



Evaluation de la qualité de l'air 2005-2008 sur le tracé de la ligne 6020

Axe Grenoble-Meylan



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



L'association ASCOPARG fait partie du dispositif français de surveillance et d'information de la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application notamment le décret 98-361 du 6 mai 1998 relatif à l'agrément des organismes de surveillance de la qualité de l'air.

A ce titre, elle est garante de la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

Conditions de diffusion :

- Les données recueillies tombent dès leur élaboration dans le domaine public. Le rapport d'étude est mis à disposition sur www.atmo-rhonealpes.org, un mois après validation interne.
- Les données contenues dans ce document restent la propriété de l'association. Données non rediffusées en cas de modification ultérieure des données.
- Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit y faire référence en ces termes : « ***Evaluation de la qualité de l'air 2005-2008 sur le tracé de la ligne 6020 – Axe Grenoble-Meylan ASCOPARG, 2010*** ».
- L'association n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

Edition du : 15/02/2011

Résumé

La ligne de bus 6020 a été mise en place en 2005 afin d'assurer une liaison rapide entre le cœur de Grenoble et les communes voisines situées dans la vallée du Grésivaudan, au nord-est de l'agglomération. Cette ligne emprunte l'axe principal d'entrée/sortie à l'est de l'agglomération grenobloise, avec une circulation automobile particulièrement dense aux heures de pointe. Selon une évaluation du PDU¹ grenoblois, la fréquentation de cette ligne a augmenté depuis 2005, notamment sur la partie entre Meylan et Grenoble, mais avec un faible report des usagers qui utilisaient leur voiture auparavant (environ 5%).

En 2005, des premières mesures de qualité de l'air avaient été réalisées avant la mise en place de la ligne dans l'objectif d'établir un état initial de la qualité de l'air. Les résultats montraient une influence du trafic automobile sur la zone d'étude, avec des niveaux non conformes à certaines valeurs réglementaires notamment pour le dioxyde d'azote (NO₂) sur le segment reliant la commune de Meylan au centre-ville de Grenoble.

En 2008, les mesures ont été reconduites dans l'objectif de dresser un bilan de la qualité de l'air après la mise en place de la ligne 6020. L'objectif sous-jacent étant d'évaluer l'influence de la mise en place de cette ligne sur la qualité de l'air et sur l'exposition des populations riveraines.

Les résultats montrent une certaine amélioration de la qualité de l'air entre 2005 et 2008 sur l'ensemble du tracé de la ligne 6020. Mais, a priori, cette tendance est observée à l'échelle de l'agglomération grenobloise et ne semble donc pas liée spécifiquement à la mise en place de la ligne 6020.

Comme en 2005, les mesures de NO₂ réalisées en 2008 indiquent une influence notable du trafic automobile, notamment sur la partie du tracé située le long de la RN 90 jusqu'au centre-ville de Grenoble, et plus particulièrement au niveau des carrefours (Bd Maréchal Lyautet, RN 90 sortie bd Chantourne, carrefour de la Carronnerie).

En outre, cette étude montre que les niveaux moyens de NO₂ et de particules fines (PM₁₀) ne sont toujours pas conformes aux objectifs de qualité.

Les résultats de modélisation croisés avec les données de population ont permis de calculer le nombre de personnes potentiellement exposées à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité (40 µg.m⁻³, également valeur limite en 2010). Ce chiffre représente 40% des riverains habitant à moins de 50 mètres du tracé de la ligne 6020 (soit environ 1600 personnes) et environ 15% sur la portion du tracé la moins urbanisée comprise entre Meylan et la boucle des Sablons (soit une personne sur six).

Ce rapport montre donc qu'il convient d'être prudent sur les futurs projets d'urbanisme à l'intérieur de ce secteur, car toute urbanisation en proximité de voirie sera susceptible d'exposer de nouvelles populations à un air non-conforme à la réglementation française et européenne.

¹ Plan de Déplacement Urbain

Sommaire

Résumé	3
Introduction	5
1. Evaluation de la qualité de l'air en 2008 sur le tracé de la ligne 6020 (Grenoble-Meylan)	6
1. METHODOLOGIE ADOPTEE.....	6
<i>Localisation des sites de mesures</i>	6
<i>Périodes de mesures</i>	9
<i>Représentativité des périodes de mesures</i>	10
2. LES OXYDES D'AZOTES (NOX)	12
<i>Les émissions de NOx</i>	12
<i>Niveaux mesurés en 2008 et situation vis-à-vis de la réglementation</i>	15
<i>Répartition spatiale du dioxyde d'azote</i>	20
<i>Calculs d'exposition de la population au NO₂ en proximité automobile</i>	24
3. LES PARTICULES EN SUSPENSION	27
<i>Les émissions de PM₁₀ dans l'agglomération grenobloise</i>	27
<i>Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation</i>	28
4. LE MONOXYDE DE CARBONE (CO)	30
<i>Les émissions de CO dans l'agglomération grenobloise</i>	30
<i>Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation</i>	30
5. LE DIOXYDE DE SOUFRE	32
<i>Les émissions de dioxyde de soufre dans l'agglomération grenobloise</i>	32
<i>Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation</i>	32
6. BTX BENZENE, TOLUENE, XYLENES	33
<i>Les émissions de COV dans l'agglomération grenobloise</i>	33
<i>Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation</i>	33
2. Evolution des niveaux de polluants sur la zone d'étude	37
<i>Evolution des niveaux de polluants par rapport à 2005</i>	37
Conclusion	43
ANNEXES	44
ANNEXE 1 : <i>Implantation des sites de mesures par laboratoire mobile</i>	44
ANNEXE 2 : <i>Identification des sites de mesures en 2005 et 2008</i>	45
ANNEXE 3 : <i>Sites fixes de mesures de l'ASCOPARG pris en référence pour l'étude</i>	47
ANNEXE 3 : <i>Sites fixes de mesures de l'ASCOPARG pris en référence pour l'étude</i>	47
ANNEXE 4 : <i>Les unités statistiques employées</i>	49
ANNEXE 5 : <i>Les valeurs réglementaires</i>	50
ANNEXE 6 : <i>Le modèle SIRANE</i>	54
ANNEXE 7 : <i>Les données météorologiques</i>	56
ANNEXE 8 : <i>Techniques de mesures</i>	61
ANNEXE 9 : <i>Redressement statistique des poussières</i>	64

Introduction

En septembre 2005, la ligne de transport en commun 6020 a été mise en place afin d'assurer une liaison rapide entre la gare routière de Grenoble et le lycée du Grésivaudan de Meylan. La mise en œuvre de ce projet a nécessité certains aménagements comme la création d'une voie réservée et de 6 arrêts supplémentaires sur la RD 1090. Cet axe constitue un des points principaux d'entrée à l'est de l'agglomération grenobloise, regroupant le trafic de la vallée du Grésivaudan et les déplacements entre Grenoble et les communes voisines à l'est de l'agglomération (la Tronche, Meylan, Corenc, Montbonnot Saint-Martin). La circulation automobile y est donc dense (trafic moyen journalier annuel sur la RD1090 : 65 000 véh/jour en 2007).

Dans le cadre de l'observatoire des déplacements du PDU Grenoblois et du partenariat SMTC/ASCOPARG, des mesures de qualité de l'air avaient été réalisées en 2005 avant la mise en place de la ligne dans l'objectif d'établir un état initial de la qualité de l'air. Cette étude qui regroupait 18 sites de mesures entre Meylan et Grenoble, a montré que les concentrations de NO₂ mesurées en proximité automobile, augmentaient lorsqu'on se dirige de Meylan vers le centre de l'agglomération et qu'ils n'étaient pas conformes à l'objectif de qualité pour le dioxyde d'azote sur le segment carrefour de la Carronnerie-centre de Grenoble.

En 2008, les mesures ont été reconduites dans l'objectif de dresser un bilan de la qualité de l'air, après la mise en place de la ligne 6020, avec un dispositif de mesures quasi équivalent à celui de 2005.

Parallèlement à ces mesures, durant l'année 2008, une phase d'étude préalable visant à étudier une future implantation de ligne de Tram sur ce tracé a été engagée pour remplacer l'actuelle ligne de bus. Ce projet intégrant des modifications de l'environnement (habitat, voirie), un travail d'évaluation prospective de la qualité de l'air à l'aide du modèle de qualité de l'air opérationnel sur l'agglomération a été ajouté aux mesures de pollution programmées. Cette projection à l'horizon 2014, devant s'appuyer sur des scénarii de tracés, n'est pas réalisée au jour de la publication de ce rapport car des discussions sont encore en cours sur les choix possibles entre tramway ou ligne de bus à haut niveau de service.

La présente étude a ainsi pour principaux objectifs :

- De dresser un bilan de la qualité de l'air, après la mise en place de la ligne 6020, en établissant une comparaison entre 2005 et 2008.
- D'évaluer l'influence possible de la mise en place de la ligne 6020 sur la qualité de l'air, sur l'exposition des populations riveraines.

1. Evaluation de la qualité de l'air en 2008 sur le tracé de la ligne 6020 (Grenoble-Meylan)

1. Méthodologie adoptée

Afin d'avoir une vision globale de la qualité de l'air sur la zone d'étude, des mesures ont été implantées le long du tracé ou pour former des transects¹. Ces mesures réalisées à l'aide de capteurs légers (tubes) fournissent une information sur les niveaux moyens de dioxyde d'azote (NO₂) et de benzène (C₆H₆). Parallèlement, une étude plus complète des polluants réglementés (NO₂, PM₁₀, CO) a été réalisée sur un ou plusieurs points précis du tracé. Ces mesures réalisées à partir de station mobile fournissent des données en continu au pas de temps horaire. Elles permettent ainsi d'évaluer les niveaux d'exposition vis-à-vis des valeurs réglementaires de la population habitant à proximité.

Localisation des sites de mesures

Dispositif spécifique à l'étude (cf carte suivante)

La première étude le long du tracé entre Meylan et Grenoble regroupait 18 sites de mesures, dont deux équipés avec une station mobile : l'un situé au carrefour de la Carronnerie et l'autre avenue de Verdun à proximité du rond point du Grésivaudan. Compte tenu d'une certaine homogénéité des résultats et des niveaux modérés² observés en 2005 sur le segment avenue de Verdun-Rond point du Grésivaudan, seul un site de mesure en continu a été conservé. Il s'agit du site localisé carrefour de la Carronnerie qui présentait les niveaux de polluants les plus élevés. Il est à noter que certains sites de mesures de 2005 n'ont pu être utilisés ou ont dû être déplacés pour des raisons d'accessibilité ou de modifications de voirie (suppression du point n° 5, déplacement des sites n°1 et 12).

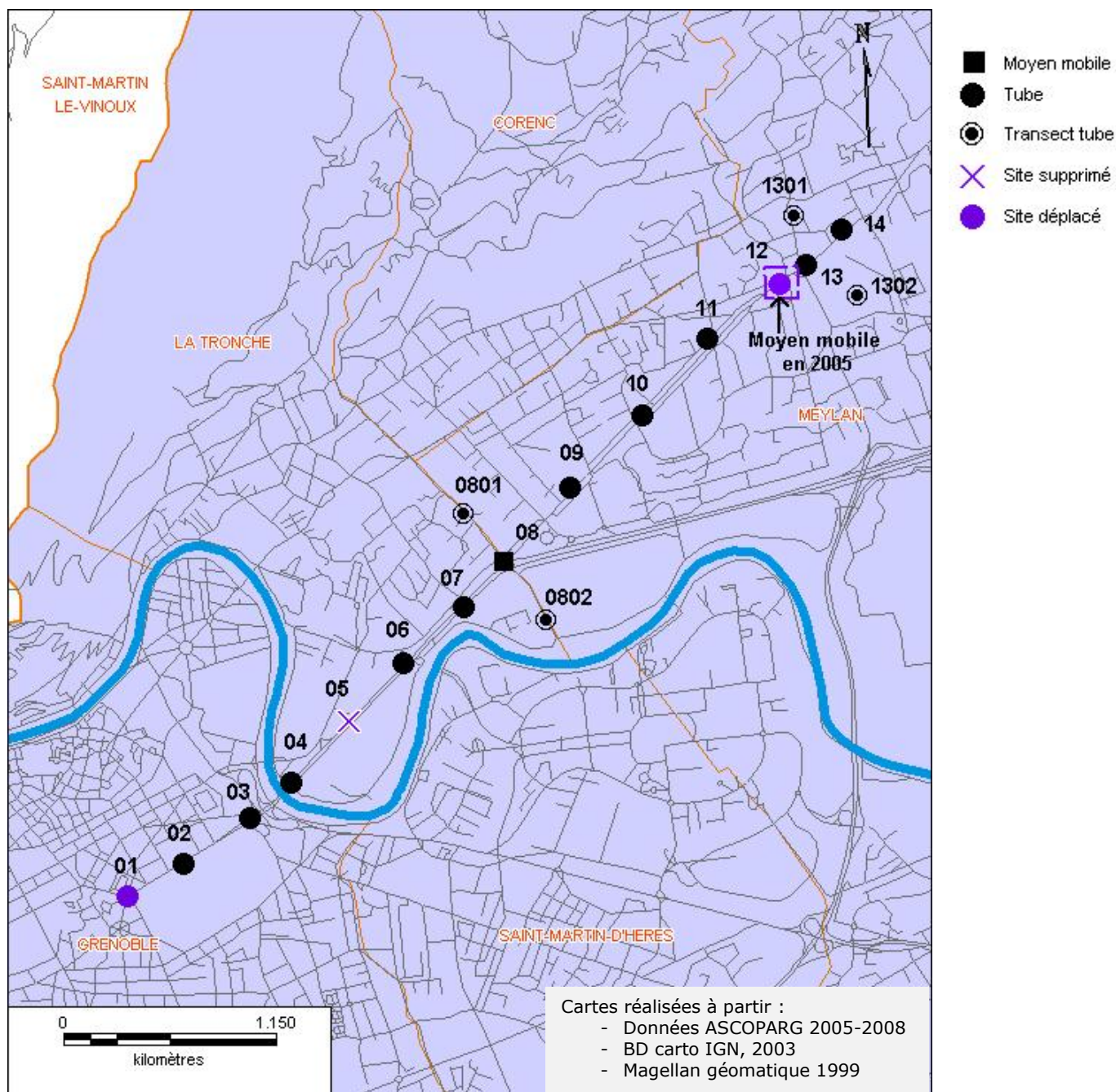
Comme en 2005, deux transects ont été réalisés : l'un au niveau du carrefour de la Carronnerie et l'autre à proximité du rond point du Grésivaudan, avec deux points de mesures distants d'environ 300 mètres de l'axe du tracé de la ligne 6020.

Par ailleurs, la zone d'étude bénéficie pour l'année 2008 de résultats modélisés et cartographiés de concentrations (modèle SIRANE) permettant de compléter les mesures réalisées sur le terrain. Ces données sont disponibles pour les concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote.

¹ Série de mesures transversales permettant d'apprécier la décroissance des niveaux de pollution en fonction de l'éloignement par rapport à la route.

² Les résultats observés en 2005 sur le moyen mobile à proximité du rond point du Grésivaudan étaient conformes aux valeurs réglementaires.

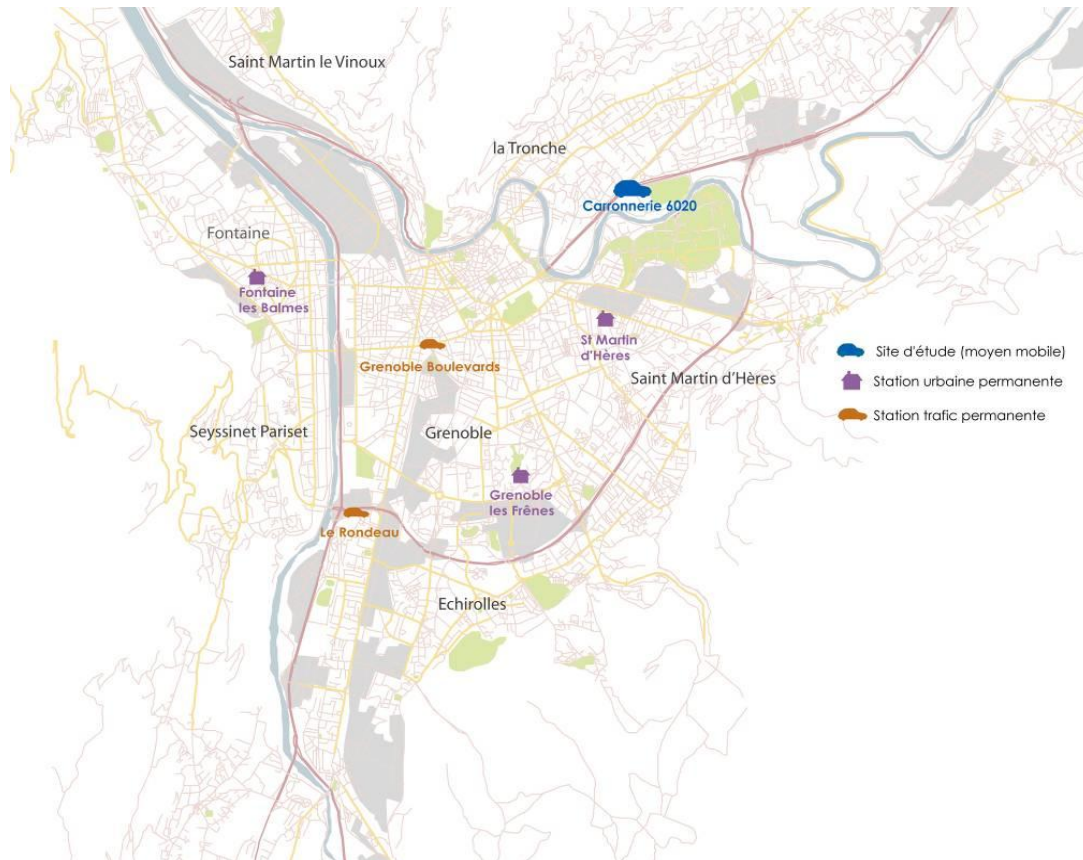
Localisation des sites de mesures le long de la ligne 6020 (2005-2008)



n° site	Nom du Site	n° site	Nom du Site
1	Bd Maréchal Lyautet	802	Carronnerie - Transect sud
2	Bd Jean Pain	9	Av. de Verdun- face Carrefour
3	Echangeur des sablons	10	Av. de Verdun- Plaine des jeux des cerisiers
4	RN 90 Centre communal interfunéraire	11	Av. de Verdun- face Schneider
5	RN 90 face France 3 (supprimé)	12	Av. de Verdun- intersection ch Chaumetière
6	RN 90 passage Ricoud	13	Rond point grésivaudan
7	RN 90 Sortie bd Chantourne	1301	Rd point grésivaudan transect nord
8	Carrefour de la Carronnerie	1302	Rd point grésivaudan transect sud
801	Carronnerie - Transect nord	14	Av. des sept Laux

Stations de référence

La qualité de l'air de l'agglomération de Grenoble est suivie en permanence par plusieurs stations fixes¹ dont le comportement des polluants est bien connu. Ces dernières ont servi de référence de comparaison dans le cadre de cette étude.



