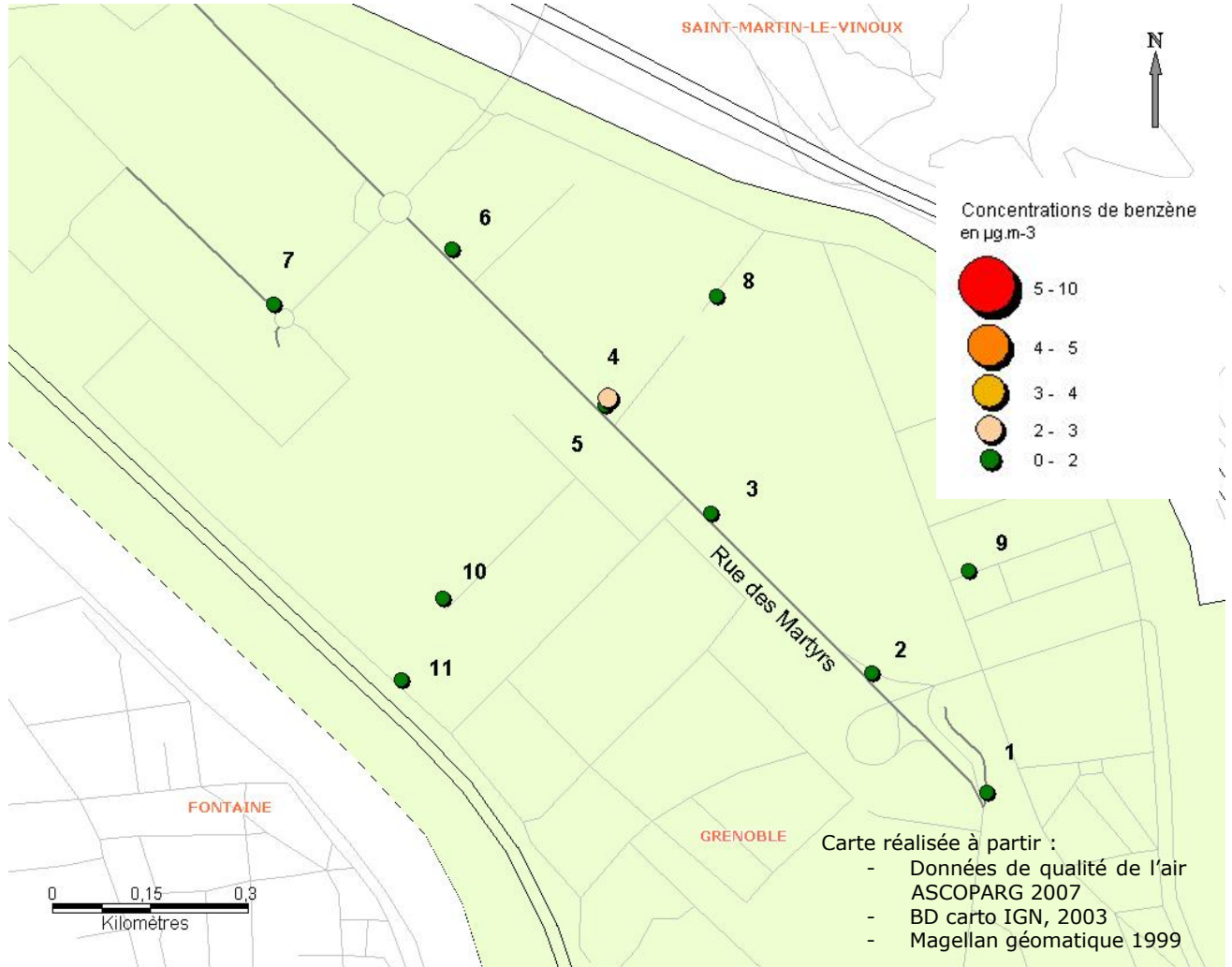
Environ 2% de la population autour de l'axe étudié est potentiellement exposée à des concentrations supérieures à la valeur limite 2007. Par rapport à l'objectif de qualité prévue en 2010¹, le pourcentage de population exposé atteint 10%. Ces chiffres sont à relativiser par rapport au faible nombre de personnes concernées.

Zone d'étude - extension ligne B	Nb de pers exposées	% de pop exposées
CNO ₂ < 40 µg.m ⁻³	134	90%
40 µg.m ⁻³ < CNO ₂ < 46 µg.m ⁻³	11	8%
46 µg.m ⁻³ < CNO ₂	3	2%
Population totale	148	100%

¹ La valeur limite réglementaire en NO₂ pour l'année 2007 est de 46 µg.m⁻³ et l'objectif de qualité prévue en 2010 est de 40 µg.m⁻³

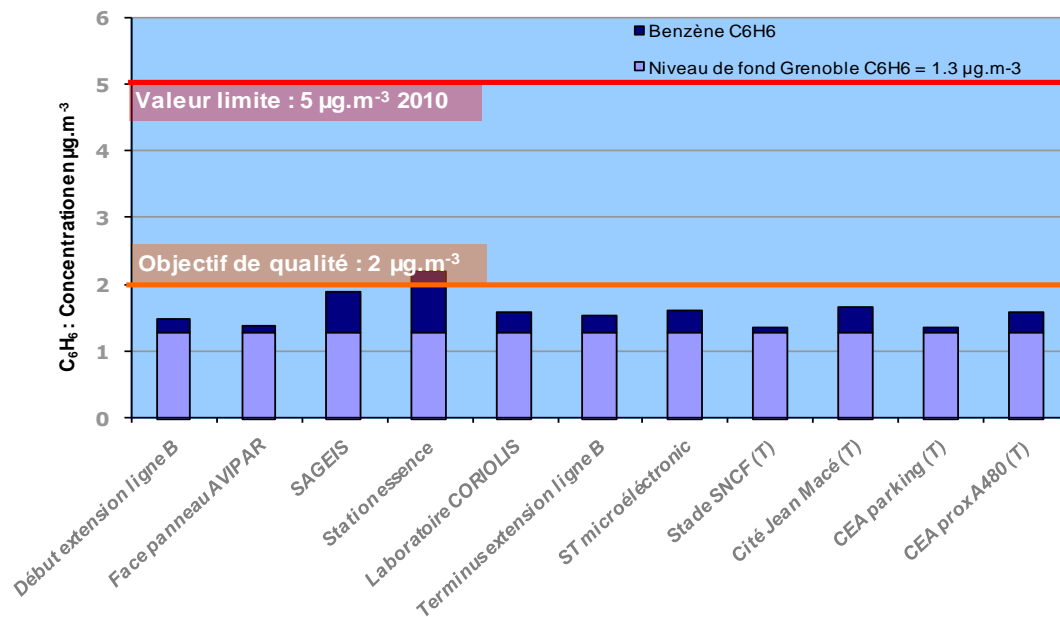
2. Niveaux de benzène (C₆H₆)

Le graphique et le tableau suivant illustrent les concentrations moyennes annuelles estimées de benzène sur l'ensemble du domaine d'étude.



Concentrations moyennes annuelles de benzène sur le prolongement de la ligne B (2007)

n° sites	Nom de Sites	Moy annuelle en µg.m ⁻³
1	Début extension ligne B	1,5
2	Face panneau AVIPAR	1,4
3	SAGEIS	1,9
4	Station essence	2,2
5	Laboratoire CORIOLIS	1,6
6	Terminus extension ligne B	1,5
7	ST microélectronique	1,6
8	Stade SNCF	1,4
9	Cité Jean Macé	1,7
10	CEA parking	1,4
11	CEA prox A480	1,6



Concentrations moyennes annuelles estimées de benzène sur le prolongement de la ligne B

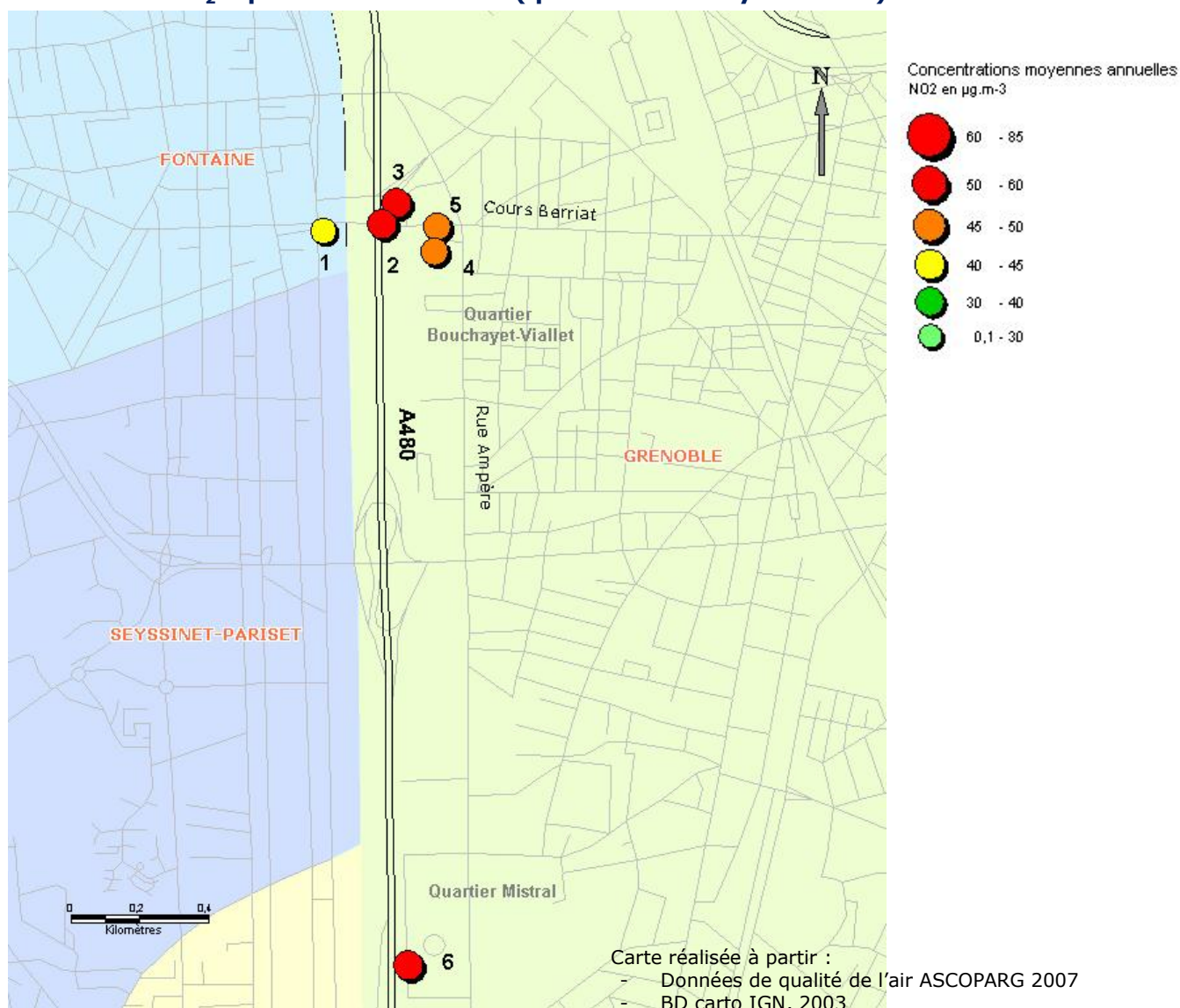
Les concentrations de benzène le long du tracé sont modérées et proches du **niveau de fond** de l'agglomération grenobloise mesuré par tubes à diffusion en **2007** ($1,3 \mu\text{g.m}^{-3}$). Seul le site n°4, localisé à proximité d'une station essence dépasse l'objectif de qualité. **Ces résultats mettent en évidence une faible influence du trafic automobile sur les niveaux de benzène mesurés dans le secteur.** En effet le secteur du transport routier ne représente que le 4^{ème} émetteur de COV de l'agglomération grenobloise avec 13 % des émissions totales derrière l'industrie (47%) et le résidentiel tertiaire (34%).