Localisation du site d'étude en 2008 (moyen mobile) et des sites fixes de surveillance (fond et proximité automobile) de l'ASCOPARG.

Ainsi, les 3 stations urbaines (Fontaine les Balmes, Grenoble les Frênes, Saint-Martin d'Hères) permettent de caractériser la pollution urbaine de fond. **La moyenne annuelle de la pollution de fond de l'agglomération grenobloise utilisée par la suite dans le présent document 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'intersection entre l'A480 et la Rocade Sud pour la station du Rondeau et les grands boulevards (Boulevard Foch) pour la station « Grands boulevards ».

Les résultats de mesures sont également comparés aux niveaux de fond périurbain (station périurbaine du Grésivaudan) et ruraux (station rurale régionale de Charavines).

¹ Se référer à l'annexe 3

Périodes de mesures

Calendrier des mesures en 2008

En raison de la forte variabilité de la qualité de l'air sur un territoire, mais aussi dans le temps¹, 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). Dans ces conditions, les mesures sont considérées comme représentatives de la qualité de l'air d'une année et elles peuvent être comparées avec les normes en vigueur.

Dans le cadre de cette étude, 8 semaines de mesures (4 campagnes de 2 semaines) ont été réalisées en 2008, chaque campagne étant caractéristique d'une saison (les campagnes sont indiquées en rouge dans le tableau ci-dessous).

La présente étude 2008 est ainsi conforme à ces exigences de représentativité.

Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Dec
		1			2			3		4	

Campagne	Saison	Début	Fin
1.1	Hiver	25/02/2008	03/03/2008
1.2		03/03/2008	10/03/2008
2.1	Printemps	28/05/2008	05/06/2008
2.2		05/06/2008	13/06/2008
3.1	Eté	20/08/2008	28/08/2008
3.2		28/08/2008	05/09/2008
4.1	Automne	13/11/2008	21/11/2008
4.2		21/11/2008	28/11/2008
Année de référence 2008		01/01/2008	31/12/2008

Dates des campagnes de mesures de l'étude 6020 en 2008

Calendrier des mesures en 2005

En 2005, 8 semaines de mesures réparties dans l'année avaient été également réalisées :

Campagne	Saison	Début	Fin
1	Hiver	23/02/2005	09/03/2005
2	Printemps	17/05/2005	30/05/2005
3	Eté	21/07/2005	02/08/2005
4	Automne	26/10/2005	08/11/2005
Année de référence 2005		01/01/2005	31/12/2005

Dates des campagnes de mesures de l'étude 6020 en 2005

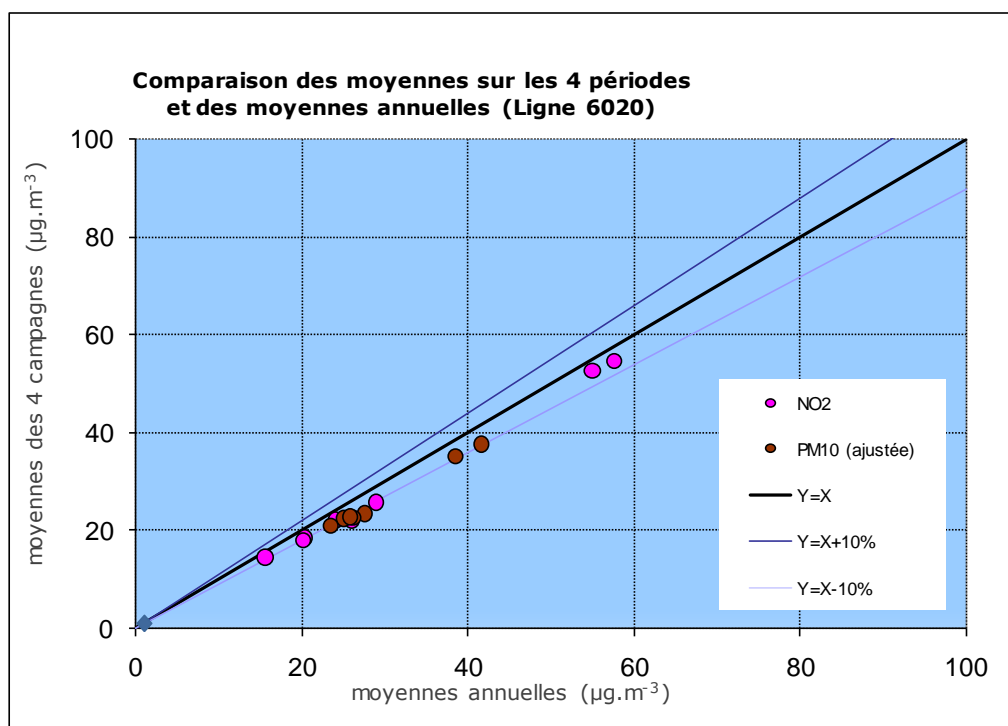
¹ Le comportement des polluants atmosphériques locaux est fortement lié aux conditions climatiques et donc aux saisons

Représentativité des périodes de mesures

Représentativité annuelle

Même si cet échantillonnage respecte les exigences de la directive (14 % de l'année), il est nécessaire de vérifier si les mesures effectuées sont représentatives de l'année de référence de l'étude (2008). Cette vérification se fait en utilisant les données de stations fixes de référence de l'ASCOPARG. La moyenne calculée pendant les 8 semaines de mesures correspondant à une étude est comparée à la moyenne annuelle (moyenne des 12 mois de mesures de la station fixe).

Le graphique suivant compare les moyennes de NO₂, PM₁₀ calculées pour les **stations fixes** lors des périodes de mesures (8 semaines de mesures) avec la moyenne annuelle (calculée sur les 365 jours de mesures de la station fixe).



Comparaison des moyennes mesurées du NO₂, PM₁₀ sur les 4 périodes de mesures réalisées sur le site du carrefour de la Carronnerie et de la moyenne annuelle pour les stations fixes (Saint-Martin d'Hères, Fontaine les Balmes, Grenoble les Frênes, Le Rondeau, Grenoble Boulevard, Grenoble Périurbain Sud, Grésivaudan périurbain, Voreppe Volouise, Charavines).

Pour le dioxyde d'azote, l'écart entre la moyenne calculée pendant les quatre campagnes de mesures de l'étude 6020 et la moyenne calculée sur l'année civile est faible. **Ces résultats ne nécessitent donc pas de correction.**

Pour les poussières, les moyennes des 4 campagnes présentent des valeurs légèrement sous-estimées par rapport à la valeur annuelle réelle. **Celles-ci ont donc été redressées pour améliorer l'estimation de la moyenne annuelle.**¹

Les mesures réalisées en 2005 étaient bien représentatives de l'année et elles n'ont pas nécessité de correction.²

¹ Redressement linéaire à partir des données des stations de référence (cf annexe 8)

² Rapport 2005 <http://www.atmo-rhonealpes.org/Site/media/voir>

Etat initial de la qualité de l'air sur le tracé de la ligne 6020 entre Grenoble et Meylan 2005

Représentativité vis-à-vis des conditions météorologiques

Les conditions météorologiques ont été étudiées afin d'évaluer l'influence de ces dernières sur les niveaux de pollution (cf. Annexe 7).

De manière générale, les concentrations maximales des polluants sont mesurées durant l'automne et l'hiver. Du fait que ces périodes présentent les plus forts taux d'émissions (chauffage notamment) et que les conditions climatiques sont souvent moins favorables à la dispersion des polluants (inversion de température, faibles précipitations, vitesse de vent faible).

Les conditions météorologiques observées lors des campagnes de mesures en 2008 n'influent pas sur la représentativité annuelle des mesures de qualité de l'air. Elles sont cependant plus propices à la dispersion des polluants par rapport aux conditions météorologiques observées lors des campagnes de mesures de 2005.

2. Les oxydes d'azotes (NOx)

Le terme oxydes d'azote (NOx) désigne le monoxyde d'azote (NO) et l'ensemble des composés issus de l'oxydation du NO, dont principalement le dioxyde d'azote (NO₂).

Le monoxyde d'azote (NO) est émis lors des combustions de carburants et plus généralement de combustibles fossiles. En effet, le NO est issu de la combinaison à haute température de l'oxygène et de l'azote de l'air ($N_2 + O_2 \rightarrow 2 NO$).

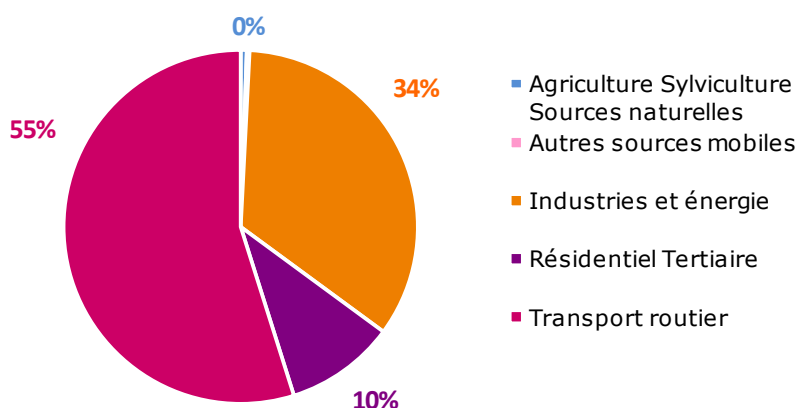
Dans l'air, une partie du NO se recombine très rapidement (quelques secondes à quelques minutes) pour former du NO₂.

Les émissions de NOx

-Sur l'agglomération grenobloise

Comme le montre la figure suivante, plus de la moitié environ des émissions de NOx (55%) sur l'agglomération grenobloise est due au transport routier. Le secteur industriel représente la deuxième source d'émission majoritaire avec 41% des émissions.

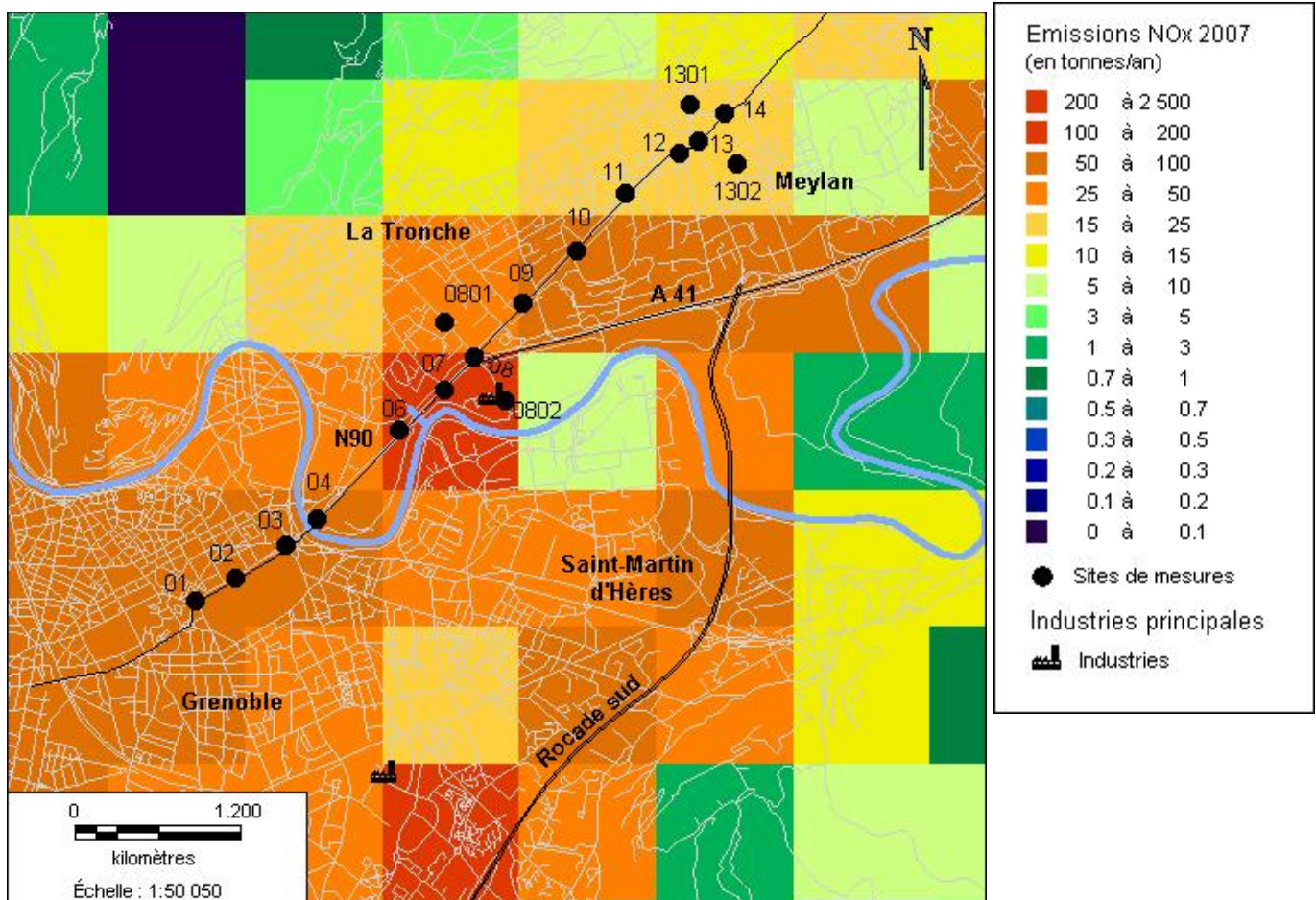
La mesure des NOx peut donc être considérée comme un bon traceur de la pollution automobile.



Répartition des émissions d'oxydes d'azote (NOx) dans l'agglomération grenobloise (METRO 26 communes), Sources : cadastre ASCOPARG émissions 2007 (version 2010-1)

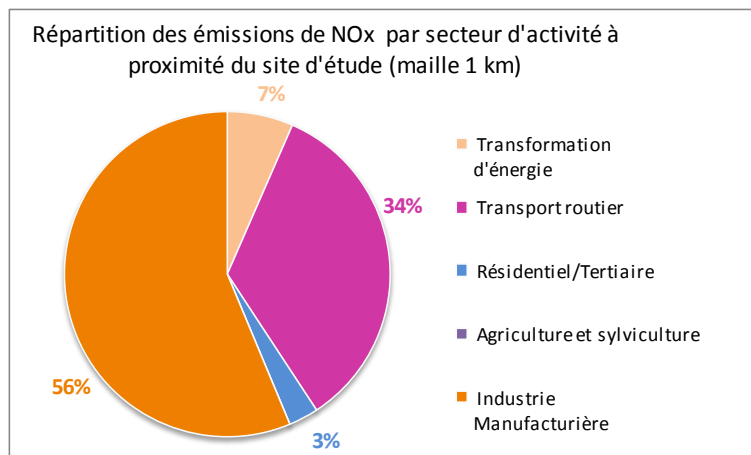
-Sur la zone d'étude

La cartographie suivante présente les émissions de NOx en 2007 (tonnes/an) autour de la ligne 6020.



Cadastre des émissions de NOx (ASCOPARG, émissions 2007 version 2010-1).

Sur la zone d'étude, les NOx sont majoritairement émis par le trafic routier, en raison de la présence de la N90 et de l'A41. Les émissions sont plus élevées en se dirigeant vers Grenoble, en lien avec la proximité de l'A41, de la densité de population et du trafic.



Emissions de NOx en 2007 par secteur d'activité sur la maille incluant le site de mesure (moyen mobile)

A proximité du laboratoire mobile (site n°8)¹, les émissions de NOx sont plus importantes et majoritairement issues du secteur de l'industrie (56%) en lien avec la présence de l'usine d'incinération située à environ 300 mètres. Le transport routier ne représente sur cette zone restreinte que la deuxième source d'émission. Nous verrons dans l'exploitation des résultats de mesures si ce secteur présente des concentrations dans l'air plus élevées.

¹ maille de 1 km

Niveaux mesurés en 2008 et situation vis-à-vis de la réglementation

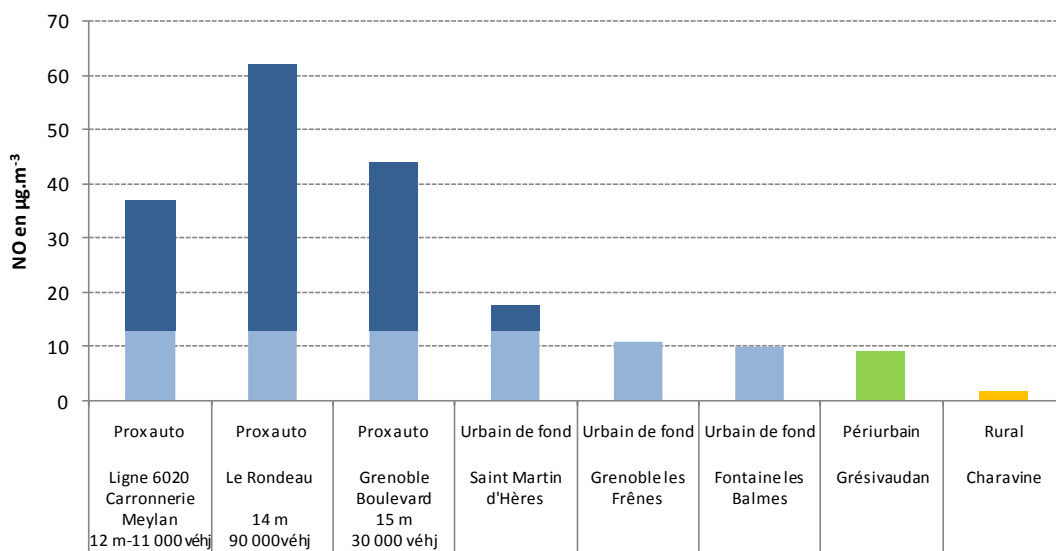
- Monoxyde d'azote (NO)

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

Estimation de la moyenne annuelle (exposition chronique)

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

Le graphique et le tableau suivant illustrent la concentration moyenne annuelle de NO mesurée sur le site d'étude avec les concentrations moyennes annuelles mesurées sur les sites fixes de l'ASCOPARG. Les distances sur le graphique sont présentées par rapport au centre de la voie.



Comparaison de la concentration moyenne annuelle de NO sur le site d'étude avec les moyennes annuelles mesurées sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Site	Ligne 6020 Carronnerie- Meylan	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Saint-Martin	Grenoble les Frênes	Fontaine les Balmes	Grésivaudan	Charavines
Typologie	Observation spécifique	Trafic	Trafic	Urbain	Urbain	Urbain	Périurbain	Rural
Moyenne annuelle NO	37	62	44	18	11	10	9	2

Sur le site d'étude « Carronnerie-Meylan », les résultats des mesures confirment l'influence du trafic automobile. Les niveaux moyens de NO sont environ deux à trois fois supérieurs aux concentrations de fond de l'agglomération grenobloise¹ (10 µg.m⁻³ approximativement en l'absence d'influence directe du trafic automobile)². Ceux-ci sont toutefois inférieurs à ceux mesurés sur les autres sites de proximité automobile en lien avec un trafic moindre que celui observé à proximité des 2 autres sites (11 000 veh/j pour le site d'étude contre 30 000 veh/j pour Grenoble Boulevard).

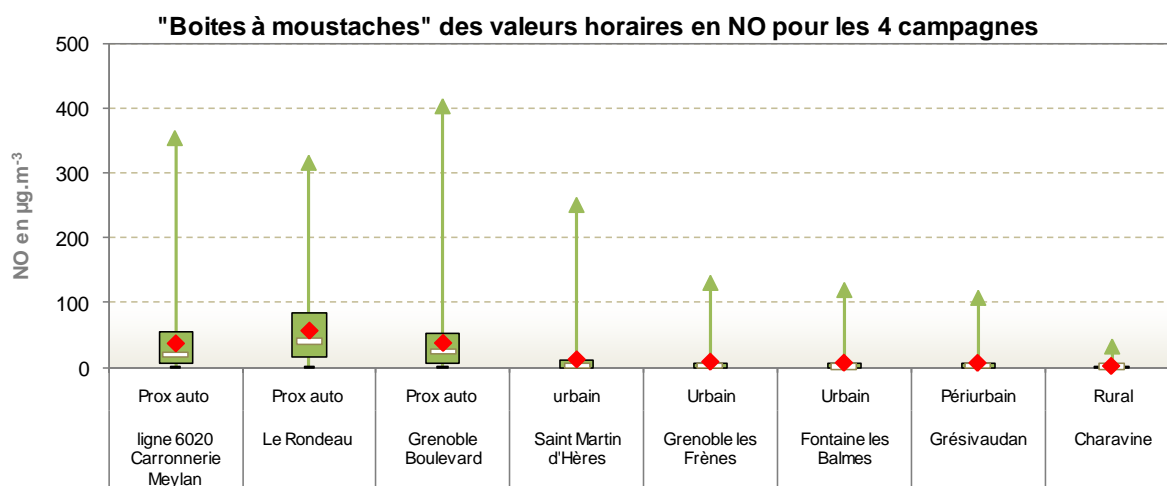
¹ La moyenne annuelle de la pollution de fond de l'agglomération grenobloise est calculée sur la base des trois stations (Grenoble les Frênes, Fontaine les Balmes et Saint-Martin d'Hères)

² La moyenne sur le site de Saint-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 et d'une petite chaufferie à proximité du site.

Etude des valeurs horaires (exposition aigüe)

Site	ligne 6020 Carronnerie Meylan	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Saint Martin d'Hères	Grenoble les Frênes	Fontaine les Balmes	Grésivaudan	Charavine
Typologie	Prox Trafic	Trafic	Trafic	urbain	urbain	urbain	Périurbain	Rural
Statistiques Horaires pour le NO sur les 4 campagnes								
moyenne	37	57	38	12	8	7	6	2
minimum H	0	0	0	0	0	0	0	0
P25 H	5	16	7	0	0	0	0	1
P50 H	19	40	24	2	2	1	2	1
P75 H	54	83	53	11	7	6	6	2
P98 H	179	210	160	91	68	58	48	9
maximum H	354	316	403	251	131	120	108	33

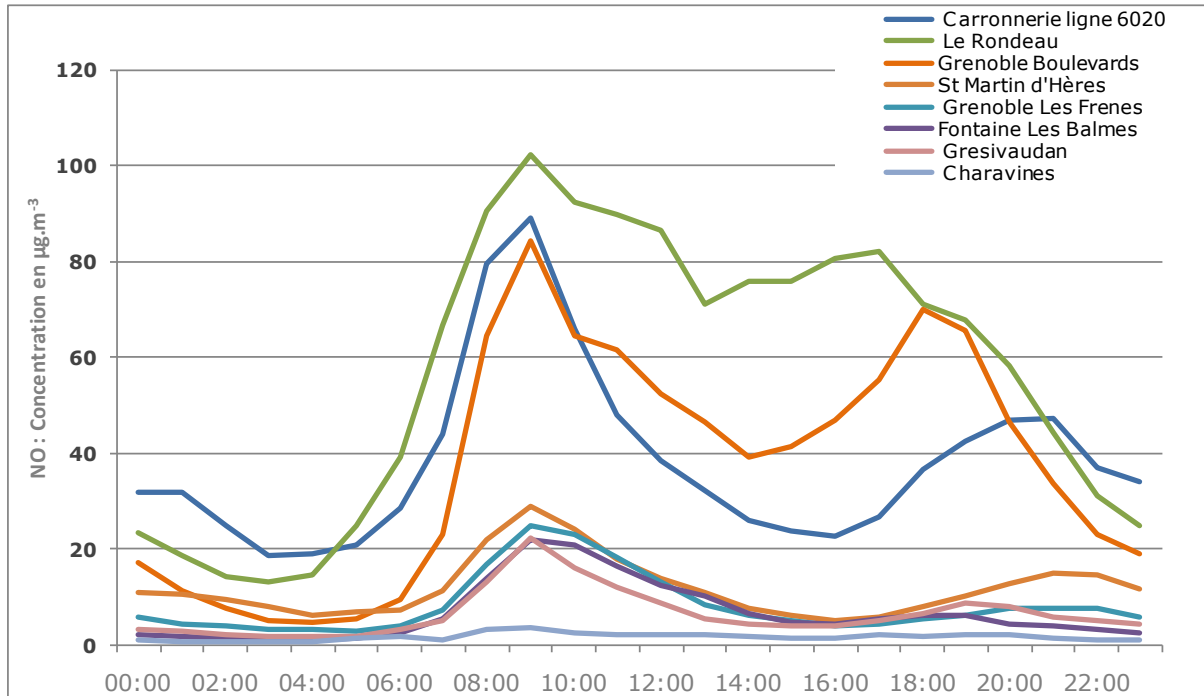
Le graphe suivant représente les statistiques horaires en NO pour les 4 campagnes de mesures sous forme de « boîtes à moustaches » (cf. explications en Annexe 4)



Le maximum horaire observé pour le NO lors des 4 campagnes de mesures sur le site d'étude est comparable à celui des deux sites de référence en proximité automobile. Ce résultat témoigne de l'influence importante du trafic automobile sur ce site. Il met également en évidence le fait que le site d'étude est influencé par le trafic de la voie la plus proche (avenue de Verdun qui compte 11 000 véh/j), mais également par celui de la N90 à environ 30 mètres (30 000 véh/j) du site d'étude. L'usine d'incinération d'ordures ménagères située à 300 mètres au sud contribue sensiblement aux émissions dans ce secteur comme l'indique le cadastre des émissions (maille de 1x1km). La modélisation du panache de retombées de l'UIOM montre cependant que le site n°8 (Carronnerie-Meylan) ne se trouve pas du tout dans la zone d'influence de cet établissement. Nous pouvons ainsi conclure que les concentrations observées sur ce carrefour très emprunté sont principalement dues aux émissions automobiles.

Etude du profil moyen journalier

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 :



Profil moyen horaire du NO sur le site d'étude et les stations fixes de l'agglomération grenobloise

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 un peu 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 ($\sim 10-30 \mu\text{g.m}^{-3}$) sur l'ensemble de l'agglomération.

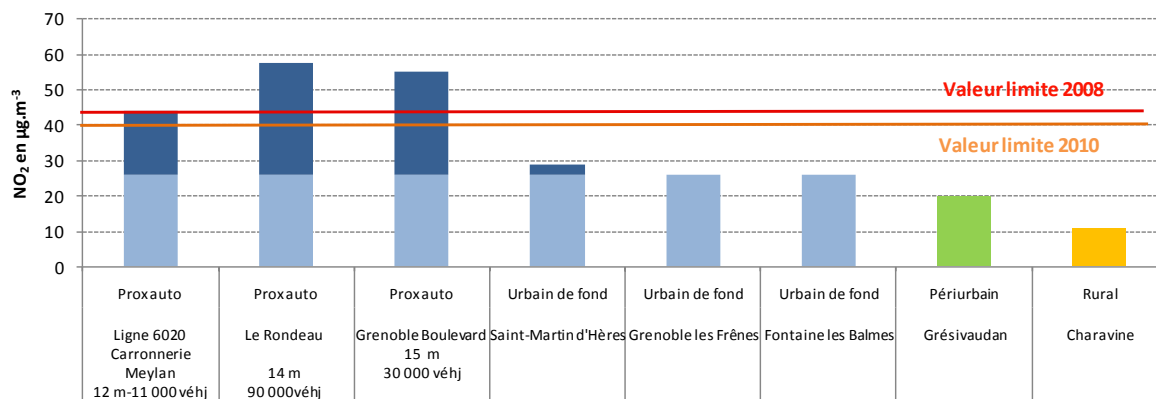
Ces résultats montrent une influence très marquée du trafic automobile sur le site d'étude, avec des niveaux en heure de pointe matinale du même ordre de grandeur que ceux observés sur le site de Grenoble Boulevard.

- Dioxyde d'azote (NO₂)

La réglementation fixe pour le dioxyde d'azote 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 (44 µg.m⁻³ en 2008)¹.

Estimation de la moyenne annuelle (exposition aigüe)

Le graphique et le tableau suivants comparent la concentration moyenne annuelle de dioxyde d'azote estimée sur le site d'étude avec celles des stations fixes.



Comparaison des concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur le site d'étude et sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Site	Ligne 6020 Carronnerie	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Saint-Martin d'Hères	Grenoble les Frênes	Fontaine les Balmes	Grésivaudan	Charavines
Typologie	Observation spécifique	Trafic	Trafic	Urbain	Urbain	Urbain	Périurbain	Rural
Moyenne annuelle NO ₂	44	58	55	29	24	26	20	11

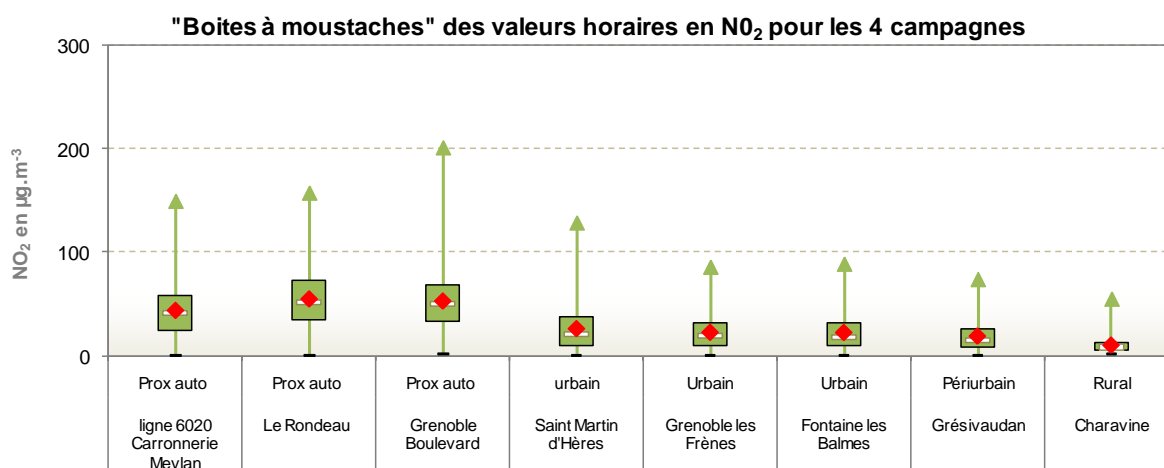
Les niveaux moyens observés sur le site d'étude (point n°8) se situent entre le fond urbain et la proximité trafic. Ce dernier respecte la valeur limite 2008 (44 µg.m⁻³), mais n'est pas conforme à celle de 2010 (40 µg.m⁻³).

¹ Se référer à l'Annexe 5

Etude des valeurs horaires (exposition aigüe)

Site	ligne 6020 Carronnerie Meylan	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Saint Martin d'Hères	Grenoble les Frènes	Fontaine les Balmes	Grésivaudan	Charavine
Typologie	Prox Trafic	Trafic	Trafic	urbain	urbain	urbain	Périurbain	Rural
Statistiques Horaires pour le NO ₂ sur les 4 campagnes								
moyenne	44	55	53	26	22	22	18	10
minimum H	0	0	1	0	0	0	0	1
P25 H	24	34	33	10	10	9	8	5
P50 H	41	51	50	21	19	18	15	8
P75 H	58	72	68	38	31	32	26	12
P98 H	103	119	118	80	61	61	52	31
maximum H	149	157	201	128	85	88	73	54
Statistiques Horaires pour le NO ₂ sur l'année complète								
moyenne		58	55	29	24	26	20	11
P98 H		126	124	88	67	76	58	37
maximum H		187	218	181	113	120	91	64

Le graphe suivant représente les statistiques horaires en NO₂ pour les 4 campagnes de mesures sous forme de « boîtes à moustaches » (cf. explications en Annexe 4)



Le maximum horaire observé lors des 4 campagnes de mesures sur le site d'étude est comparable à celui observé sur la station de proximité automobile du Rondeau. Ce résultat confirme par conséquent l'influence marquée du trafic automobile sur la qualité de l'air de ce site.

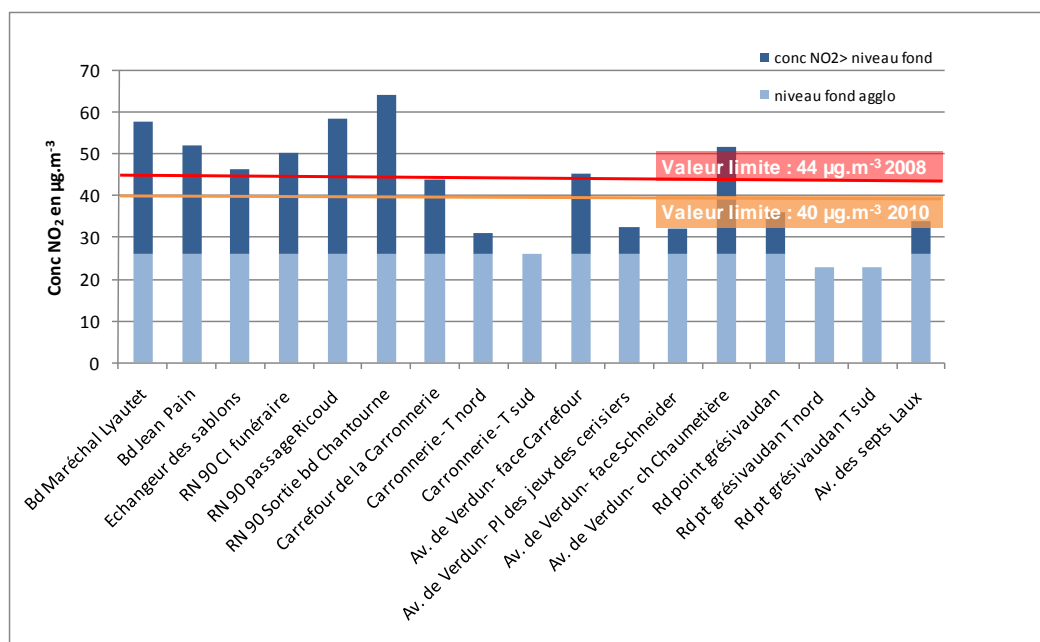
Sur l'ensemble de l'année, le site de proximité automobile « le Rondeau » enregistre un maximum horaire (187 µg.m⁻³) proche du seuil d'information et de recommandations pour les personnes sensibles (200 µg.m⁻³ sur 1 h). **Il existe donc un risque de dépassement de ce seuil pour le NO₂ sur le site « Carronnerie-Meylan » et plus généralement sur les zones de proximité de la N90.**

Répartition spatiale du dioxyde d'azote

Variation des concentrations de NO₂ le long du tracé de la ligne 6020

Tout d'abord, afin d'observer la qualité de l'air le long du tracé et à proximité, des mesures de dioxyde d'azote par tube à diffusion passive¹ ont été réalisées. Elles ont été complétées ensuite par les résultats de modélisation² qui apportent une information qualitative sur la variation des niveaux.