5. Zoom à proximité des voies rapides urbaines (A 480 et Rocade sud)

Parallèlement aux mesures de NO₂ par analyseur (dont les résultats ont été présentés dans la partie 2 du présent rapport) des mesures de dioxyde d'azote et de benzène par tubes à diffusion passive ont été réalisées. Deux transects coupant chaque axe (A480 et Rocade sud) avec 5 sites ont été mis en place ; ainsi qu'un point de mesure au sein du quartier mistral. Les résultats de modélisation viennent compléter ces mesures.

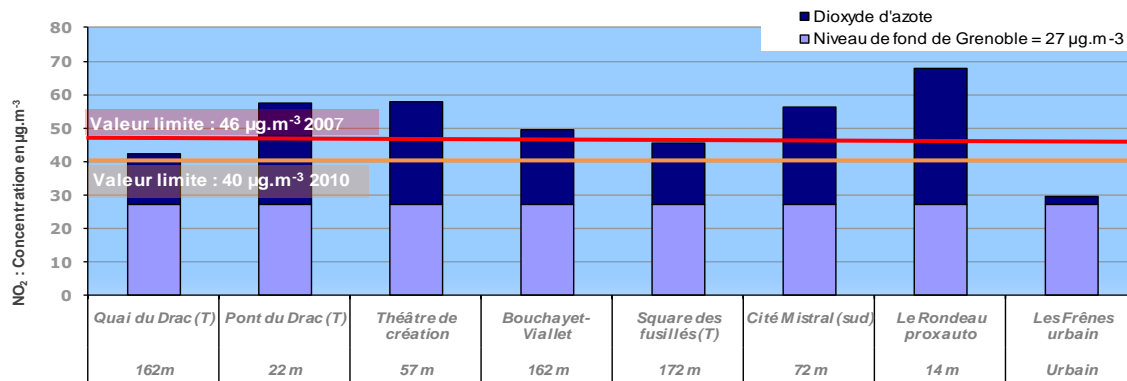
1. Niveaux de dioxyde d'azote (NO₂)

Mesures de NO₂ à proximité de l'A480 (quartier Bouchayet-Viallet)

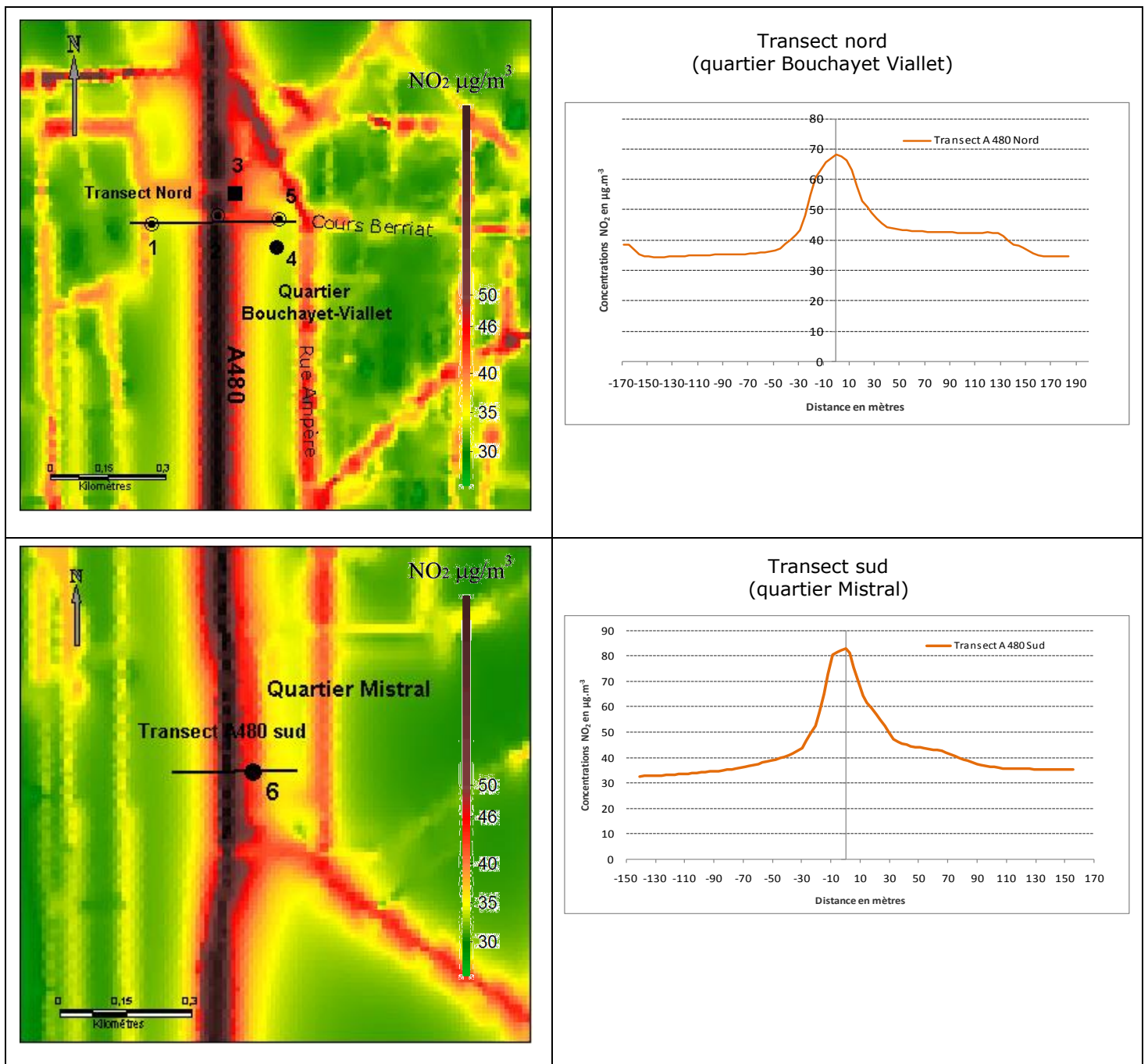


n° sites	Nom des sites	NO ₂ moy annuelle en µg.m ⁻³
1	Quai du Drac	42
2	Pont du Drac	58
3	Théâtre de création	58
4	Bouchayet-Viallet	49
5	Square des fusillés	46
6	Cité Mistral	56
	Le Rondeau	68
	Les Frênes	30

Concentrations moyennes annuelles de NO₂ à proximité de l'A480



Concentrations moyennes annuelles estimées de dioxyde d'azote à proximité de l'A480 et sur les stations fixes du Rondeau et de Grenoble les Frênes.



Concentrations moyennes de NO₂ calculées (SIRANE) en fonction de l'éloignement par rapport à l'A480

Les niveaux de NO₂ mesurés sur les 5 sites du transect Nord de l'A480 ¹ainsi que sur le site du transect sud au niveau du quartier Mistral sont relativement élevés (entre 1,5 et 2 fois le niveau de fond urbain).

La valeur limite annuelle de 2007 (46 µg.m⁻³) est dépassée sur tous les sites de mesure sauf « Quai du Drac » (site n°1), et les niveaux ne sont pas conformes à l'objectif de qualité sur aucun site (40 µg.m⁻³, qui sera également la valeur limite en 2010).

Les concentrations les plus élevées ont été mesurées sur le site le plus proche de l'A480, mais également sur ceux situés à environ 60 mètres du centre de la voie (soit environ 50 mètres de la chaussée) :

- 58 µg.m⁻³ sur le site n° 2 « Pont du Drac »
- 58 µg.m⁻³ sur le site n° 3 «Théâtre de Création» (site avec le labo mobile)
- 56 µg.m⁻³ sur le site n°6 «Cité Mistral»

Même si une décroissance rapide des concentrations de NO₂ est observée en s'éloignant de l'axe², néanmoins, les niveaux estimés à 50-60 mètres restent élevés et plus particulièrement du côté est.