Les figures suivantes illustrent les concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote mesurées sur chaque site en 2008.

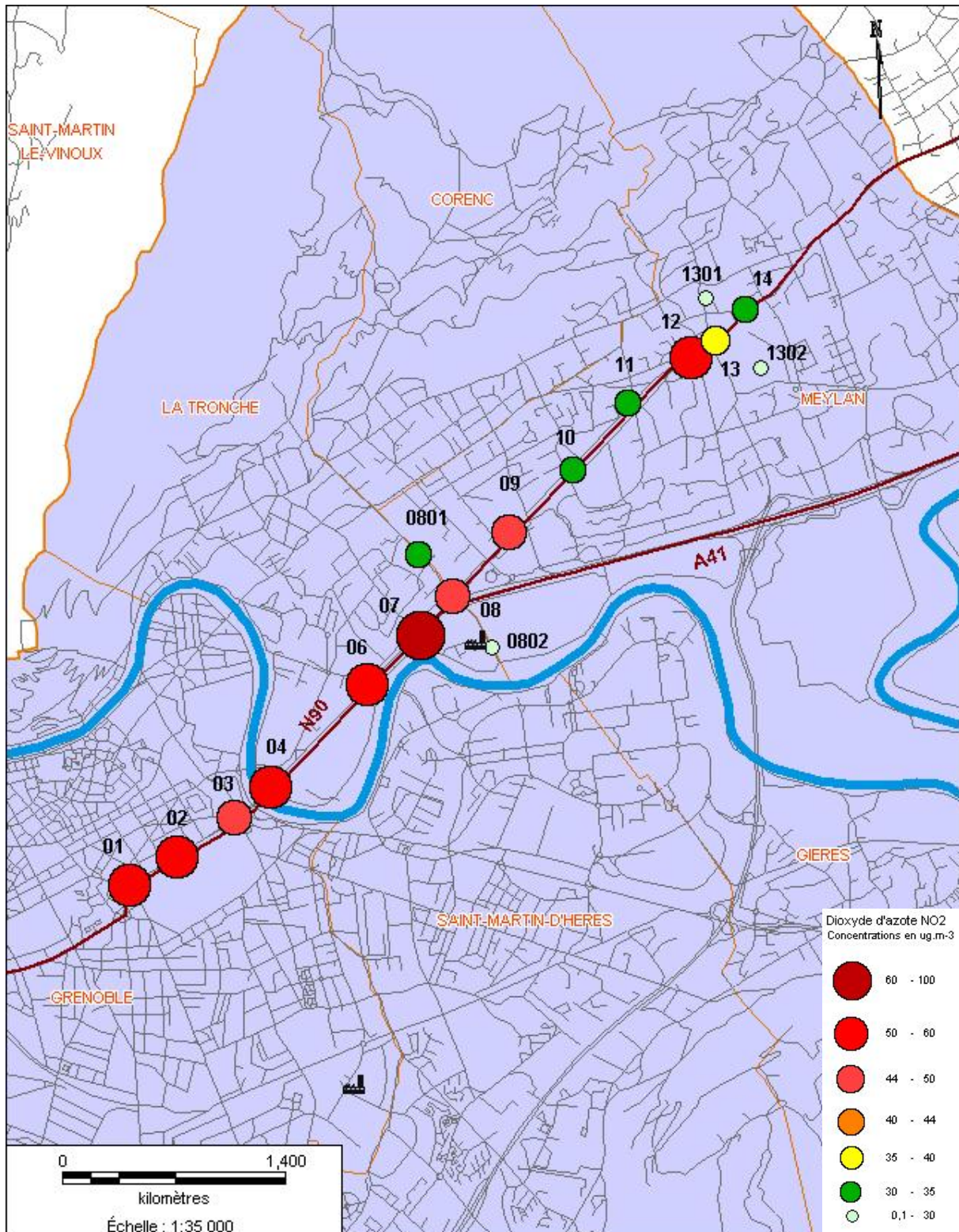


<i>n° site</i>	<i>Nom de Sites</i>	<i>NO₂ moy annuelle en µg.m⁻³</i>
1	Bd Maréchal Lyautet	58
2	Bd Jean Pain	52
3	Echangeur des sablons	46
4	RN 90 CI funéraire	50
6	RN 90 passage Ricoud	58
7	RN 90 Sortie bd Chantourne	64
8	Carrefour de la Carronnerie	44
801	Carronnerie - T nord	31
802	Carronnerie - T sud	26
9	Av. de Verdun- face Carrefour	45
10	Av. de Verdun- Pl des jeux des cerisiers	32
11	Av. de Verdun- face Schneider	32
12	Av. de Verdun- ch Chaumetière	52
13	Rd point grésivaudan	36
1301	Rd pt grésivaudan T nord	23
1302	Rd pt grésivaudan T sud	23
14	Av. des septis Laux	34

¹ Cf. présentation des sites de mesures

² Concentrations moyennes de NO₂ estimées par le modèle SIRANE pour l'année 2008

Mesures de NO₂ sur le tracé de la ligne 6020 en 2008

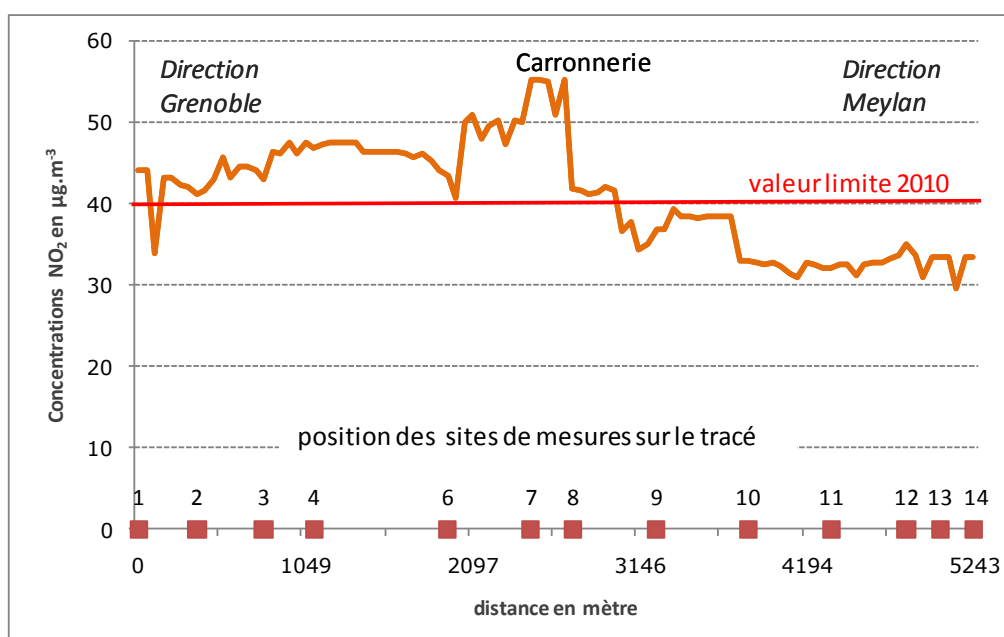


Concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote le long de la ligne 6020

- Carte réalisée à partir :Données de qualité de l'air ASCOPARG 2008
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999

Les niveaux de NO₂ les plus élevés ont été mesurés le long de la N90 (point n°7) à la Tronche et sur le boulevard Jean Pain à Grenoble (n°2). Des concentrations plus faibles sont observées au niveau de la commune de Meylan en lien avec un trafic divisé environ par trois sur cette partie du tracé : 11 000 véh/j sur av. de Verdun contre 30 000 véh/j pour la N90.

Le site n°12 (avenue de Verdun) présente des concentrations plus élevées en comparaison aux autres points de mesures situés sur cette portion du tracé et par rapport aux concentrations mesurées sur ce dernier en 2005 (52 µg.m⁻³ en 2008 contre 38 µg.m⁻³ en 2005). Ceci peut s'expliquer par la plus forte proximité de ce point en 2008 par rapport à la voirie (1 mètre de la chaussée contre environ 6 mètres en 2005) et par la configuration du site, situé en montée¹.



Concentrations moyenne de NO₂ calculées (SIRANE) sur le tracé de la ligne 6020

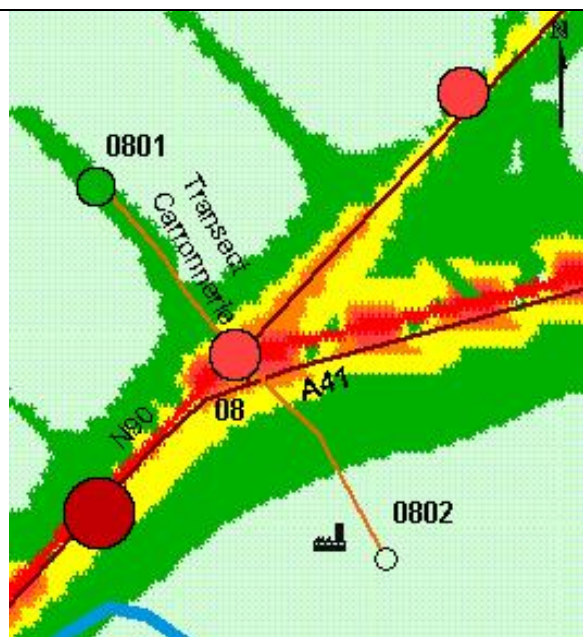
Plus généralement, sur le tracé de la ligne 6020, les niveaux de NO₂ augmentent de Meylan vers le centre de l'agglomération en raison de la densification du réseau routier et du trafic. **En bordure de voirie, les résultats ne sont pas conformes à l'objectif de qualité à partir du carrefour de la Carronnerie jusqu'au centre de Grenoble.**

Variation des concentrations de NO₂ de part et d'autre du tracé de la ligne 6020

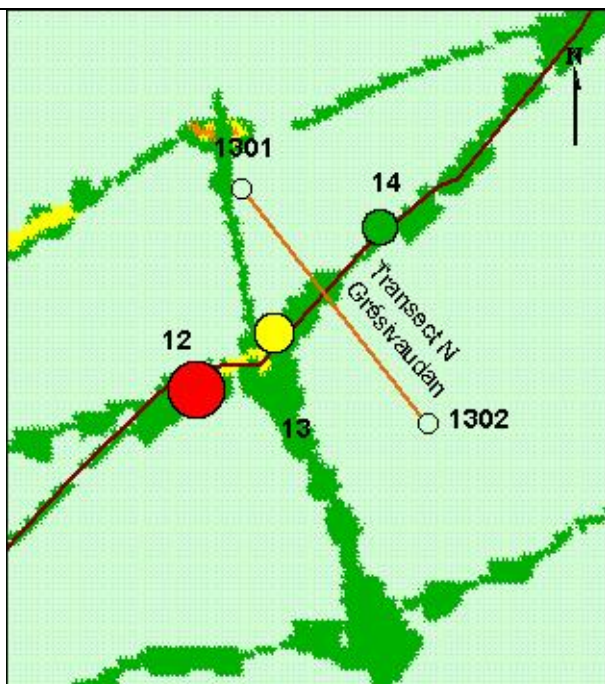
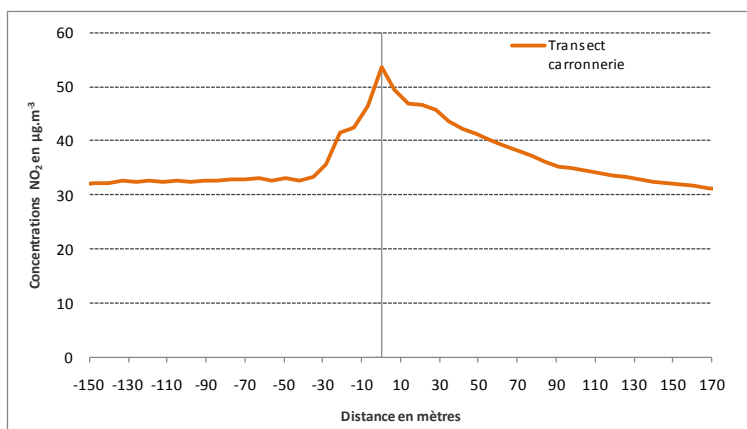
Les deux transects réalisés (au nord et au sud) du tracé de la ligne 6020 à partir du modèle SIRANE, mettent en évidence une diminution des niveaux de dioxyde d'azote en fonction de l'éloignement par rapport à la route.

¹ La pente oblige le moteur à développer plus de puissance et donc à plus consommer, ce qui entraîne une augmentation des émissions de polluants

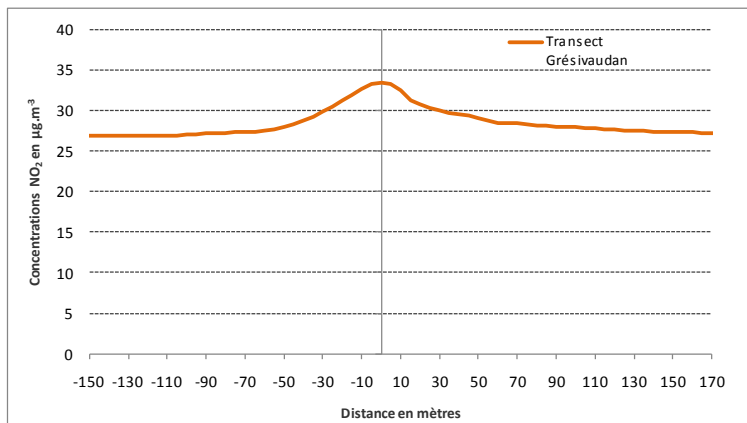
Evolution des niveaux de NO₂ de part et d'autre de la ligne 6020



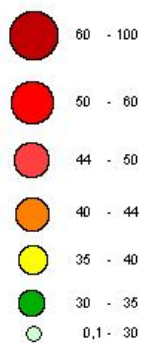
Transect Carronerie
(SIRANE 2008)



Transect Grésivaudan
(SIRANE 2008)



Dioxyde d'azote NO₂
Concentrations en µg.m⁻³



Cartes réalisées à partir :
 - Données de qualité de l'air ASCOPARG 2008
 - Modèle SIRANE 2008

A proximité du carrefour de la Carronnerie, les concentrations de NO₂ sont encore supérieures au seuil réglementaire de 40 µg.m⁻³, à une distance qui varie, entre **30 et 60 mètres** selon le côté de l'axe considérée.

Selon les données modélisées, la décroissance des niveaux de NO₂ ne serait pas identique des deux côtés en raison de l'influence du trafic automobile de l'A41 sur le côté sud-est. Les habitations construites à moins de 30 mètres du centre de la voie sont donc soumises à des moyennes annuelles de NO₂ dépassant le seuil réglementaire. Les niveaux de NO₂ se rapprochent des niveaux de fond à une distance qui varie entre **200 et 250 mètres**.

A proximité du rond point du Grésivaudan les concentrations de NO₂ (33 µg.m⁻³) sont inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé, ce qui met en évidence une plus faible influence du trafic automobile dans ce secteur. Les niveaux de NO₂ se rapprochent des niveaux de fond à une distance qui varie selon le côté de l'axe considéré entre **60 et 130 mètres**.

Calculs d'exposition de la population au NO₂ en proximité automobile

Le croisement des données de concentrations de NO₂ (modèle SIRANE) avec les données de population disponibles sur la zone d'étude¹ permet de calculer le pourcentage de population exposée à des concentrations supérieures à un seuil réglementaire.