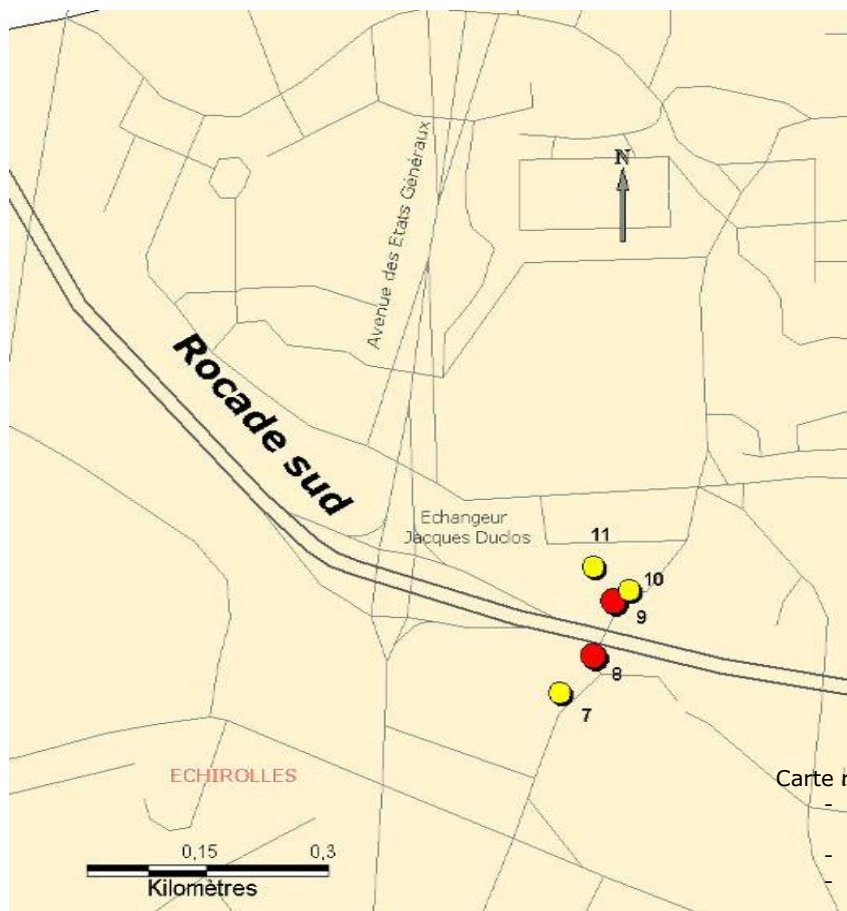
La décroissance des concentrations de NO₂ n'est pas identique des deux côtés de l'A480. Cette différence peut s'expliquer par des conditions de dispersion différentes : à l'ouest, la configuration de l'A480, délimitée par le Drac, est plutôt favorable à la dispersion des polluants, alors que du côté est, une moins bonne dispersion des polluants semble liée à la typologie du secteur (présence d'obstacles ou immeubles d'habitation,...). Peut s'ajouter à cela, dans ce secteur est, l'influence du trafic automobile des rues voisines (cours bérriat, rue Ampère).

Les niveaux de dioxyde d'azote sont supérieurs au seuil réglementaire de 40 µg.m⁻³ à une distance qui varie selon le côté de l'axe considéré entre 35 et 135 mètres pour le transect nord et entre 45 et 80 mètres pour le transect sud. D'autre part, à 150m du centre de la voie, les concentrations sont toujours supérieures aux niveaux de fond urbain.

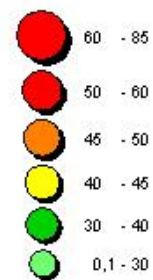
¹ les mesures par tubes à diffusion sont plus élevées que celles réalisées en continu à partir du moyen mobile (env. 12%)

² le modèle SIRANE, à tendance en 2007, à sous estimer les concentrations de dioxyde d'azote en proximité automobile (env. 15%) sur le domaine étudié

Mesures de NO₂ à proximité de la Rocade sud (Echirolles)



Concentrations moyennes annuelles
NO₂ en µg.m⁻³

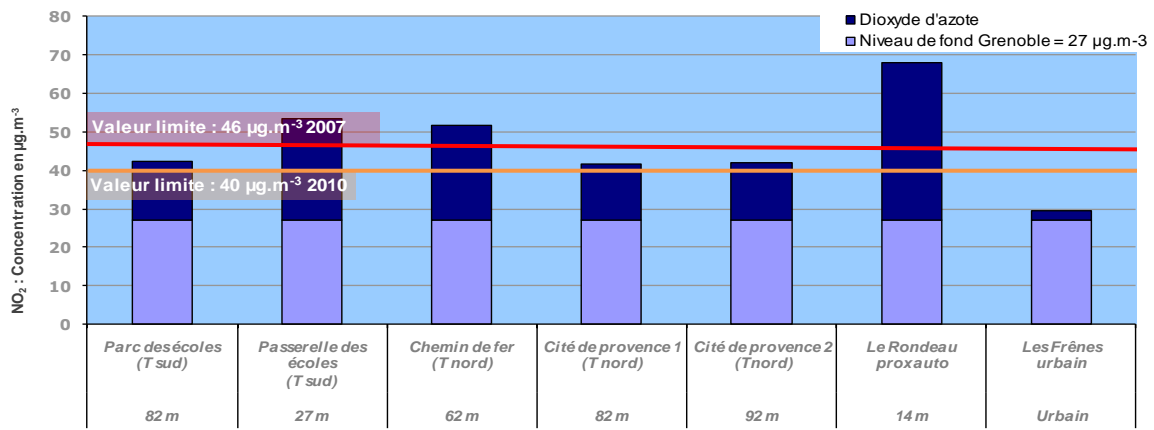


Carte réalisée à partir :

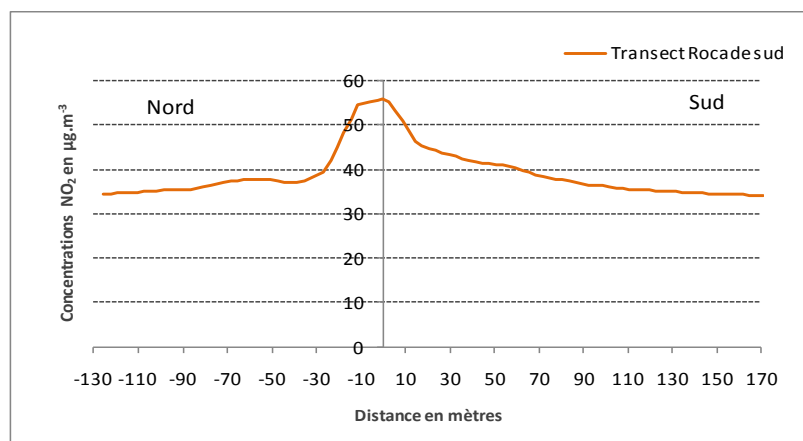
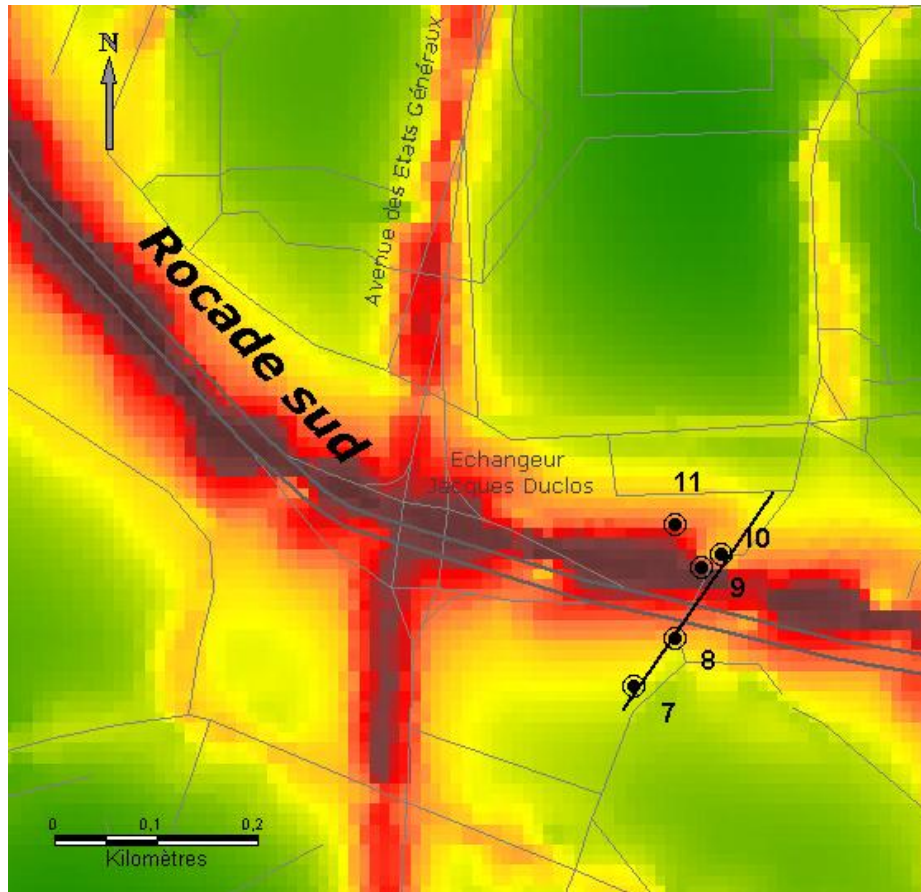
- Données de qualité de l'air ASCOPARG 2007
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999

<i>n° sites</i>	<i>Nom des sites</i>	<i>NO₂ moy annuelle en µg.m⁻³</i>
7	Parc des écoles	43
8	Passerelle des écoles	53
9	Chemin de fer	52
10	Cité de provence 1	42
11	Cité de provence 2	42
	Le Rondeau	68
	Les Frênes	30

Concentrations moyennes annuelles de NO₂ à proximité de la rocade sud (2007)



Concentrations moyennes annuelles estimées de dioxyde d'azote sur le transect de la Rocade sud



Concentrations moyennes de NO₂ calculées (SIRANE) en fonction de l'éloignement de la Rocade sud

Les niveaux mesurés sur le transect de la rocade sud sont moins importants que ceux observés sur celui de l'A480, malgré le fait que le trafic à proximité de la rocade est plus important que celui à proximité de l'A480 (environ 82 000 véhicules/jour contre 74 000 véhicules/jour). Les concentrations moins élevées sur ce transect, peuvent s'expliquer notamment par son orientation nord/sud, qui apparaît plus favorable à la dispersion des polluants par les vents principaux et qui semble également moins influencée par le trafic automobile des rues voisines.

Comparativement aux résultats précédents, les niveaux de NO₂ mesurés par tubes passifs les plus élevés, ont été enregistrés sur le site le plus proche de la rocade sud (27 mètres), mais également sur ceux situés à environ 60 mètres de distance du centre de la voie.

Même si les niveaux de NO₂ mesurés sur le transect de la rocade sud sont moins élevés, ils sont néanmoins importants, puisqu'ils dépassent l'objectif de qualité sur tous les sites et la valeur limite pour 2007 sur deux sites.

Selon la modélisation SIRANE, les niveaux de dioxyde d'azote sont supérieurs au seuil réglementaire de 40 µg.m⁻³ à une distance qui varie selon le côté de l'axe considéré entre 25 et 65 mètres et ils sont encore supérieurs aux niveaux de fond urbain à 150 m.

En résumé : que les voies rapides urbaines (A480 et Rocade Sud) ont un fort impact sur leur environnement proche (dans une bande de 0-20 mètres) mais également à une distance assez éloignée (de 20 à 80m, voire jusqu'à environ 150 m).

Population exposée au NO₂ en proximité automobile

Le croisement des données de concentrations de NO₂ (2007) obtenues à partir du modèle SIRANE avec les données de population (1999) disponibles sur la zone d'étude permet de calculer le pourcentage de population exposée à des concentrations supérieures à un seuil réglementaire (cf. p.33).

La population qui a été prise en compte pour effectuer le calcul sur les zones VRU (voies rapides urbaines) est comprise dans un périmètre d'environ 150 mètres autour des voies, correspondant approximativement à la zone d'influence.

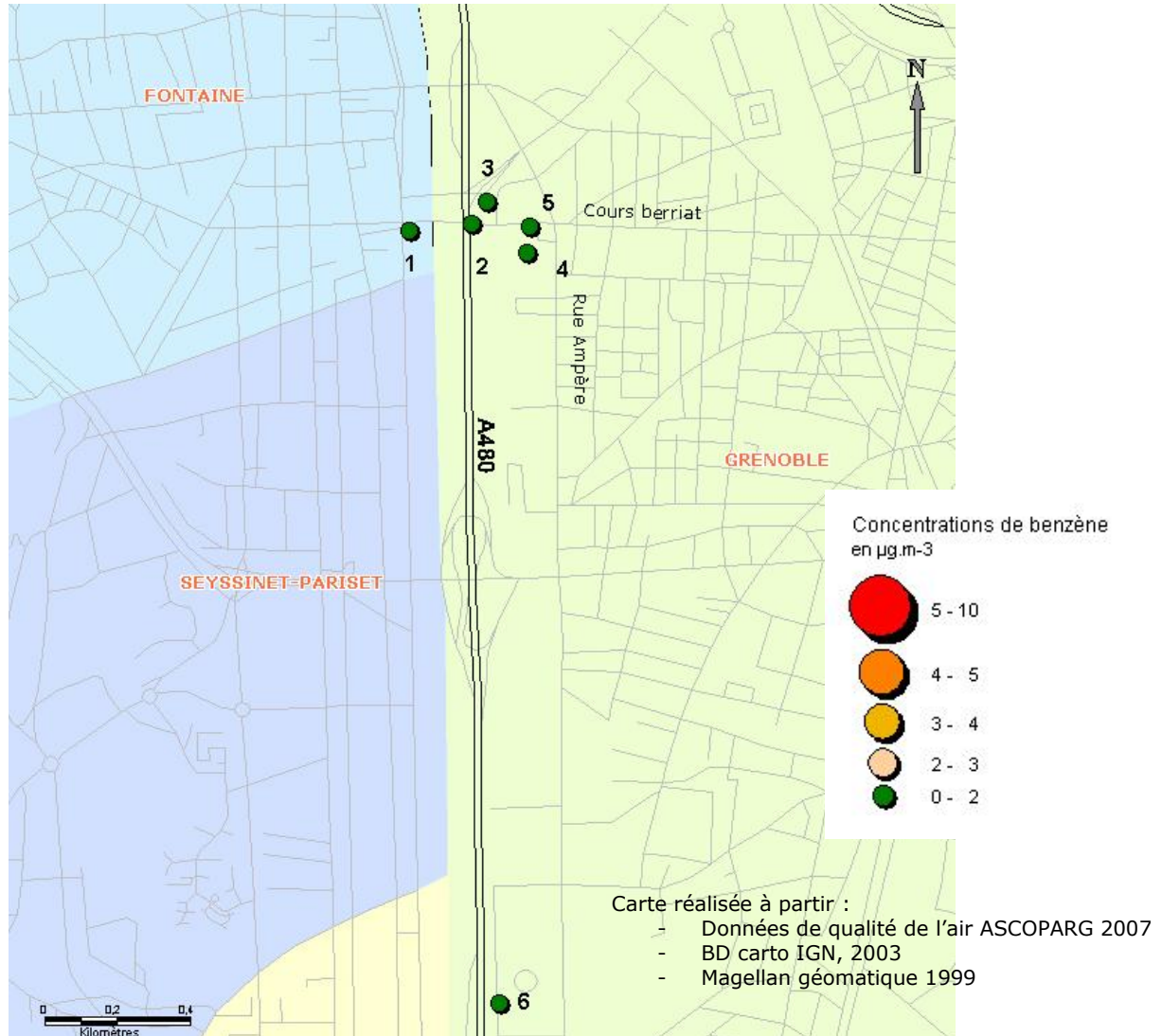
Les calculs montrent que parmi la population de l'ensemble des zones VRU autour de grenoble (soit env. 12 000 personnes habitant à moins de 150 m des voies rapides urbaines), environ 32% est exposée à des concentrations de dioxyde d'azote supérieures à l'objectif de qualité (40 µg.m⁻³), dont 14% exposée à des concentrations supérieures à la valeur limite de 2007 (46 µg.m⁻³).

Voies Rapides Urbaines	Nb de pers exposées	% de pop exposées
CNO ₂ < 40 µg.m ⁻³	8200	69%
40 µg.m ⁻³ < CNO ₂ < 46 µg.m ⁻³	2100	18%
46 µg.m ⁻³ < CNO ₂	1700	14%
Population totale	12000	100%

2. Niveaux de benzène (C₆H₆)

Mesures de benzène à proximité de l'A480 (quartier Bouchayet-Viallet)

La carte et le tableau ci-dessous illustrent les concentrations de benzène en moyenne annuelle¹ observées à différentes distances de l'A480.



<i>n° sites</i>	<i>Nom de Sites</i>	<i>Moy annuelle en µg.m⁻³</i>
1	Quai du Drac	1,8
2	Pont du Drac	1,5
3	Théâtre de création	1,6
4	Bouchayet- Viallet	1,7
5	Square des fusillés	1,5
6	Cité Mistral	1,8
	Le Rondeau	1,9
	Les Frênes	1,2

Concentrations moyennes annuelles de benzène à proximité de l'A480 (2007)

¹ Sur les sites de l'étude : moyennes annuelles estimées à partir des 8 semaines de mesures

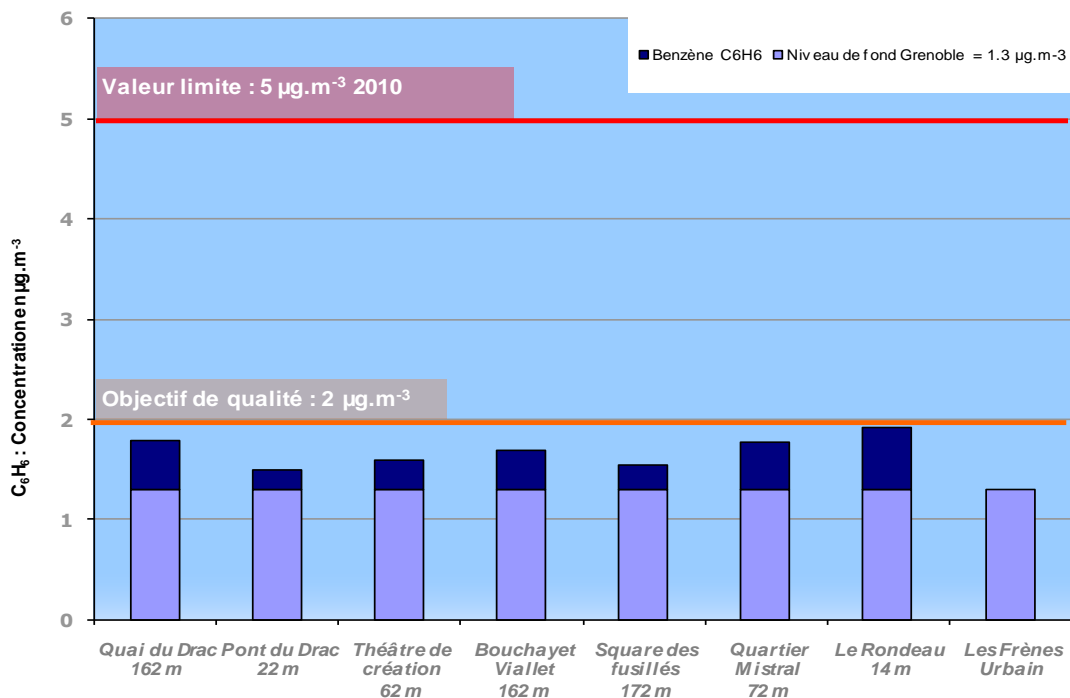
Les concentrations de benzène mesurées à proximité de l'A480 sont modérées.

Aucun des sites de mesures ne dépassent l'objectif de qualité fixé à $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en 2010. Contrairement au dioxyde d'azote, l'ensemble des mesures réalisées ne montre pas de décroissance rapide des concentrations de benzène en fonction de la distance.

A noter que sur le site n°2 « Pont du drac » localisé à environ 10 mètres de l'A480, il manque une semaine de mesures (soit env. 12% des 8 semaines de mesures) ce qui explique que la concentration moyenne estimée est légèrement plus faible ($0,1$ à $0,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ d'écart).

Les niveaux observés sur le site n°1 «Quai du Drac» localisé à 160 mètres de l'axe sont quasi-équivalents à ceux mesurés en parallèle sur le site du Rondeau, ce qui peut laisser présumer de la présence éventuelle d'une ou plusieurs autres sources d'émissions (chauffage au bois, artisanat..).