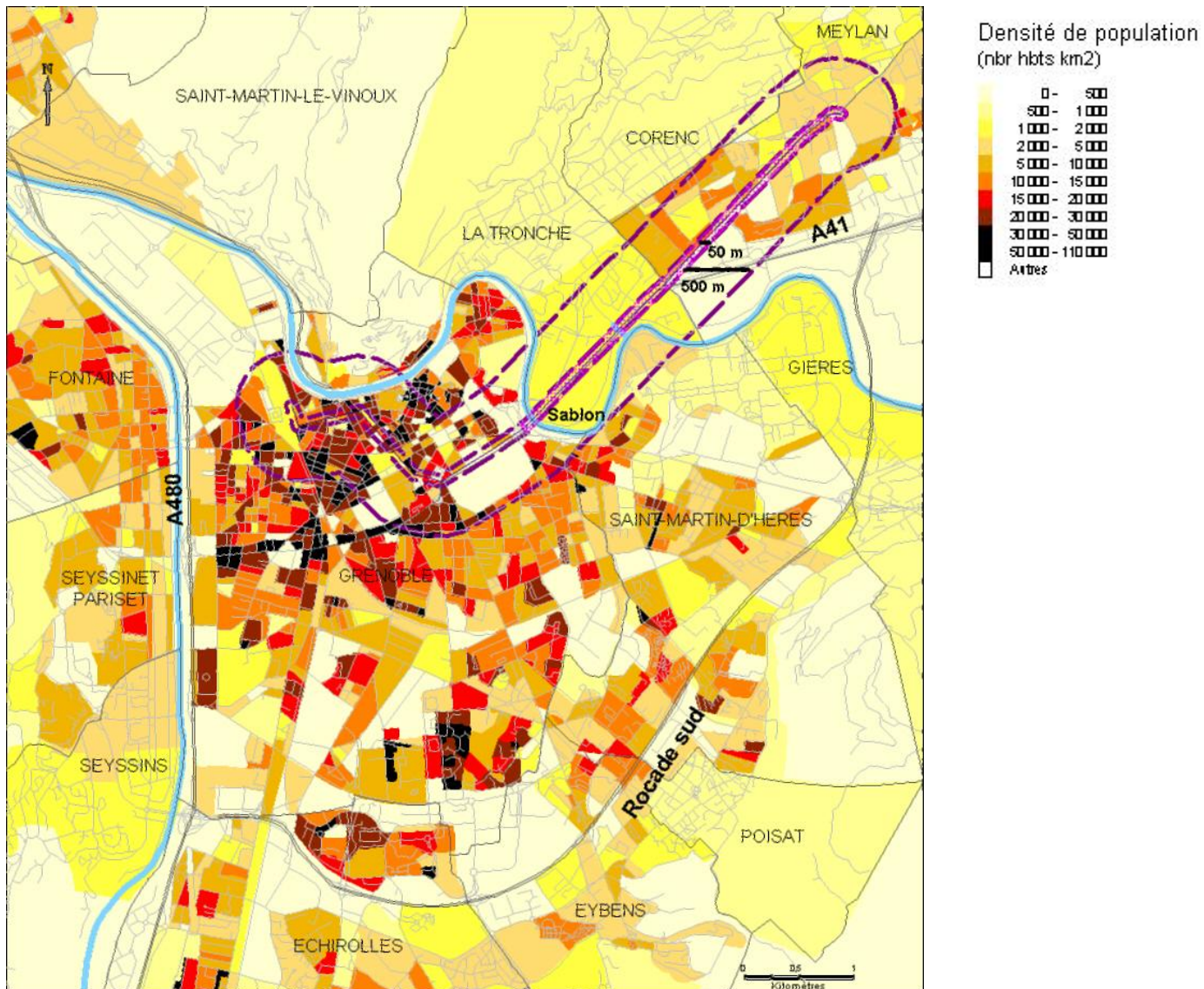
Le calcul a été réalisé sur une bande de 50 mètres² autour du tracé de la ligne 6020, correspondant approximativement à la zone d'influence de la voirie. Le nombre d'habitants dans cette zone est d'environ 4 000 personnes. Un autre calcul a été effectué (bande de 50 mètres) uniquement sur la partie du tracé comprise entre Meylan et la boucle des sablons. Ce secteur est susceptible de faire l'objet de projets d'urbanisation car il possède encore des zones potentiellement constructibles. En effet cette zone qui représente 60% de la superficie de la zone d'étude ne compte que ¼ de la population étudiée (soit 25%).

Les résultats sont également présentés en prenant en compte une bande de 500 mètres, correspondant approximativement à la zone d'étude autour de cet axe (51300 personnes).

Zone d'étude - Ligne 6020	Bande de 0 à 50 m	Meylan-Sablons bande 0 à 50 m	Bande de 0 à 500 m
Concentrations NO ₂		Nombre de personnes exposées	
CNO ₂ < 40 µg.m ⁻³	2360	893	41553
40 µg.m ⁻³ < CNO ₂ < 44 µg.m ⁻³	440	84	3591
44 µg.m ⁻³ < CNO ₂	1200	74	6156
Population totale	4000	1050	51300
% de pop			
CNO ₂ < 40 µg.m ⁻³	59%	85%	81%
40 µg.m ⁻³ < CNO ₂ < 44 µg.m ⁻³	11%	8%	7%
44 µg.m ⁻³ < CNO ₂	30%	7%	12%

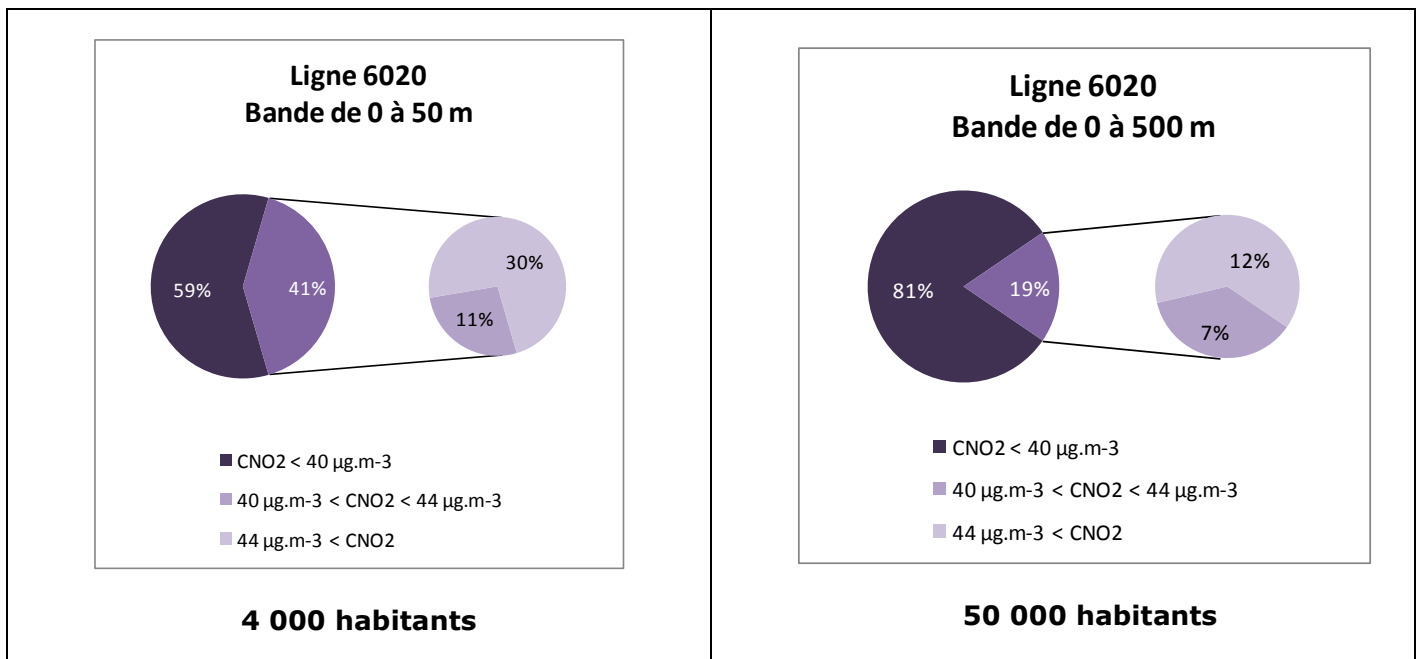
¹ Données de NO₂ : Estimation des moyennes annuelles 2008 avec le modèle SIRANE ; Données de population : Recensement INSEE 1999.

Présentation des zones pour le calcul de l'exposition moyenne de la population au NO₂ autour de la ligne 6020



Cartes réalisées à partir :

- Données de population INSEE 1999
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999



Les résultats de ces calculs montrent que parmi les 4000 personnes habitant dans la zone d'influence autour de la ligne 6020 (à moins de 50 m), environ 40% (soit 1600 personnes) sont exposées à des concentrations de dioxyde d'azote supérieures à l'objectif de qualité prévu en 2010 (40 µg.m⁻³). Parmi ces personnes, environ 30% (soit 1200 personnes) sont exposées à des concentrations supérieures à la valeur limite de 2008 (44 µg.m⁻³).

Sur la portion du tracé de la ligne 6020 comprise entre Meylan et la boucle des sablons, une personne sur 6 habitants (15%) est potentiellement exposée à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité.

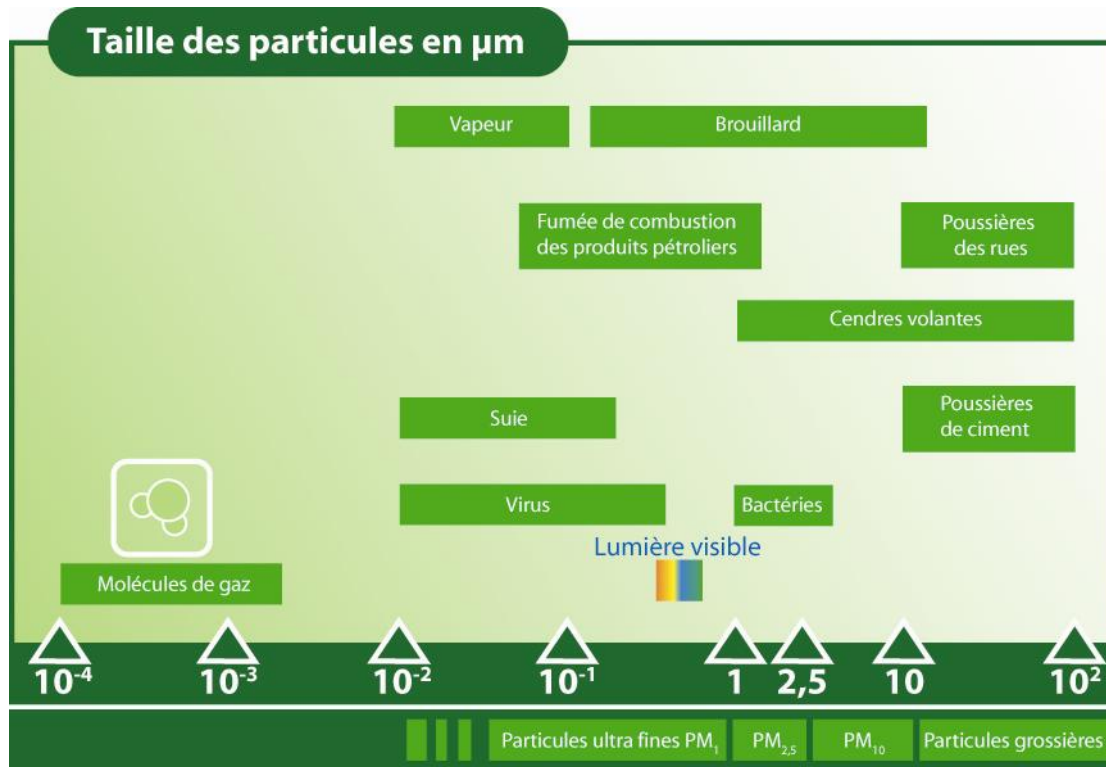
Bien que les niveaux de pollution décroissent lorsqu'on s'éloigne de Grenoble, à partir du carrefour de la Carronnerie, ces résultats montrent ainsi qu'il convient d'être prudent sur les futurs projets d'urbanisme à l'intérieur de ce secteur. En effet toute urbanisation en proximité de voirie sera susceptible d'exposer de nouvelles populations à un air non-conforme à la réglementation française et européenne. Il est par conséquent important de prendre en compte les recommandations issues des études préalables sur le projet de tram E afin de ne pas exposer de nouvelles populations ¹ au dépassement de valeurs réglementaires.

D'autre part, environ 20% des personnes (soit 10000 sur 50000) habitant à moins de 500 mètres autour de la ligne 6020 est potentiellement exposée à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité.

¹ Cf rapport projet de requalification de la ligne de bus 3 en ligne de tram E : <http://www.atmo-rhonealpes.org>

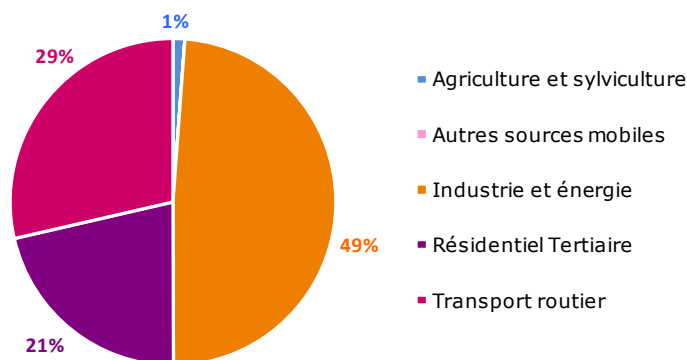
3. Les particules en suspension

Le terme PM₁₀ désigne l'ensemble des poussières en suspension de taille inférieure à 10 microns ou micromètres (10⁻⁶ m ou 0,0001 cm).



Echelle des différents diamètres des particules

Les émissions de PM₁₀ dans l'agglomération grenobloise



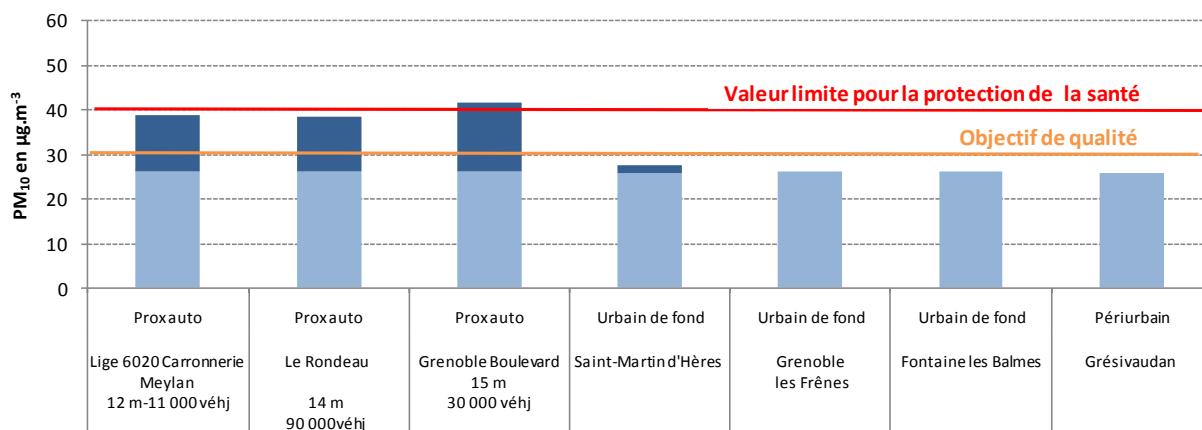
Répartition sectorielle des émissions de PM₁₀ dans l'agglomération grenobloise (METRO 26 communes, Sources : cadastre ASCOPARG émissions 2007 (version 2010-1))

Dans l'agglomération de Grenoble, le secteur **industriel** (en orange sur la figure) est le premier émetteur de poussières avec **49% des émissions de PM₁₀**. Le **transport routier** arrive juste derrière avec **29% des émissions**.

Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation

Parmi les valeurs réglementaires, les particules PM₁₀ font l'objet d'une **valeur limite pour la protection de la santé humaine** en moyenne annuelle fixée à 40 µg.m⁻³ et d'un **objectif de qualité** fixé à 30 µg.m⁻³.

Le graphique et le tableau suivant illustrent la concentration moyenne de particules en suspension (PM₁₀) sur le site d'étude et les moyennes sur l'année 2008 pour les stations fixes. Sur le graphique suivant, la partie inférieure (bleue claire) correspond au niveau moyen de fond de l'agglomération de Grenoble (26 µg.m⁻³ en 2008 sur les 3 stations urbaines de fond).



Comparaison des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ sur le site d'étude et sur les sites fixes de l'ASCOARG (2008).

Site	Ligne 6020 Carronnerie	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Saint-Martin d'Hères	Grenoble les Frênes	Fontaine les Balmes	Grésivaudan
Typologie	Observation spécifique	Trafic	Trafic	Urbain	Urbain	Urbain	Périurbain
Moyenne annuelle PM ₁₀	39	38	42	28	26	25	26

Le site d'étude présente des niveaux moyens de poussières en suspension (PM₁₀) équivalents aux sites de proximité automobile¹. La moyenne annuelle sur ce site est proche de la valeur limite (39 µg.m⁻³) et ne respecte pas l'objectif de qualité (30 µg.m⁻³) comme la plupart des sites de proximité automobile en Rhône-Alpes.

Il faut souligner également que l'écart entre les niveaux mesurés sur les stations de proximité automobile et les stations de fond est plus faible que pour les autres polluants (NO, NO₂). En effet, le trafic automobile ne constitue pas le principal émetteur de PM₁₀ et la répartition des émissions de particules au niveau de Grenoble montre que ce secteur ne représente que 29% des émissions de PM₁₀ (cf. § précédent).

Il existe également une **valeur limite pour la protection de la santé humaine** en moyenne journalière fixé à 50 µg.m⁻³, calculée sur la base du percentile 90,4 : la moyenne journalière ne doit pas dépasser 50 µg.m⁻³ plus de 35 jours par an.

¹ Cf.annexe : Représentativité annuelle : pour une meilleure estimation de la moyenne annuelle, les moyennes de PM₁₀ ont été redressées sur le site d'étude (+4 µg.m⁻³)

Par ailleurs, les arrêtés préfectoraux de juillet 2006 fixent en Rhône-Alpes pour les PM₁₀ un **seuil d'information et de recommandations** à 80 µg.m⁻³ en moyenne journalière et un **seuil d'alerte** à 125 µg.m⁻³ en moyenne journalière.