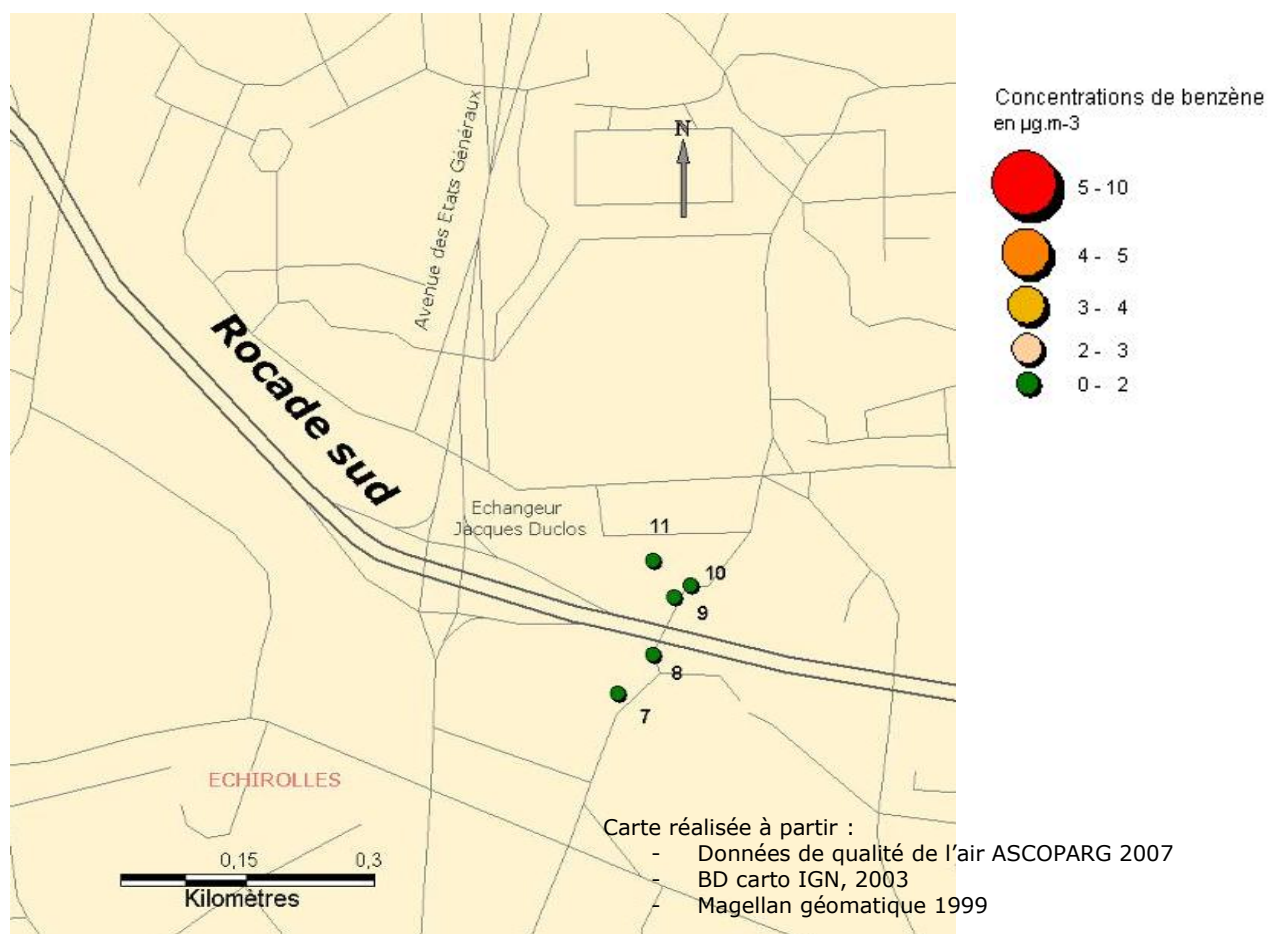
Pour rappel, en termes d'émissions de COV¹, sur l'agglomération grenobloise, le secteur du transport routier ne représente que 13 % (4^{ème} émetteur), derrière les secteurs industriel (47%) et résidentiel tertiaire (34%).



Concentrations moyennes annuelles de benzène à proximité de l'A480 et sur les stations fixes du Rondeau et de Grenoble les Frères

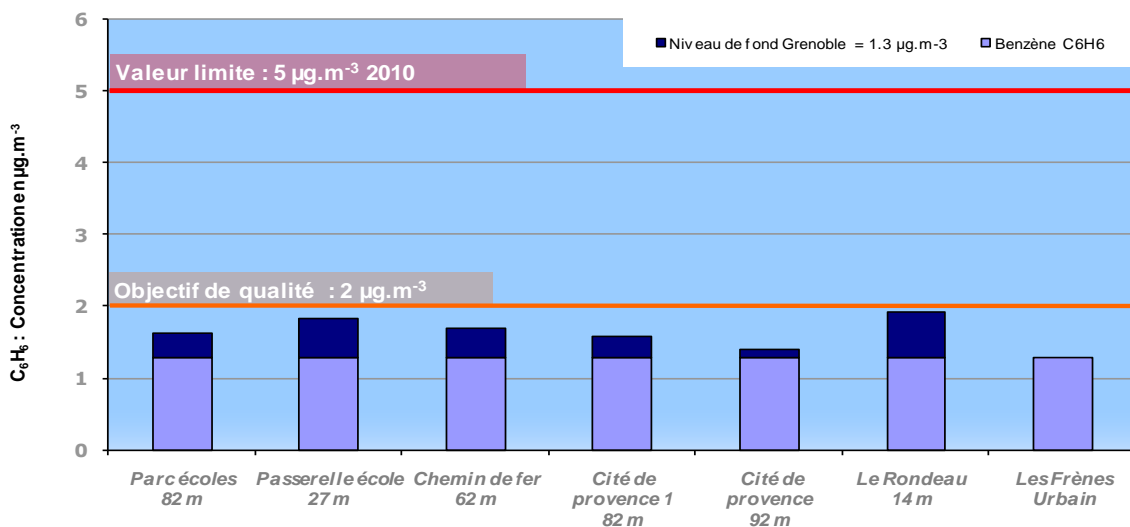
¹ Le Benzène appartient à la famille des Composés Organiques Volatils (notés COV)

Mesures de benzène à proximité de la Rocade sud (Echirolles)



<i>n° sites</i>	<i>Nom de sites</i>	<i>Moy annuelle en $\mu\text{g.m}^{-3}$</i>
7	Parc des écoles	1,6
8	Passerelle des écoles	1,8
9	Chemin de fer	1,7
10	Cité de provence 1	1,6
11	Cité de provence 2	1,4
	Le Rondeau	1,9
	Les Frênes	1,2

Concentrations moyennes annuelles de benzène à proximité de la rocade sud (2007)



Concentrations moyennes annuelles de benzène sur le transect de la Rocade sud

Les niveaux de benzène mesurés à proximité de la rocade sud à Echirolles sont également modérés.

Les concentrations les plus élevées ont été observées sur le site le plus proche de l'axe (1,8 µg.m⁻³ sur le site n°8 «passerelle des écoles») dont les niveaux sont comparables à ceux mesurés sur le site de proximité automobile « Le Rondeau ».

Même si les mesures montrent une certaine diminution progressive des concentrations en s'éloignant de l'axe, elle reste très faible : de 0,1 à 0,2 µg.m⁻³. Avec l'hypothèse qu'aucune autre source de benzène n'est présente sur ce secteur, ces résultats montrent que l'influence seule de la rocade sud sur les concentrations de benzène reste donc très modérée, étant donné les niveaux peu élevés mesurés.

En résumé :

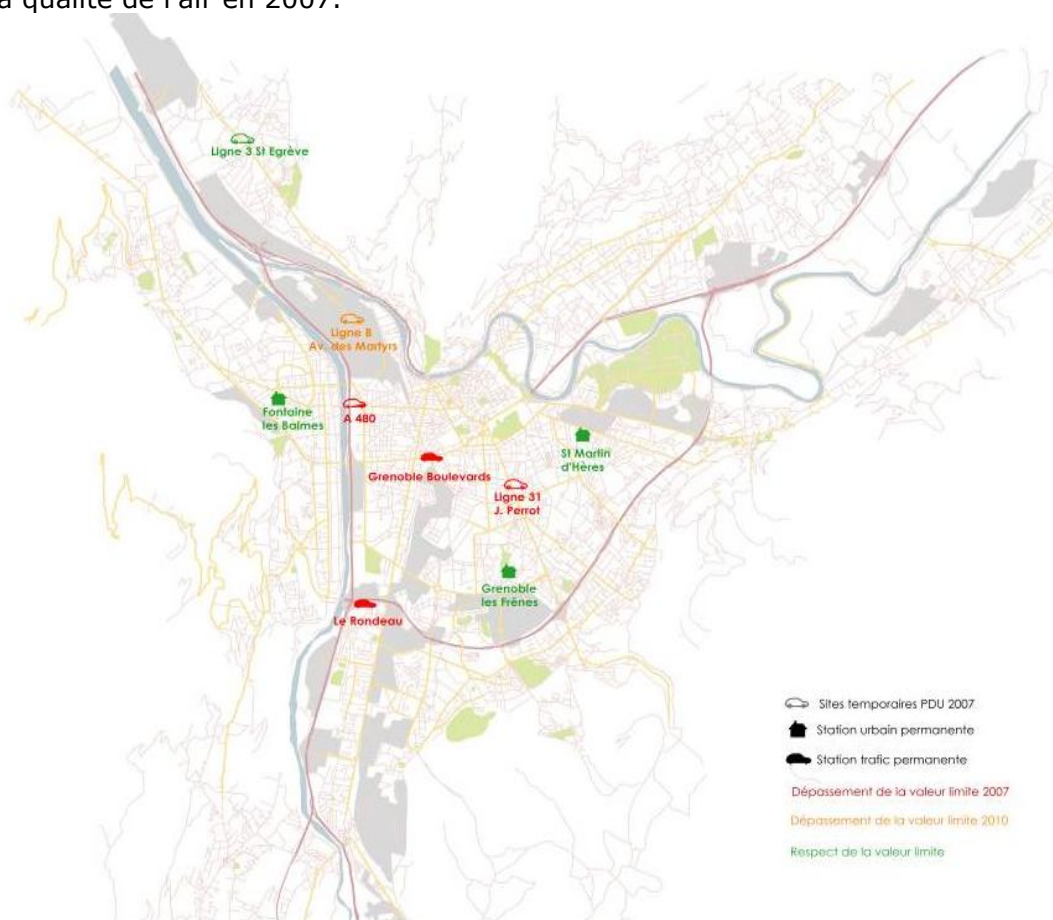
L'ensemble des résultats montrent donc une influence très modérée de l'A480 et de la Rocade Sud sur les niveaux de benzène mesurés.

Conclusions

Conclusion générale

L'observatoire du Plan de Déplacements Urbains, pour lequel des mesures de qualité de l'air sont réalisées ponctuellement depuis 2000 et plus régulièrement depuis 2004, sur plusieurs secteurs de l'agglomération, contribue à l'amélioration des connaissances de l'état de la qualité de l'air sur l'ensemble de l'agglomération grenobloise.

La carte ci-dessous résume la situation vis-à-vis des dépassements de valeurs réglementaires pour le dioxyde d'azote, principal traceur de la pollution liée au trafic automobile, sur les quatre zones de l'agglomération qui ont fait l'objet de surveillance de la qualité de l'air en 2007.



Situation par rapport aux valeurs réglementaires du dioxyde d'azote sur les sites de l'observatoire du PDU 2007 et les sites fixes de surveillance (fond et proximité automobile) de l'ASCOPARG.

Les niveaux de dioxyde d'azote mesurés avenue Jean Perrot sur le tracé de la ligne 31 et quartier Bouchayet-Viallet en proximité de l'A480 à Grenoble sont équivalents à ceux mesurés sur des sites de proximité automobile sur Grenoble et ne sont pas conformes à la valeur limite annuelle à respecter en 2007 ($46 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Les concentrations annuelles observées rue des Martyrs, dans le cadre du projet de prolongement de la ligne B, sont également importantes et dépassent l'objectif de qualité et la valeur limite pour 2010 ($40 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Les autres résultats de mesures par tubes passif et de modélisation confirment l'influence du trafic automobile sur les niveaux de dioxyde d'azote mesurés sur ces trois secteurs de l'agglomération.

Les concentrations mesurées à Saint-Egrève¹ sont équivalentes aux niveaux de fond de l'agglomération grenobloise malgré la proximité du site d'étude par rapport à la voirie. Les niveaux modérés observés semblent liés à l'intensité « moyenne » du trafic de la N75 (6 fois moins élevé que sur le site du Rondeau) mais également à la configuration de la rue qui est favorable à la dispersion des polluants (rue ouverte). Il est probable aussi que ce secteur subisse moins l'influence des émissions de l'agglomération grenobloise que les autres sites, de par son relatif éloignement (environ 7km du centre urbain).

La cartographie des moyennes annuelles de dioxyde d'azote pour 2007, réalisée à partir d'une modélisation à fine échelle (modèle SIRANE), confirme les résultats observés de 2004 à 2006, à savoir : **la qualité de l'air à proximité des voies rapides urbaines et dans l'hyper-centre de Grenoble à proximité des grands axes de circulation, est fortement influencée par le trafic automobile.**

En outre, les niveaux de dioxyde d'azote ne sont pas conformes à l'objectif de qualité ($40 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle) sur une large partie de l'agglomération : les calculs d'estimations de la population exposée au dioxyde d'azote montrent en effet **qu'en 2007, 1 personne sur 3 habitants à proximité des voies rapides urbaines et 1 personne sur 4 en centre-ville sont exposées à un air non conforme à cet objectif de qualité.**

Il faut néanmoins souligner le fait que le pourcentage de population exposée à ce seuil est en baisse comparativement aux années précédentes et que cette tendance se confirme avec les résultats estimés pour 2008.

En effet, une baisse des niveaux de fond en NO_2 est observée depuis 2006. En revanche, les concentrations de NO_2 sur les sites de proximité trafic montrent une évolution plutôt constante, voire une légère tendance à l'augmentation.

Concernant les particules, les niveaux en moyenne annuelle sur l'ensemble des sites de l'observatoire PDU de 2007, sont conformes à la valeur limite annuelle de $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ mais pas à l'objectif de qualité fixé à $30 \mu\text{g.m}^{-3}$. Sur le site à proximité de l'A480 quartier Bouchayet-Viallet, les niveaux sont plus importants que sur les autres sites sondés, avec une moyenne annuelle relativement proche de la valeur limite ($38 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Par contre, pour les trois sites étudiés, il existe un risque fort de dépassement de la valeur limite en moyenne journalière ($50 \mu\text{g.m}^{-3}$ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an). En effet, sur chacun des sites, le nombre de jours de dépassements observés sur les huit semaines de mesure est semblable à celui observé sur un site de référence trafic (« Grenoble-Boulevard ») qui dépasse la valeur limite sur l'ensemble de l'année.

Ce suivi régulier de la qualité de l'air est indispensable pour mettre à jour des indicateurs (ex. du calcul d'exposition de la population) qui permettent de vérifier si les objectifs du PDU 2012 seront atteints.²

En 2008, la surveillance de la qualité de l'air s'est étendue à deux autres secteurs de l'agglomération grenobloise :

- L'axe Meylan-grenoble – tracé de la ligne 6020 et future ligne de tram
- Ligne de tram C (Saint Martin d'Hères –Seyssinet- Pariset)

¹ Les résultats détaillés de cette étude sont présentés dans un autre rapport : « *Projet de requalification de la ligne de bus 3 en ligne de tram E* » (ASCOPARG, 2007) disponible sur www.atmo-rhonealpes.org

² Objectif de baisse du NO_2 pour 2012 = $-12 \mu\text{g.m}^{-3}$

Plus de détails sur les trois secteurs étudiés...

✓ Axe Eybens/Grenoble - Ligne 31

Sur l'ensemble du tracé de la ligne 31, des niveaux importants de NO₂ sont observés, ne respectant ni la valeur limite annuelle de 2007 (46 µg.m⁻³), ni celle préconisée pour 2010 (40 µg.m⁻³). Le site localisé à proximité de la rocade sud se distingue par rapport au reste des résultats de par son exposition à un trafic plus intense (81 µg.m⁻³ en moyenne annuelle, soit 3 fois plus que les niveaux de fond).

Les calculs d'exposition, pour l'ensemble de la population comprise dans un périmètre d'environ 100 mètres (soit environ 5000 pers.) autour du tracé de la ligne 31, montrent qu'environ 30% des personnes sont potentiellement exposées à des concentrations de dioxyde d'azote supérieures à l'objectif de qualité (40 µg.m⁻³), dont 9% sont exposées à des concentrations supérieures à la valeur limite 2007 (46 µg.m⁻³).

Les niveaux de benzène sur l'ensemble du tracé dépassent l'objectif de qualité fixé à 2 µg.m⁻³ en 2010. En revanche, les concentrations les plus élevées en benzène ne s'observent pas systématiquement sur les sites les plus exposés au trafic, ce qui laisse supposer que d'autres sources influent sur les niveaux de benzène mesurés dans ce secteur urbanisé.

Ces résultats ont permis également d'étudier l'évolution de la qualité de l'air entre l'année 2000 et 2007, dans le périmètre d'influence de la ligne 31 suite aux travaux effectués sur ce tracé (aménagement de la voirie, prolongement de la voie de bus).

En comparaison de l'étude réalisée en 2000/2001, les concentrations de dioxyde d'azote et de benzène mesurées pendant la campagne de mesures de l'été 2007 sont moins élevées et plus particulièrement sur les sites localisés sur la commune d'Eybens et les sites dits de « fond » (éloignés de la route principale), en lien probable avec l'amélioration générale de la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise, en ce qui concerne ces polluants et les aménagements effectués sur cette ligne de bus. Une augmentation des concentrations de NO₂ est observée uniquement sur le site localisé à proximité de la rocade sud.

Concernant les particules, les niveaux à proximité de l'axe de la ligne 31 sont importants, car équivalents¹ à ceux mesurés en proximité automobile sur d'autres sites de l'agglomération. Par ailleurs, aucune évolution n'est observée entre 2000 et 2007.

✓ Secteur « polygone scientifique » - Extension Ligne B du tramway

Sur le futur tracé d'extension de la ligne B du tramway, les niveaux de dioxyde d'azote sont assez élevés, avec des valeurs encore supérieures aux valeurs réglementaires sur pratiquement tous les sites de mesures. Les concentrations sont assez homogène, avec cependant une légère augmentation pour le NO₂ sur les sites les plus proches du quartier « Europole » à Grenoble. Sur l'ensemble du secteur « polygone scientifique », les niveaux de NO₂ restent élevés en raison très probablement de l'influence du trafic automobile des deux axes autoroutiers à proximité.

Les calculs d'exposition montrent que, parmi la population comprise dans un périmètre d'environ 100 mètres autour du futur tracé de prolongement de la ligne B (soit environ 150 pers.), environ 8% sont potentiellement exposées à des concentrations de dioxyde d'azote supérieures à l'objectif de qualité prévue en 2010 (40 µg.m⁻³), dont un peu moins de 2% sont exposées à des concentrations supérieures à la valeur limite 2007 (46 µg.m⁻³).

¹ En nombre de dépassements de la valeur limite journalière pour la protection de la santé (cf annexe 5)

Les concentrations de benzène sur l'ensemble du domaine d'étude sont proches des niveaux de fond, à l'exception d'un site à proximité d'une station essence, ce qui montre une faible influence du trafic automobile sur les niveaux de benzène sur ce secteur.

✓ **Proximité des « voies rapides urbaines » - A 480 et Rocade Sud**

Les niveaux de dioxyde d'azote mesurés à proximité de l'A480 sont importants et ne respectent ni la valeur limite annuelle de 2007 ($46 \mu\text{g.m}^{-3}$), ni celle préconisée pour 2010 ($40 \mu\text{g.m}^{-3}$). Même si une décroissance des concentrations est observée en s'éloignant de l'axe, les niveaux mesurés à 50-60 mètres restent encore élevés et plus particulièrement du côté est en raison de moins bonnes conditions de dispersions. Par ailleurs, les niveaux peuvent être supérieurs au fond urbain jusqu'à environ 150 mètres des voies de circulation.

Les niveaux de NO_2 mesurés sur le transect de la rocade sud sont moins élevés que ceux observés à proximité de l'A480, mais ils restent importants au regard des valeurs réglementaires.

Les calculs d'exposition, pour la population habitant à moins de 150 m des voies rapides urbaines (soit environ 12 000 pers.), montrent qu'environ 32% sont potentiellement exposées à des concentrations de dioxyde d'azote supérieures à l'objectif de qualité ($40 \mu\text{g.m}^{-3}$), dont 14% sont exposées à des concentrations supérieures à la valeur limite de 2007 ($46 \mu\text{g.m}^{-3}$).