Le tableau suivant illustre les dépassements de seuils définis précédemment, observés sur les sites de l'agglomération grenobloise pendant l'année 2008 et respectivement pendant les 8 semaines de mesures du site d'étude.

Nombre de dépassement observés	Mesures Permanentes										Evaluation
	Saint-Martin d'Hères		Grenoble les Frênes		Fontaine les Balmes		Le Rondeau		Grenoble Boulevard		Ligne 6020 Carronnerie
	8 sem	Année	8 sem	Année	8 sem	Année	8 sem	Année	8 sem	Année	8 sem
50 µg.m⁻³ en moyenne journalière (valeur limite)	2	32	1	29	0	22	11	66	16	91	12
80 µg.m⁻³ en moyenne journalière (seuil d'information)	0	7	0	4	0	1	0	12	2	25	2
125 µg.m⁻³ en moyenne journalière (seuil d'alerte)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0

Statistiques journalières des PM₁₀ sur les sites fixes de l'ASCOPARG et sur le site d'étude sur l'année 2008 et pendant les 8 semaines de mesures de l'étude

Sur l'ensemble de l'année 2008, les sites de proximité automobile ne sont pas conformes à la valeur limite pour la protection de la santé (plus de 35 jours avec une moyenne journalière supérieure ou égale à 50 µg.m⁻³).

Le seuil d'information et de recommandations pour les personnes sensibles (80 µg.m⁻³ en moyenne journalière) est dépassé plusieurs fois dans l'année que ce soit en fond urbain ou en proximité trafic. Le site de Grenoble Boulevard a même dépassé trois fois le seuil d'alerte (125 µg.m⁻³ en moyenne journalière).

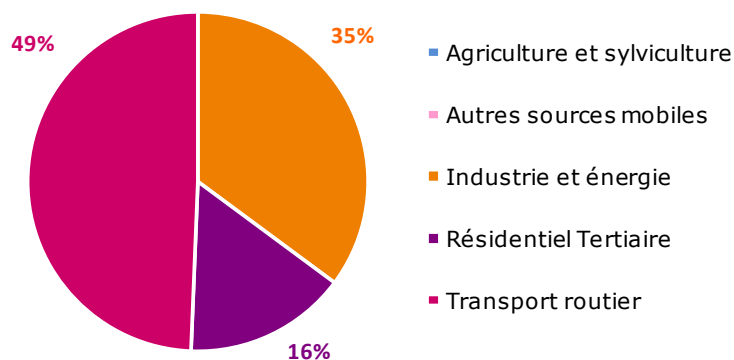
Durant les quatre campagnes de mesures, le site d'étude a enregistré 12 dépassements de la valeur limite pour la protection de la santé en moyenne journalière (la réglementation autorise jusqu'à 35 dépassements par an). Ce nombre est équivalent à celui observé sur le site de proximité trafic du Rondeau. **Il existe donc un risque fort de dépassement de cette valeur limite pour les PM₁₀ sur l'ensemble de l'année 2008 sur le site d'étude, et plus généralement sur les zones du tracé qui ne sont également pas conformes pour le dioxyde d'azote.**

Deux dépassements du seuil d'information et de recommandations en moyenne journalière ont également été enregistrés sur ce site durant les quatre campagnes de mesures.

4. Le monoxyde de carbone (CO)

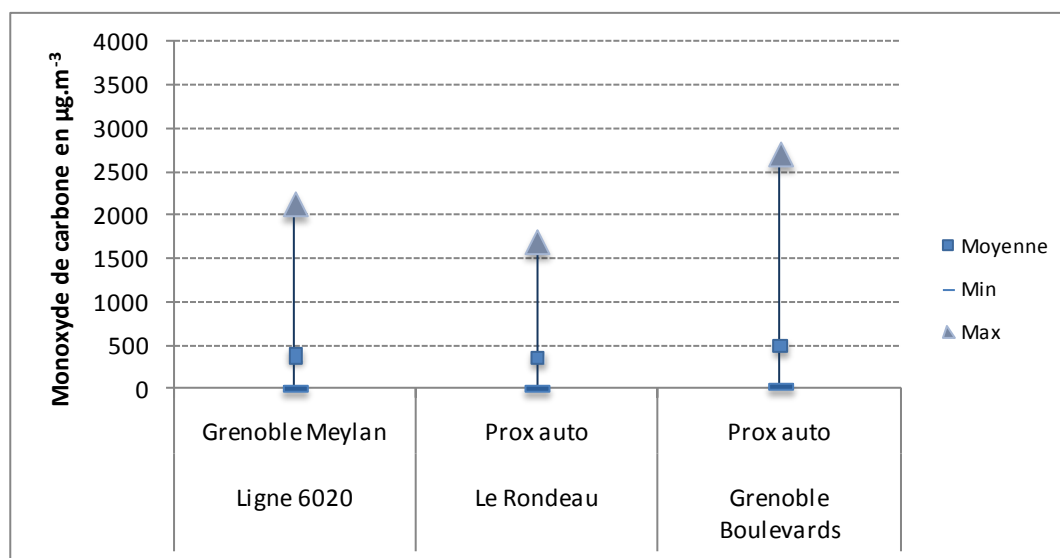
Les émissions de CO dans l'agglomération grenobloise

Dans l'agglomération de Grenoble, le transport routier est responsable de 49 % des émissions de monoxyde de carbone. L'industrie énergie représente le 2^{ème} émetteur de CO avec 35 % des émissions totales de CO.



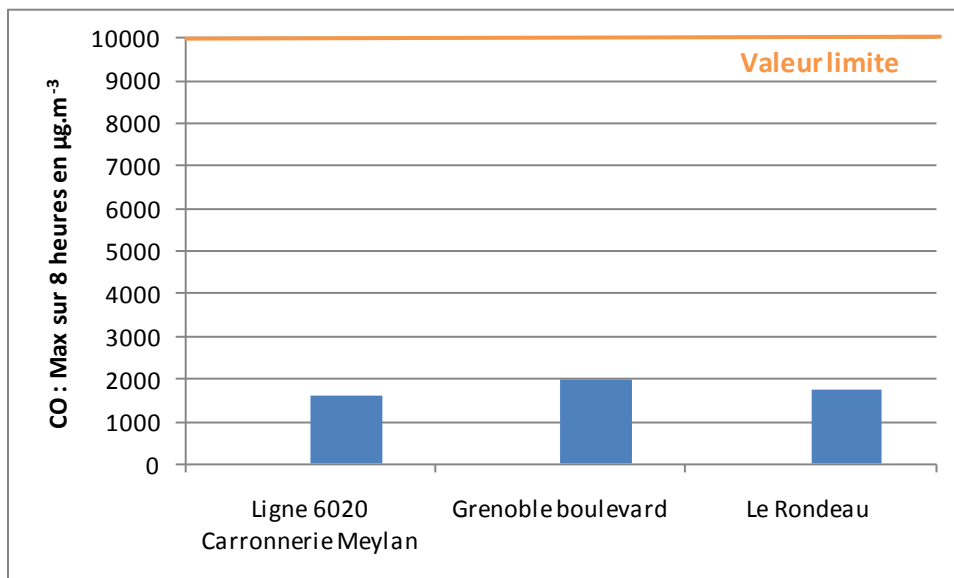
Répartition sectorielle des émissions de CO dans l'agglomération grenobloise (METRO 26 communes, sources : cadastre ASCOPARG émissions 2007 (version 2010-1))

Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation



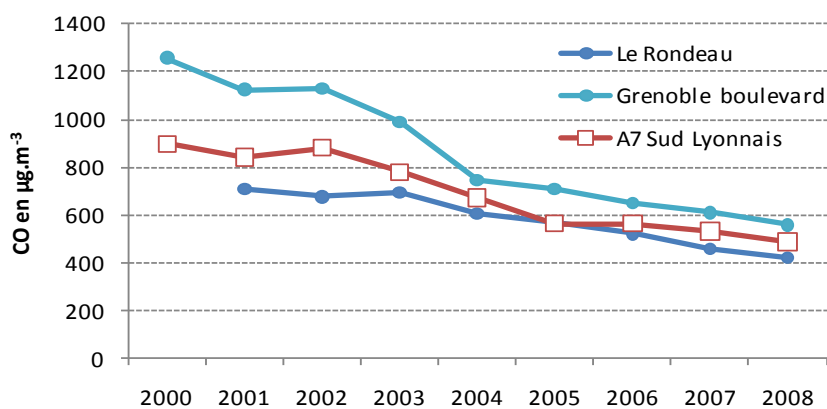
Statistiques horaires des mesures de monoxyde de carbone (8 semaines de mesures)

Sur le site d'étude du carrefour de la Carronnerie (site n°8 « Grenoble Meylan Ligne 6020»), les niveaux moyens en monoxyde de carbone sont équivalents à ceux mesurés sur les stations de proximité automobile de Grenoble et caractéristiques de ce type d'environnement.



Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures pour le monoxyde de carbone (CO) sur le site d'étude et les sites de proximité automobile de l'ASCOPARG

Sur les trois sites, les niveaux de monoxyde de carbone respectent la valeur limite pour la protection de la santé : $10\,000\ \mu\text{g.m}^{-3}$ pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures.

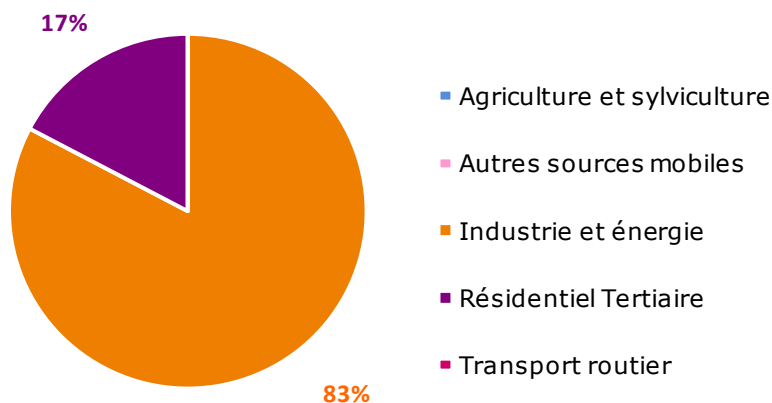


Evolution des concentrations moyennes annuelles de monoxyde de carbone (CO) sur plusieurs sites de proximité automobile

Les niveaux de ce polluant sont en baisse régulière depuis plusieurs années. Cette baisse généralisée est due à la mise en place des pots catalytiques (depuis 1993) et au renouvellement progressif du parc automobile. Il devient extrêmement rare en Rhône-Alpes de dépasser le seuil réglementaire en CO, quelque soit l'environnement des sites de mesures.

5. Le dioxyde de soufre

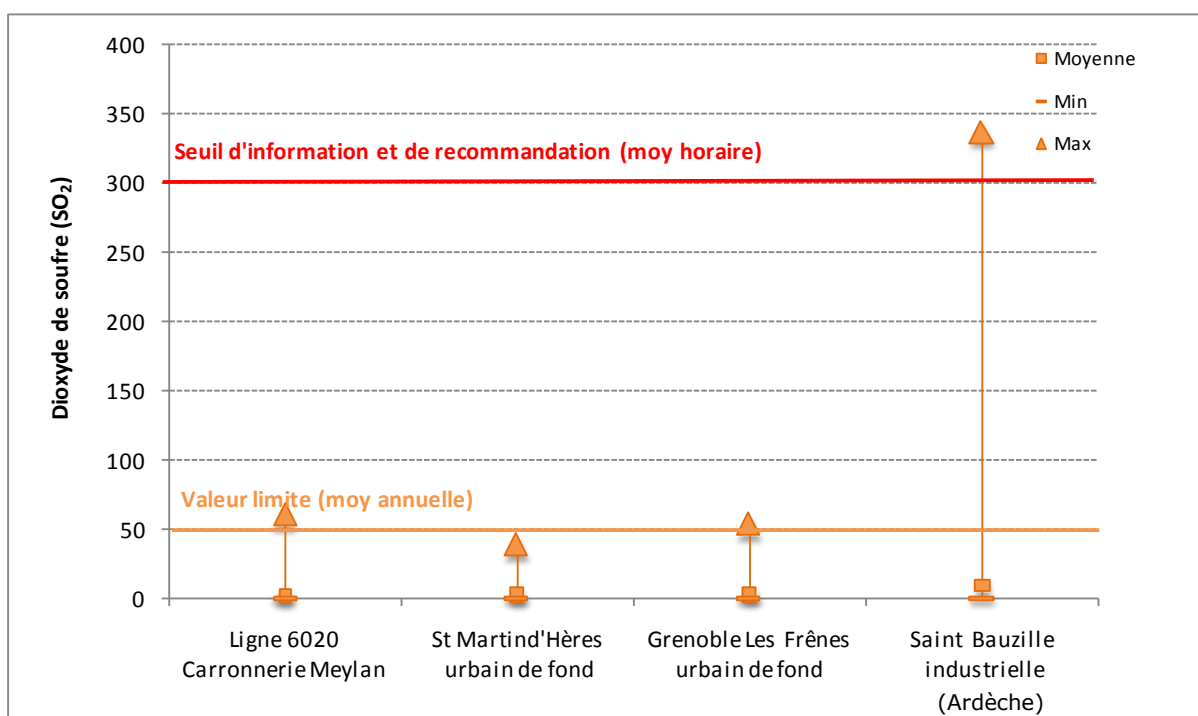
Les émissions de dioxyde de soufre dans l'agglomération grenobloise



Répartition sectorielle des émissions de dioxyde de soufre dans l'agglomération grenobloise (METRO 26 communes, sources : cadastre ASCOPARG émissions 2007 (version 2010-1))

Dans l'agglomération de Grenoble, **le secteur industrie énergie** (en orange sur la figure) **est l'émetteur principal de dioxyde de soufre** avec 83% des émissions. **Le trafic automobile représente une faible part** des émissions de dioxyde de soufre (moins de 2%).

Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation



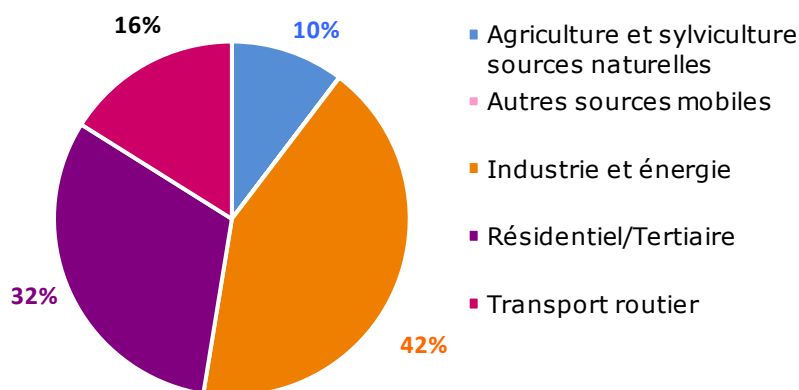
Statistiques des mesures de dioxyde de soufre en 2008

Sur le site d'étude, les niveaux en dioxyde de soufre sont peu élevés et conformes aux valeurs réglementaires, ce qui confirme la faible influence du trafic automobile sur les concentrations dans l'air de ce polluant. Aujourd'hui, les seuls dépassements de valeurs réglementaires pour ce polluant concernent principalement le seuil d'information et de recommandations ($300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sur 1 heure) et sont observés à proximité de sites industriels fortement émetteurs de SO_2 .

6. BTX Benzène, Toluène, xylènes

Le benzène, toluène et les xylènes font partie de la famille des Composés Organiques Volatils (COV).

Les émissions de COV dans l'agglomération grenobloise



Répartition sectorielle des émissions de COV non méthaniques dans l'agglomération grenobloise (METRO 26 communes, sources : cadastre ASCOPARG émissions 2007 (version 2010-1))

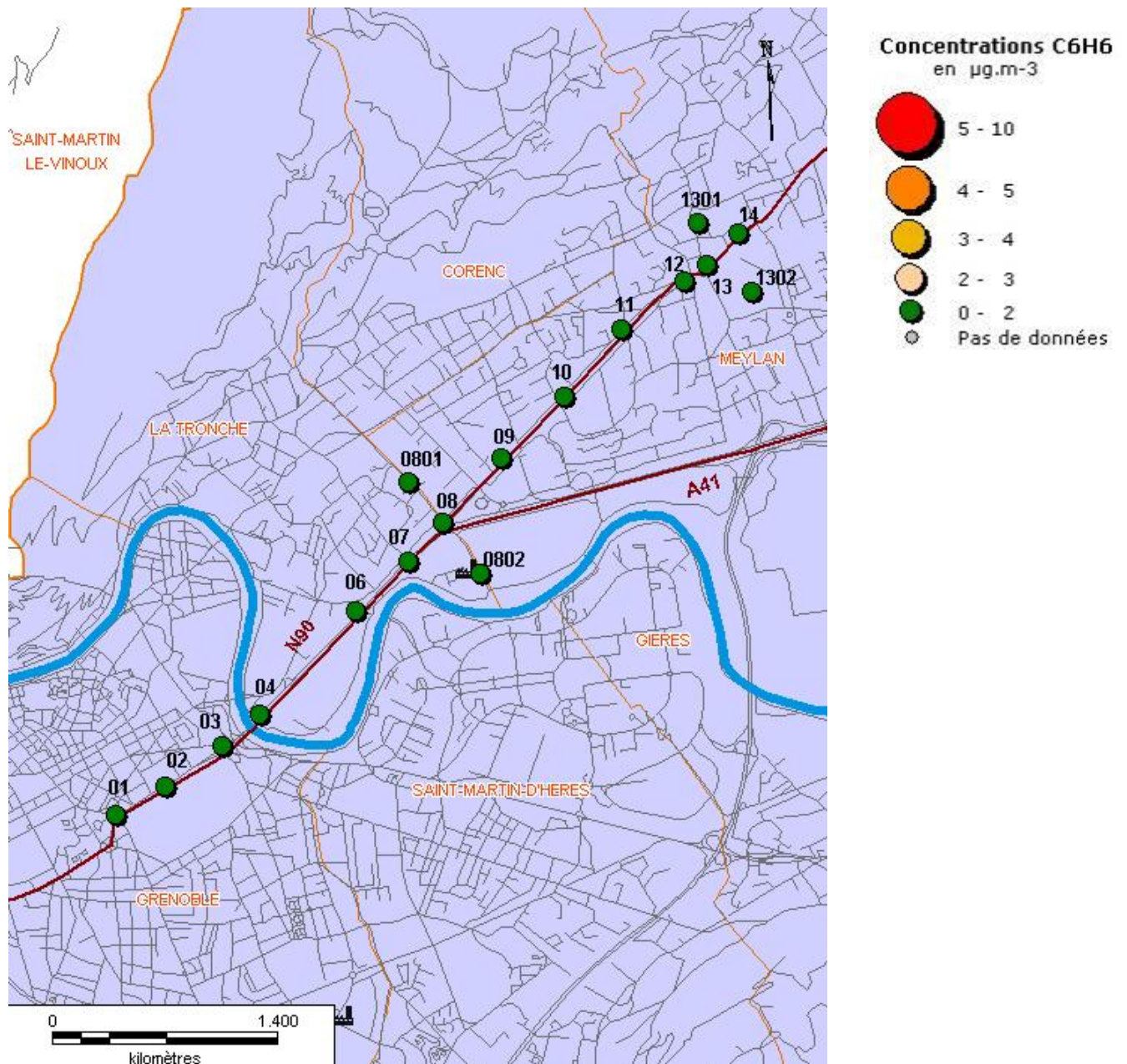
Avec seulement 16% des émissions de Composés Organiques Volatils non méthaniques (COVNM), **le trafic automobile représente le 3^{ème} émetteur de COVNM** derrière le résidentiel/tertiaire (32%) et le secteur industriel (42%) dans l'agglomération de Grenoble.

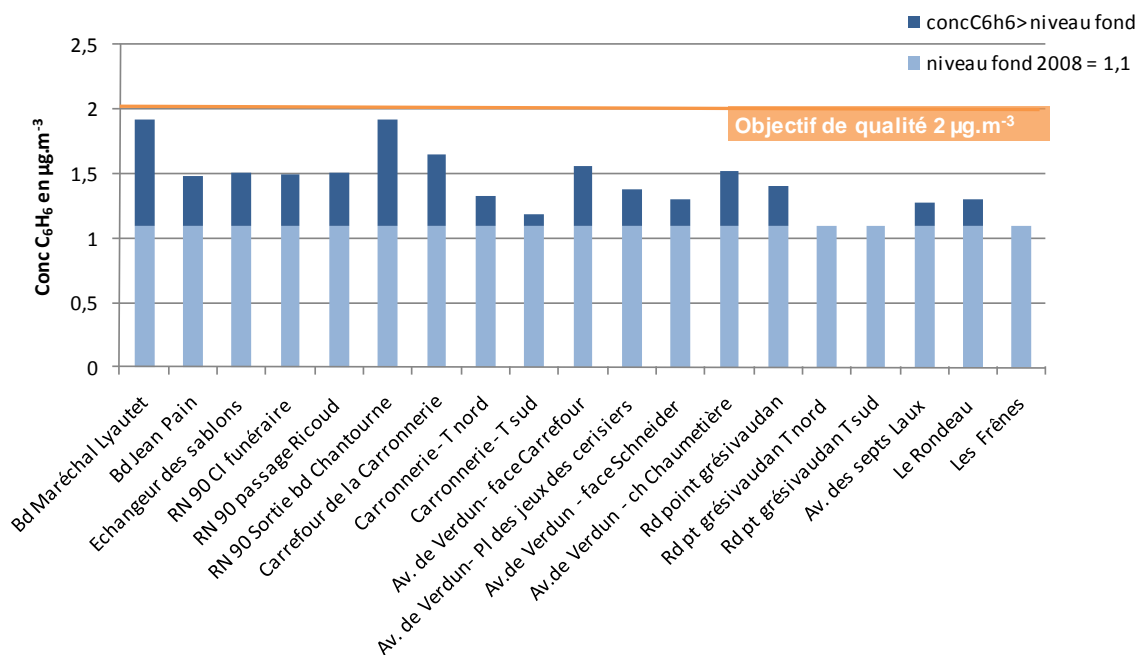
L'inventaire des émissions spécifiques au benzène n'est pas disponible à l'échelle de l'agglomération grenobloise. Les informations au niveau national montre cependant que le principal secteur émetteur de benzène est le résidentiel tertiaire en particulier du fait de la combustion du bois (74% en 2008), suivi du transport routier (15%).

Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation

Les figures suivantes illustrent les concentrations de benzène en moyenne annuelles observées sur le tracé de la ligne 6020 en 2008.

Mesures de benzène le long de la ligne 6020





Concentrations moyennes annuelles estimées de benzène le long du tracé de la ligne 6020 et sur les stations du Rondeau (prox auto) et de Grenoble les Frênes (urbain de fond)

<i>n° site</i>	<i>Nom de Sites</i>	<i>C₆H₆ moy annuelle µg.,m⁻³</i>
1	Bd Maréchal Lyautet	1,9
2	Bd Jean Pain	1,5
3	Echangeur des sablons	1,5
4	RN 90 CI funéraire	1,5
6	RN 90 passage Ricoud	1,5
7	RN 90 Sortie bd Chantourne	1,9
8	Carrefour de la Carronnerie	1,7
801	Carronnerie - T nord	1,3
802	Carronnerie - T sud	1,2
9	Av. de Verdun- face Carrefour	1,6
10	Av. de Verdun- Pl des jeux des cerisiers	1,4
11	Av. de Verdun - face Schneider	1,3
12	Av. de Verdun - ch Chaumetière	1,5
13	Rd point grésivaudan	1,4
1301	Rd pt grésivaudan T nord	0,9
1302	Rd pt grésivaudan T sud	1,0
14	Av. des septes Laux	1,3
Prox auto	Le Rondeau	1,3
Urbain	Les Frênes	1,1

Les concentrations de benzène mesurées sur le tracé de la ligne 6020 sont modérées. Comme pour le NO₂, elles sont plus élevées lorsqu'on se dirige vers Grenoble, le long de la RN 90 et sur le boulevard Jean Pain. L'influence du trafic automobile sur les niveaux de benzène est bien présente mais modérée compte tenu des concentrations observées. Particulièrement, les sites localisés au niveau de carrefours (Bd Maréchal Lyautet, RN 90 sortie bd Chantourne, carrefour de la Carronnerie) sont les plus influencés avec des niveaux qui sont proches de l'objectif de qualité.

Cependant, la différence de concentration de benzène entre les sites est moins importante que pour le NO₂ (le trafic automobile représente environ 16% des émissions de COV dans l'agglomération grenobloise et 48% des émissions de NOx).

Sur tous les sites de l'étude, les niveaux restent bien inférieurs à la valeur limite pour la protection de la santé fixée à 5 µg.m⁻³ en 2010 et 7 µg.m⁻³ en 2008.

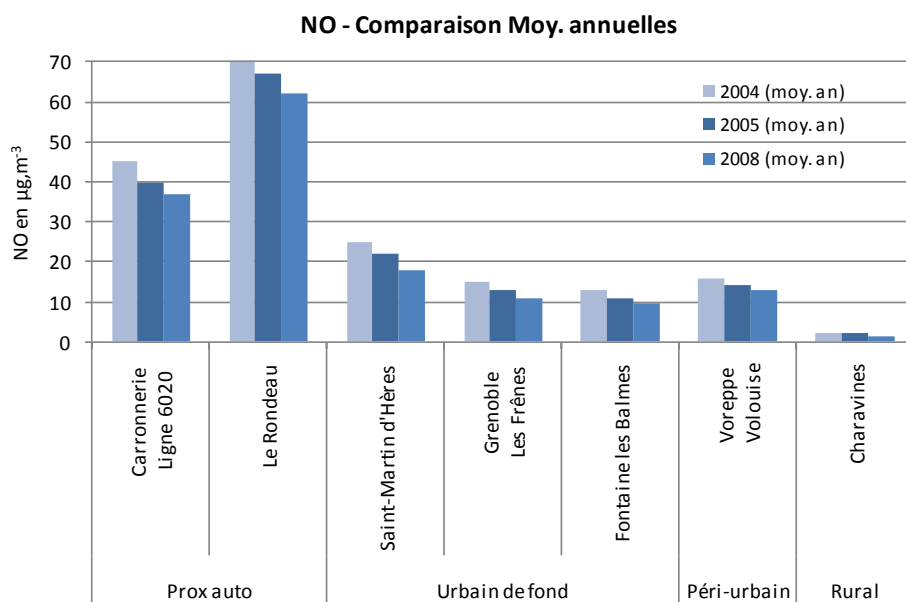
2. Evolution des niveaux de polluants sur la zone d'étude

Evolution des niveaux de polluants par rapport à 2005

Les premières mesures de qualité de l'air sur le tracé de la ligne 6020 ont été effectuées en 2005, et en 2004 sur un seul point du carrefour de la Carronnerie dans le cadre de l'observatoire des déplacements du PDU grenoblois.

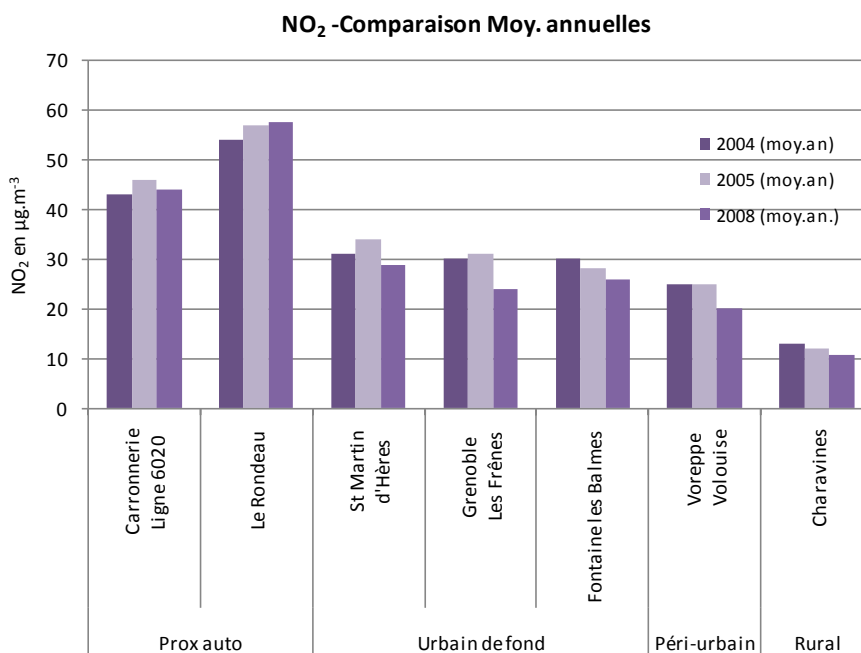
✓ Mesures par analyseurs

Les graphiques suivants comparent les concentrations moyennes annuelles des polluants mesurés en 2004, 2005 et 2008, sur la station mobile localisée carrefour de la Carronnerie et sur les sites fixes de l'ASCOPARG.



Comparaison des concentrations moyennes annuelles de monoxyde d'azote (NO) entre 2004, 2005 et 2008 sur le site d'étude et sur les sites fixes d'ASCOPARG

Depuis 2004, les moyennes annuelles de NO observées sur le site d'étude sont en nette décroissance (-20 %). Cette diminution des niveaux est également visible sur les stations fixes de surveillance tous environnements confondus (urbain, péri-urbain et rural).

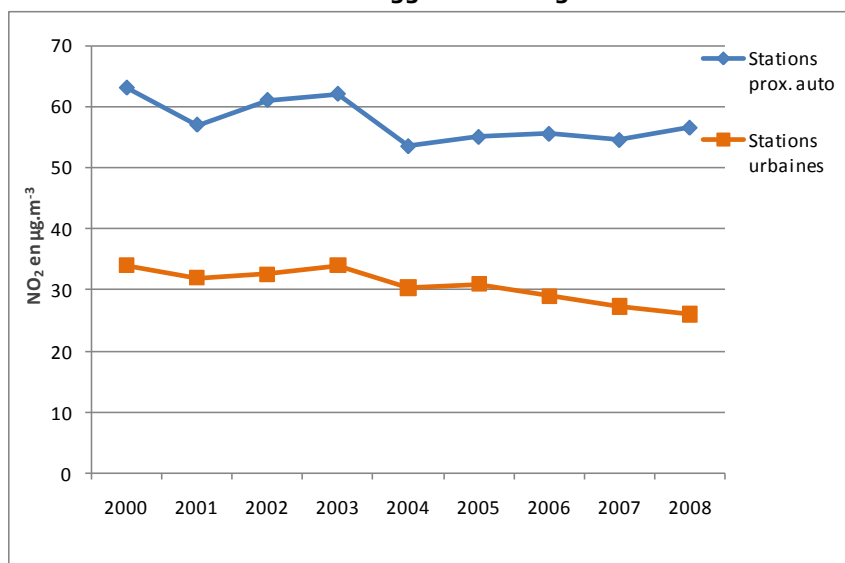


Comparaison des concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) entre 2004, 2005 et 2008 sur le site d'étude et sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Les moyennes annuelles de NO₂ mesurées sur le site d'étude montrent plutôt une tendance à la stagnation, voire à la dégradation¹. Ce phénomène s'observe également sur le site de proximité automobile du Rondeau et de manière générale sur les sites de proximité trafic du réseau fixe d'ASCOPARG. Il est à noter que le site urbain de St Martin-d'Hères indique une tendance similaire qui peut s'expliquer par l'influence automobile sur la qualité de l'air de cette station.²

Par contre, il semble que les autres sites urbains/périurbains/ruraux suivent une tendance à l'amélioration. Une baisse des niveaux de fond en NO₂ est observée depuis 2006 (-10%) au niveau de l'agglomération grenobloise. Cela restera à confirmer dans les années à venir ?

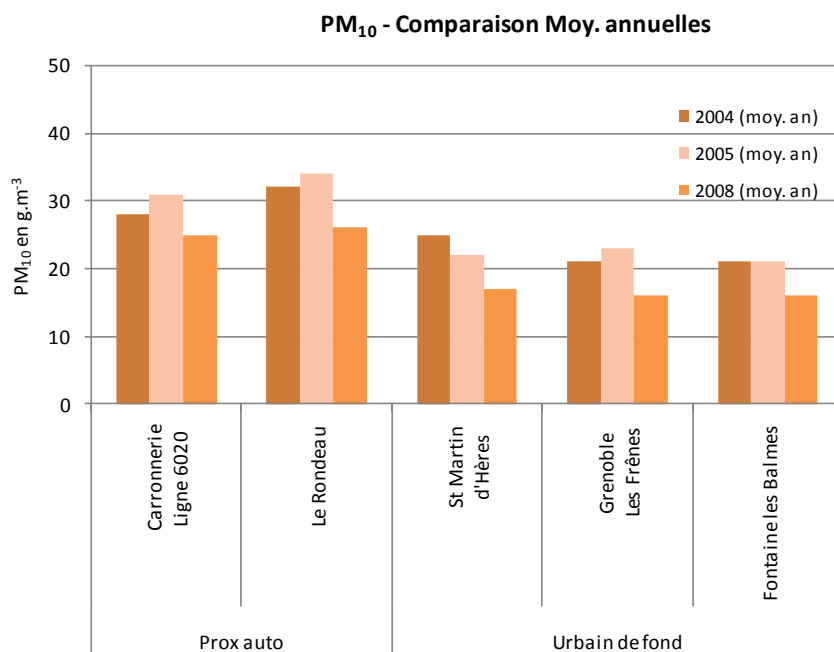
**Evolution des moyennes annuelles en NO₂
Au niveau de l'agglomération grenobloise**



Concentrations moyennes annuelles en NO₂ des stations fixes urbaines et trafic de l'ASCOPARG

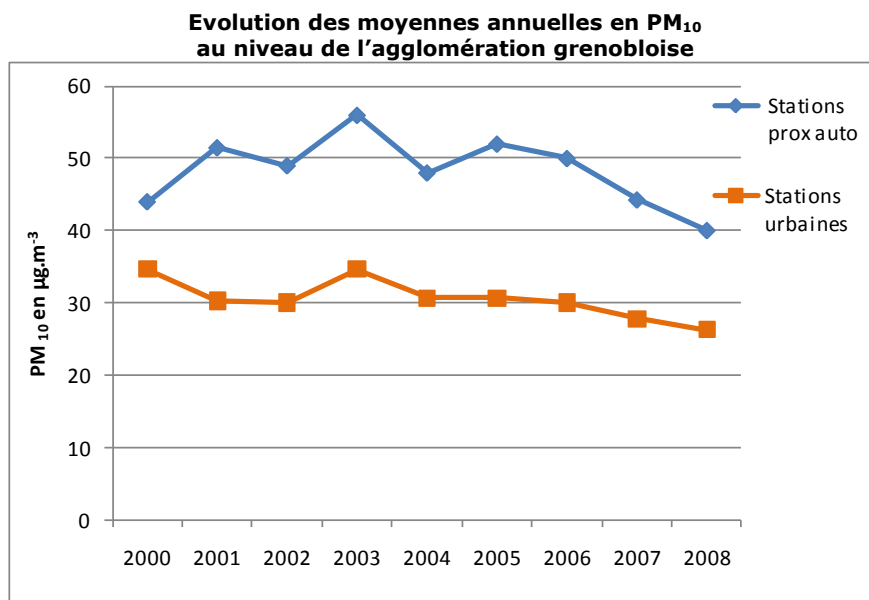
¹ Cette tendance s'explique par une augmentation du NO₂ émis directement par certains véhicules équipés de filtres à particules

² Lié probablement à la présence d'un parking à proximité du site de Saint-Martin d'Hères



Concentrations moyennes annuelles de particules fines (PM₁₀) en 2004, 2005 et 2008 sur le site d'étude et sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Les moyennes annuelles de particules (PM₁₀) mesurées sur le site localisé carrefour de la Carronnerie sont moins élevées en 2008 qu'en 2005¹ (-20%). Cette diminution s'observe également sur les stations fixes de proximité automobile et de fond. Une baisse des niveaux de PM₁₀ en moyenne annuelle semble se dessiner depuis 2006 au niveau de l'agglomération grenobloise.