Les voies rapides urbaines (A480 et Rocade Sud) ont donc un fort impact sur leur environnement proche (dans une bande de 0-20 mètres), mais également à une distance assez éloignée de l'axe (de 20 à 80m, voire jusqu'à environ 150 m).

Les résultats de benzène montrent en revanche une faible influence des voies rapides urbaines pour les sites de proximité sur les deux tronçons où les niveaux ont été mesurés.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Implantation des sites de mesures par laboratoire mobile

Site de mesures par laboratoire mobile		
Nom du site		
<p>Ligne 31 : Avenue Jean Perrot Grenoble</p> <p>Code site : SMTC2007_ligne 31_05</p> <p>Nom du site : Centre social bajtière</p> <p>Typologie du site de mesures : Proximité automobile : (influence de l'avenue Jean Perrot)</p>	 <p>Localisation du camion laboratoire été 2000</p>	 <p>Localisation de la remorque laboratoire Rlab2_ASC en 2007</p>
<p>Ligne B : Rue des Martyrs Grenoble</p> <p>Code site : SMTC2007_ligne B_05</p> <p>Nom du site : Laboratoire CORIOLIS</p> <p>Typologie du site de mesures : Proximité automobile : (influence de la rue des Martyrs)</p>		
<p>A480 Quartier Bouchayet- Viallet Grenoble</p> <p>Code site : SMTC2007_A480/RS_03</p> <p>Nom du site : Théâtre de création</p> <p>Typologie du site de mesures : Proximité automobile : (influence de l'A480)</p>		

ANNEXE 2 : Identification des sites de mesures




Code du site	Nom du site	Type mesures	Environnement du site
SMTC_2007_ligne31_01	Bâtiment rouge	tube	Trafic
SMTC_2007_ligne31_02	Les Roses	tube	Trafic
SMTC_2007_ligne31_03	Ecole Saint François des Sales (T)*	tube	Fond urbain
SMTC_2007_ligne31_04	Chemin vieux (T)	tube	Fond urbain
SMTC_2007_ligne31_05	Centre social la Bajatière	MOB et tube	Trafic
SMTC_2007_ligne31_06	Portail doré	tube	Trafic
SMTC_2007_ligne31_07	Maison rose 49 Jean Perrot	tube	Trafic
SMTC_2007_ligne31_08	Parc municipal (T)	tube	Fond urbain
SMTC_2007_ligne31_09	Pont rocade sud	tube	Trafic
SMTC_2007_ligne31_10	Le Muret	tube	Trafic
SMTC_2007_ligne31_11	Place du 11 novembre	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_01	Début extension ligne B	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_02	Face panneau AVIPAR	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_03	SAGEIS	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_04	Station essence	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_05	Laboratoire CORIOLIS	MOB et tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_06	Terminus extension ligne B	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_07	ST microélectronique	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_08	Stade SNCF (T)	tube	Fond urbain
SMTC_2007_ligneB_09	Cité Jean Macé (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_10	CEA parking (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_11	CEA prox A480 (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_01	Quai du Drac (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_02	Pont du Drac (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_03	Théâtre de création	MOB et tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_04	Bouchayet- Viallet	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_05	Square des fusillés (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_06	Cité Mistral	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_07	Parc des écoles (T)	tube	Fond urbain
SMTC_2007_ligneA480/RS_08	Passerelle des écoles (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_09	Chemin de fer (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_10	Cité de provence 1 (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_11	Cité de provence 2 (T)	tube	Trafic

Sites de mesures par laboratoire mobile et tubes à diffusion
 *(T) = Transect

ANNEXE 3 : Sites fixes de mesures de l'ASCOPARG pris en référence pour l'étude

Sites fixes de mesures d'ASCOPARG en 2007		
<p>Rondeau Echirolles Typologie du site de mesures : <i>Proximité automobile (Référence Rocade Sud)</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ CO ■ PM₁₀, PM_{2.5} ■ C₆H₆
<p>Grenoble Boulevards Typologie du site de mesures : <i>Proximité automobile</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ CO ■ PM₁₀
<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 Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ PM₁₀, PM_{2.5} ■ C₆H₆ (+ HAP¹) ■ SO₂ ■ O₃ ■ Métaux lourds
<p>Fontaine les Balmes Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ PM₁₀ ■ SO₂ ■ O₃
<p>Saint-Martin d'Hères Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ PM₁₀ ■ SO₂ ■ O₃
<p>Une station " urbaine " permet de suivre l'exposition moyenne de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dans les centres urbains.</p>		

¹ HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (exemple de HAP : le benzo[a]pyrène)

<p>Versoud Typologie du site de mesures : <i>Péri-urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ O₃
<p>Voreppe Typologie du site de mesures : <i>Péri-urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ O₃
<p>Une station " péri-urbaine " permet de suivre l'exposition moyenne de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique à la périphérie du centre urbain.</p>		
<p>Charavines Typologie du site de mesures : <i>Rural</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ O₃
<p>Une station " rurale " permet le suivi de la qualité de l'air en zone rurale, afin d'évaluer l'exposition des écosystèmes et de la population à la pollution atmosphérique, notamment photochimique, à l'échelle régionale.</p>		

ANNEXE 4 : Les unités statistiques employées

Définitions

La surveillance de la qualité de l'air vise à mesurer la concentration des polluants gazeux ou particulaires dans l'air ambiant. Cette concentration s'exprime en unité de masse par unité de volume d'air prélevé ramenée aux conditions normales de température (20°C) et de pression (1 atm). Les unités les plus couramment utilisées sont le **microgramme par mètre cube ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)**, soit le millionième de gramme par mètre cube.

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

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

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

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

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

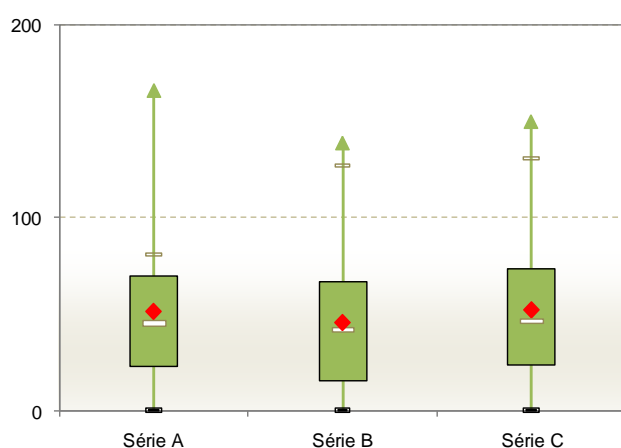
- **Percentile 98** = valeur dépassée par seulement 2% des données de la série statistique.

Le percentile 98, comme la valeur maximale, est un indice du taux de pointe de pollution.

- **Percentiles 25 (P25), 50 (P50), 75 (P75)** (ou Quartiles) = valeur dépassée par exactement 25% (premier quartile), 50% (deuxième quartile ou Médiane), 75% (troisième ou dernier quartile) des données de la série statistique.

La médiane est souvent utilisée dans la détermination des valeurs guides ou des valeurs limites. Le premier et dernier quartile peuvent être utilisés comme repères statistiques (voir ci-après).

Représentation statistique



La représentation des résultats statistiques utilisée dans cette étude affiche pour chaque série de données :

- ✓ Le 1^{er} quartile (P25) et le 3^{ème} quartile (P75) : bords inférieurs et supérieurs de la boîte rectangulaire verte

La hauteur de cette boîte (l'écart interquartile) est un bon indicateur de la dispersion des résultats puisqu'elle contient 50% des données.

- ✓ La médiane (P50) : long trait horizontal situé dans la boîte
- ✓ La moyenne représentée par un signe \diamond

Représentation statistique des séries de données

ANNEXE 5 : Les valeurs réglementaires

Définition

Les niveaux mesurés sur les différents sites de cette étude sont comparés aux valeurs fixées par la réglementation française et européenne (voir document sur les polluants et la réglementation disponible sur le site Internet : <http://www.atmo-rhonealpes.org>).

Les seuils fixés par ces textes réglementaires sont définis ci-dessous :

Seuil d'information et de recommandations : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles, et à partir duquel des informations actualisées doivent être diffusées à la population.

Seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de toute la population (ou un risque de dégradation de l'environnement) à partir duquel des mesures d'urgence et d'information du public doivent être prises.

Valeur limite pour la protection de la santé : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement. En cas de dépassement, la réglementation prévoit la mise en place de plans d'actions (PDU¹, PPA,...) afin d'essayer de réduire les émissions et de respecter ces valeurs, dans une période donnée.

Objectif de qualité : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement. Il s'agit d'une valeur de confort (valeur guide ou valeur cible), ou d'un objectif de qualité de l'air à atteindre, si possible, dans une période donnée.

¹ PDU : Plan de Déplacements Urbains ; PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

Valeurs réglementaires concernant le dioxyde d'azote (NO₂)

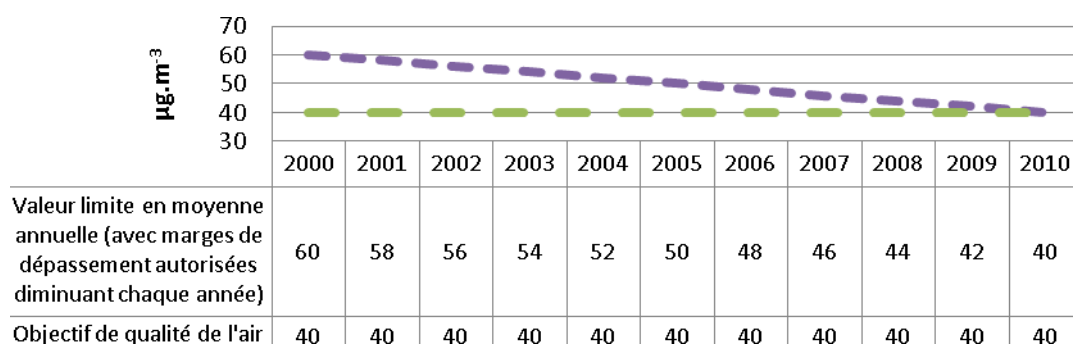
La réglementation définit pour le dioxyde d'azote (NO₂) plusieurs valeurs à respecter :

La réglementation fixe pour le dioxyde d'azote un **objectif de qualité** à 40 µg.m⁻³ en moyenne annuelle. Elle fixe aussi une **valeur limite pour la protection de la santé** qui devra correspondre au seuil de 40 µg.m⁻³ défini pour l'objectif de qualité en 2010. Avant cette date des marges de dépassement de la valeur limite sont autorisées (46 µg.m⁻³ en 2007).

	Valeur à respecter en µg .m ⁻³	Période de calcul
Seuil d'information et de recommandations	200	Moyenne horaire
Seuil d'alerte	400	Moyenne horaire
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine en moyennes horaires	200	Centile 98 des moyennes horaires (175 heures de dépassements)
	230	Centile 99,8 des moyennes horaires (175 heures de dépassements)
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine en moyenne annuelle	46	Moyenne annuelle en 2007
	40	Moyenne annuelle en 2010
Objectif de qualité	40	Moyenne annuelle

Principales valeurs réglementaires concernant le dioxyde d'azote (NO₂)

C'est la deuxième **valeur limite pour la protection de la santé humaine** (46 µg.m⁻³ en moyenne annuelle) et **l'objectif de qualité** (40 µg.m⁻³ en moyenne annuelle) qui ne sont pas respectés sur le site de Valence Trafic en 2007.



Evolution des valeurs réglementaires concernant le dioxyde d'azote entre 2000 et 2010

NB 1: Pour le monoxyde d'azote (NO), il n'existe pas de valeurs réglementaires. Concernant ce polluant, il n'y a qu'une valeur limite en moyenne annuelle pour les oxydes d'azote (NO₂ + NO en équivalent NO_x).

NB 2: Les valeurs de tous les seuils réglementaires sont régulièrement réévaluées pour prendre en compte des résultats d'études médicales et/ou épidémiologiques.

Valeurs réglementaires concernant les particules en suspension

La réglementation définit pour les particules en suspension de taille inférieure à 10 microns (PM₁₀) plusieurs valeurs à respecter :

Seuils réglementaires	Valeur à respecter en µg .m ⁻³	Période de calcul
Seuil d'information et de recommandations	80	Moyenne sur 24h
Seuil d'alerte	125	Moyenne sur 24h
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	50	Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
	40	Moyenne annuelle
Objectif de qualité	30	Moyenne annuelle

Principales valeurs réglementaires concernant les particules en suspension

Pour la **valeur limite pour la protection de la santé**, la moyenne journalière est calculée à partir des 24 mesures horaires de la journée.

Concernant les **seuils d'information et de recommandations** ainsi que le **seuil d'alerte**, la moyenne sur 24h est calculée chaque jour (J) à 16h, à partir des 24 mesures horaires entre (J-1) 17h et (J) 16h (règles de déclenchement fixées par arrêté préfectoral).

ANNEXE 6 : Le modèle SIRANE

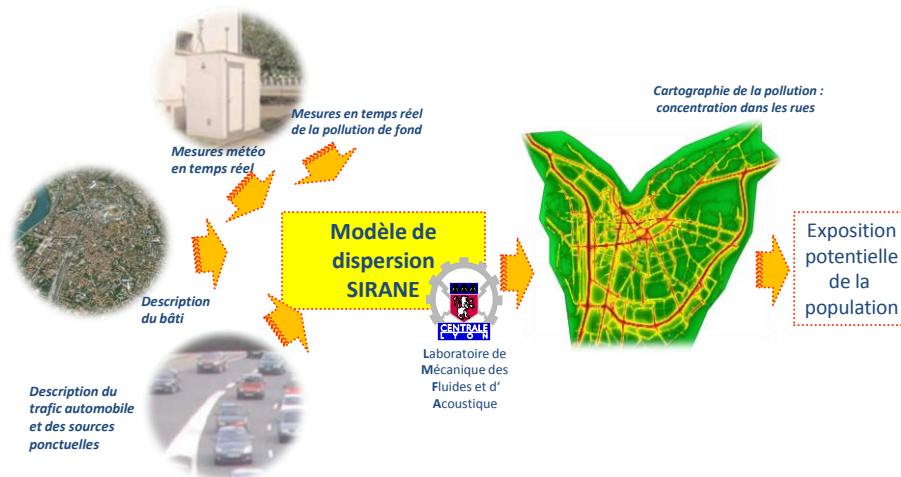
Le modèle SIRANE est développé au Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique de l'Ecole Centrale de Lyon. Les travaux de recherche qui ont conduit au développement de ce modèle ont été réalisés dans le cadre de la thèse de L.Soulhac¹.

Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle d'un quartier (échelle de l'ordre de 1km). Il permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones constituées essentiellement de rues bordées de bâtiments.

Le modèle couvre une échelle spatiale située entre l'échelle de la rue, où l'on s'intéresse plutôt à la répartition des polluants à l'intérieur même de cette rue, et l'échelle de l'agglomération, où il n'est plus possible de modéliser explicitement l'effet de chaque bâtiment. Il permet donc de fournir une cartographie de la pollution à l'échelle d'un quartier. D'un point de vue temporel, SIRANE est adapté à des échelles caractéristiques de l'ordre de l'heure. Le modèle traite différents types d'émissions à l'aide de sources linéiques (représentant par exemple une voie de circulation) et de sources ponctuelles (par exemple une cheminée).

Le modèle SIRANE permet de prendre en compte les principaux effets qui agissent sur la dispersion des polluants à l'échelle d'un quartier :

- Phénomènes de rue-canyon (confinement des polluants entre les bâtiments)
- Echange des polluants au niveau des carrefours
- Transport des polluants au-dessus des toits
- Prise en compte des caractéristiques du vent extérieur (vitesse, direction, turbulence, stabilité thermique)
- Modélisation de transformations chimiques simples (cycle de Chapman NO NO₂ O₃)
- Modélisation de la dispersion des particules
- Modélisation du lessivage par les précipitations



Principe de fonctionnement de la modélisation avec SIRANE

SIRANE est un outil « opérationnel », qui utilise des modèles théoriques et des formulations simplifiées des différents phénomènes. Il est donc adapté au traitement d'un grand nombre de rues dans un temps de calcul très limité.

¹ Nous ne présentons ici qu'une description succincte du modèle. Pour plus de détails, se reporter aux ouvrages suivants :

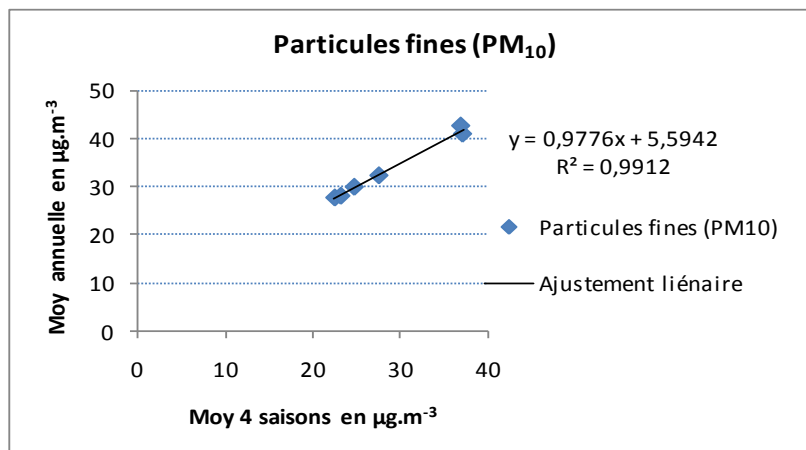
Soulhac L. 2000 : Modélisation de la dispersion atmosphérique à l'intérieur de la canopée urbaine, Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Lyon.

Soulhac L.2003 : Notice d'utilisation du modèle SIRANE version 1.13, LMFA, Ecole Centrale de Lyon

ANNEXE 7 : Redressement statistique des poussières

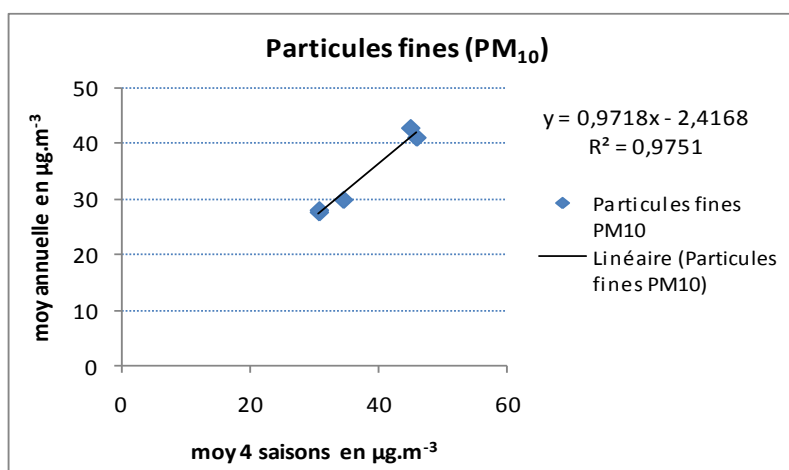
Pour une meilleure estimation de la moyenne annuelle, les moyennes sur 8 semaines de PM₁₀, ont été redressées à partir des données des stations de référence, sur le site de la ligne 31 (env. - 3 µg.m⁻³) et sur le site de l'A480 (env. +5 µg.m⁻³).

- ✓ Ajustement linéaire pour la correction des données PM₁₀ sur le site « **Théâtre de Création** » étude **A480** : **a = 0,9776** et **b = 5,5942**; **x=33** et **y = 38**



PM ₁₀ totales	Moy annuelle	Moy 4 campagnes
Stations de mesures		
St-Martin d'Hères	30	25
Grenoble les Frênes	28	22
Fontaine les Balmes	28	23
Le Rondeau	41	37
Grenoble boulevard	43	37
Théâtre de Création	38	33

- ✓ Ajustement linéaire pour la correction des données PM₁₀ sur le site « **CS Bajatière** » ligne **31** : **a = 0,9718** et **b = -2,4168**; **x=38** et **y = 35**



PM ₁₀ totales	moy annuelle	moy 4 campagnes
Stations de mesures		
St Martin d'Hères	30	34
Grenoble les Frênes	28	31
Fontaine les Balmes	28	31
Le Rondeau	41	46
Grenoble boulevard	43	45
CS Bajatière	35	38