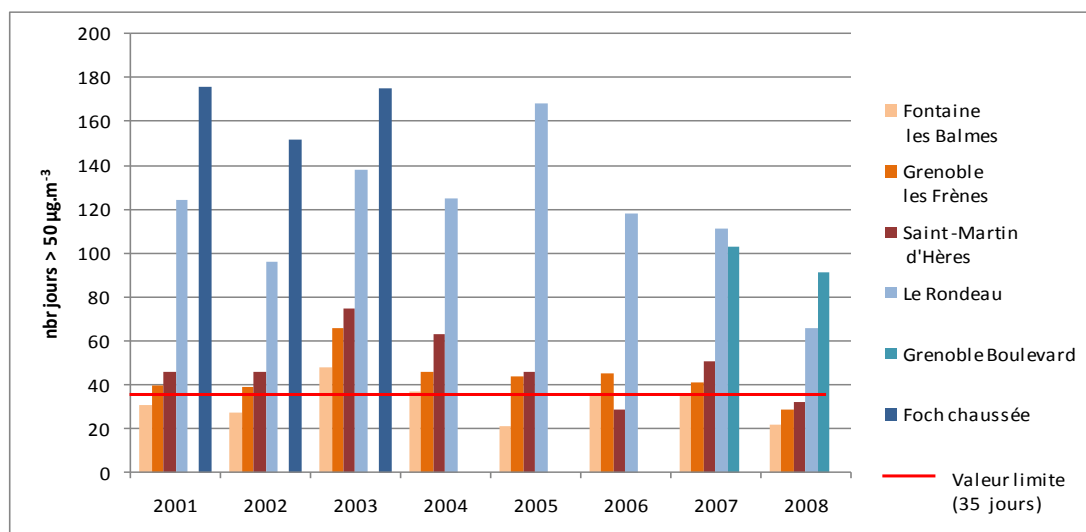


Concentrations moyennes annuelles en poussières (PM₁₀) sur les stations fixes de prox auto et urbaines de l'ASCOPARG

Par contre, la valeur limite journalière de 50 µg.m⁻³ est dépassée plus de 35 fois toutes les années depuis 2001 sur les stations de proximité automobile. Cette valeur limite est également dépassée assez fréquemment sur les stations de fond.

¹ Les données en 2008 ont été corrigées (+4 µg.m⁻³), Cf. annexe

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

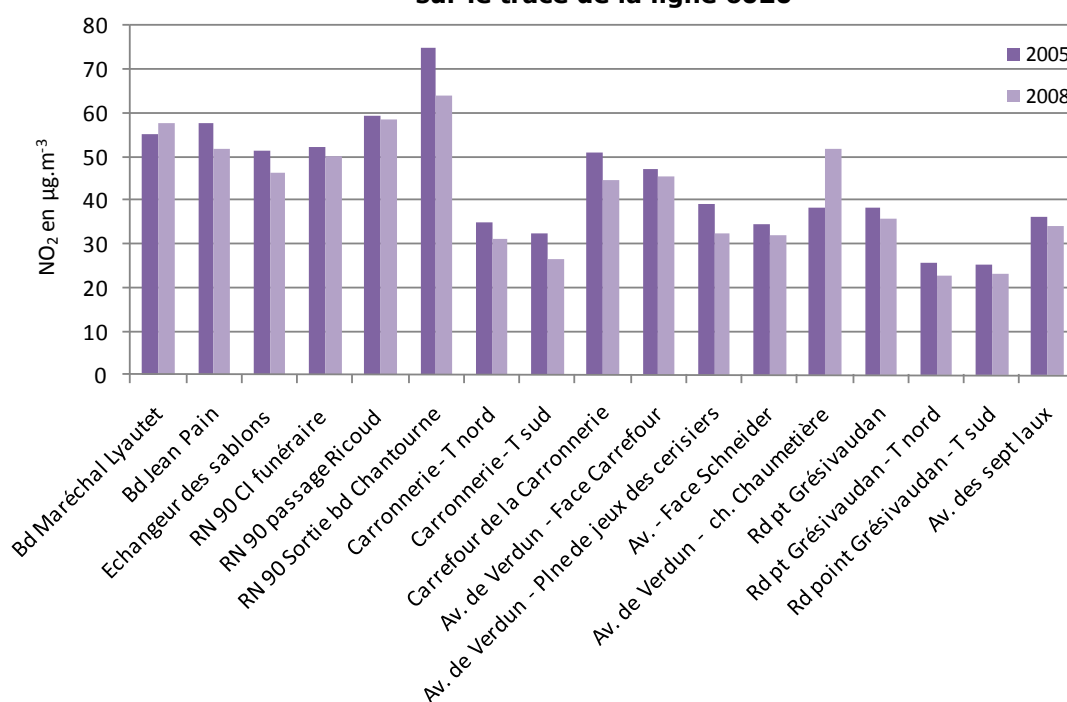


Evolution du nombre de jours de dépassement de la valeur limite en poussières (PM_{10})

✓ Mesures par tubes passifs

Les graphiques suivants comparent les moyennes annuelles de dioxyde d'azote et de benzène mesurés par tubes passifs entre 2005 et 2008 sur le tracé de la ligne 6020.

Comparaison des concentrations moyennes de NO_2 entre 2005 et 2008 sur le tracé de la ligne 6020



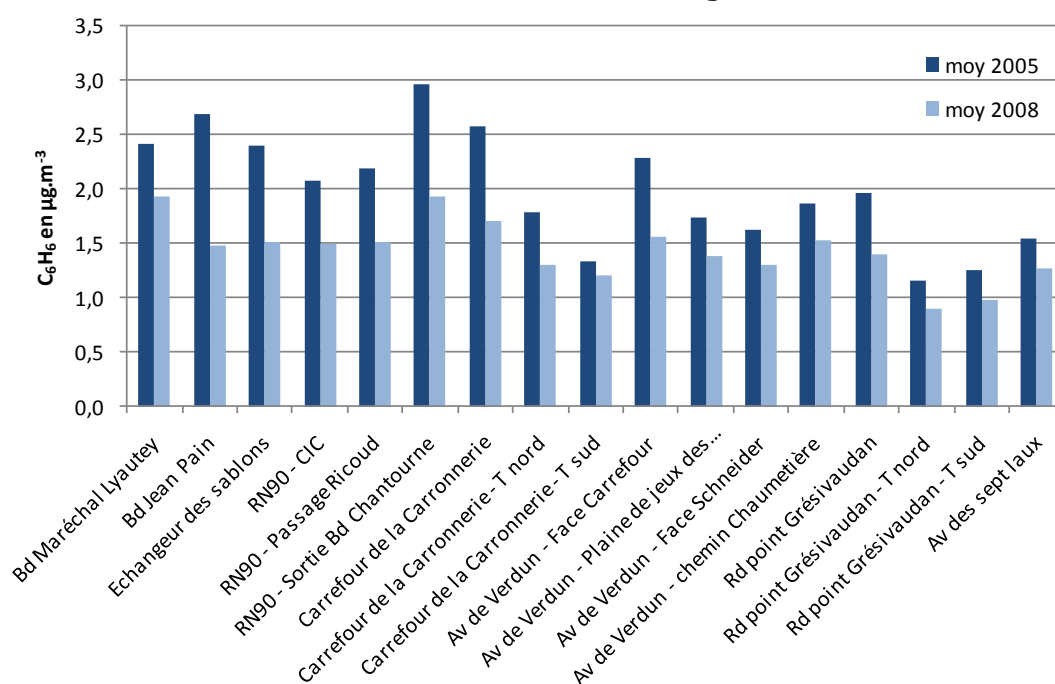
Concentrations moyennes annuelles de NO_2 en 2005 et 2008 sur le tracé de la ligne 6020

Les concentrations de NO_2 relevées sur le tracé de la ligne 6020 sont en moyenne moins élevées en 2008 par rapport à 2005 (-10%). Les conditions météorologiques en 2008 ont été plus favorables à la dispersion des polluants. Cependant, les résultats observés précédemment sur la station fixe du Rondeau et sur le site d'étude « carrefour de la Carronnerie » (niveaux de NO_2 plus élevés en 2008 par rapport à 2005) permettent de ne

pas mettre en cause ce facteur sur l'évolution constatée des concentrations de NO₂ entre 2005 et 2008 sur le tracé de la ligne. La baisse des concentrations de NO₂ sur le tracé (environ 10%) est comparable à celle observée en zone urbaine de fond et semble donc en partie liée à l'amélioration générale de la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise en ce qui concerne ce polluant. Compte-tenu de ces résultats, il est difficile de mettre en évidence une amélioration de la qualité de l'air liée à la mise en place de la ligne 6020, bien qu'une fréquentation en hausse de la ligne puisse induire en retour une circulation moindre des véhicules de particuliers, et donc une réduction des émissions de polluants.

Deux sites enregistrent une concentration à la hausse en 2008 par rapport à 2005, sur les sites « Bd Maréchal Lyautet » (+5%) et « chemin de Chaumetière » (+25%). Cette tendance, à l'inverse des autres sites, peut s'expliquer par la position (plus forte proximité par rapport à la voirie en 2008) de ces deux points de mesures qui a été déplacée.

Comparaison des concentrations moyennes de benzène entre 2005 et 2008 sur le tracé de la ligne 6020

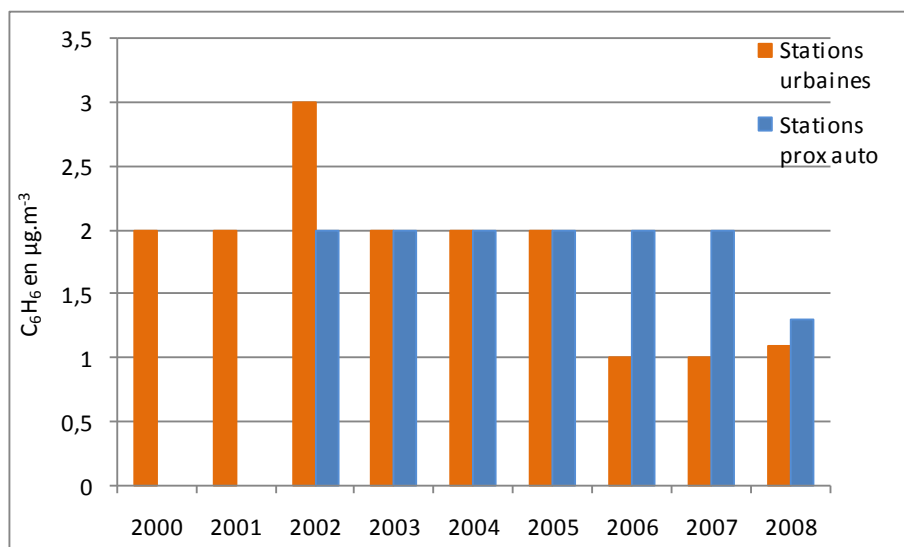


Concentrations moyennes annuelles de benzène en 2005 et 2008 sur le tracé de la ligne

Les concentrations moyennes de benzène relevées pendant les campagnes de mesures de 2008 sont moins élevées (- 40 % en moyenne) que celles mesurées en 2005. Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de cette diminution des concentrations de benzène entre 2005 et 2008.

- L'augmentation de la part des véhicules diesel dans le parc automobile qui émettent moins de COV que les véhicules à essence.
- L'amélioration générale de la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise en ce qui concerne ce polluant. Comme pour le dioxyde d'azote, les niveaux de benzène semblent en baisse sur les sites de fond de l'agglomération grenobloise depuis 2006.

Evolution des moyennes annuelles en benzène Au niveau de l'agglomération grenobloise



Concentrations moyennes annuelles en benzène sur les stations fixes de prox. auto. et urbaines de l'ASCOPARG

En résumé :

Pour la majorité des polluants mesurés, une diminution des concentrations entre 2005 et 2008 est observable sur la zone d'étude à l'exception des niveaux de NO₂ mesurés au carrefour de la carronnerie. Ceux-ci montrent plutôt une tendance à la stagnation, voir à la dégradation. L'évolution des niveaux de polluants constatée sur la zone d'étude entre 2005 et 2008 est comparable à celle observée sur les stations fixes de proximité automobile et de fond de l'agglomération grenobloise pour la même période. Il est par conséquent difficile d'évaluer l'influence de la mise en place de la ligne 6020 sur la qualité de l'air. Même si une amélioration de la qualité de l'air est perceptible sur le tracé de la ligne 6020, les niveaux de NO₂ restent élevés le long de la RN 90 jusqu'au centre de Grenoble. Ils montrent encore une influence directe du trafic automobile sur la qualité de l'air sur cette partie du tracé. Pratiquement la moitié des personnes (40%) habitant dans la zone d'influence autour de la ligne 6020 (à moins de 50 mètres) sont exposées à des concentrations de dioxyde d'azote supérieures à l'objectif de qualité prévu en 2010 (40 µg.m⁻³).

Conclusion

Cette étude a permis de montrer qu'entre 2005 et 2008, sur l'ensemble du tracé de la ligne de bus 6020, la qualité de l'air s'est globalement améliorée. Les écarts varient en fonction des polluants : la baisse la plus notable concerne le benzène (-40%), alors que pour le dioxyde d'azote (NO₂) la diminution des niveaux est moins flagrante (-10%).

Mais, à première vue, cette amélioration ne semble pas liée directement à la mise en place de la ligne de bus 6020, puisqu'elle est observée sur l'ensemble des sites de fond urbain de l'agglomération grenobloise. En particulier, la baisse des niveaux en benzène semble liée à la réduction des émissions de ce polluant dans le transport routier, et notamment à la part de plus en plus importante des véhicules diesel dans le parc automobile.

D'autre part, il n'en demeure pas moins que les niveaux de NO₂ mesurés le long du tracé de la ligne 6020 restent élevés, notamment entre la limite ouest de la commune de Meylan et le centre-ville de Grenoble. En effet, sur cette partie du tracé, les résultats montrent des concentrations qui augmentent au fur et à mesure que l'urbanisation se densifie. Ainsi, depuis la RN 90 jusqu'au centre-ville de Grenoble, les niveaux en moyenne annuelle pour le NO₂ ne respectent pas l'objectif de qualité (40 µg.m⁻³), qui est également la valeur limite à respecter en 2010. Ces résultats montrent donc une influence directe du trafic automobile sur la qualité de l'air pour cette partie du tracé, qui avait déjà été observée avec les premières mesures réalisées en 2005.

Cette influence du trafic sur les niveaux de benzène semble plus modérée. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées sur les sites à proximité des carrefours principaux (Bd M^{al} Lyautet, RN 90 sortie Bd Chantourne, carrefour de la Carronnerie), avec des niveaux proches mais inférieurs à l'objectif de qualité (2 µg.m⁻³).

De même, la qualité de l'air autour du « carrefour de la Carronnerie » à Meylan reste préoccupante, même si pour la majorité des polluants mesurés, la qualité de l'air mesurée à cet endroit s'est améliorée depuis la mise en place de la ligne 6020 (baisse d'env. -20%). En effet, par rapport à 2005, les mesures effectuées avec la station mobile en 2008 montrent que les niveaux en NO₂ font plutôt l'objet d'une stagnation, voire d'une légère dégradation, indiquant encore une fois l'influence notable du trafic automobile. Par ailleurs, comme en 2005, les moyennes annuelles pour le NO₂ et les particules fines (PM₁₀) mesurées sur ce site ne sont pas conformes aux objectifs de qualité.

Enfin, cette étude a permis d'évaluer qu'environ 40% des riverains habitant à moins de 50 mètres de la ligne 6020 (soit 1600 personnes) sont exposés à des concentrations en NO₂ supérieures ou égales à l'objectif de qualité et valeur limite pour 2010 (40 µg.m⁻³). Par ailleurs, même si les niveaux en NO₂ décroissent à partir du carrefour de la carronnerie en s'éloignant de Grenoble, les résultats de modélisation indiquent que, sur la portion du tracé la moins urbanisée comprise entre Meylan et la boucle des sablons, un habitant sur six (15%) est potentiellement exposé à des concentrations en NO₂ supérieures à l'objectif de qualité.

L'ensemble de ces résultats montrent donc qu'il convient d'être prudent sur les futurs projets d'urbanisme à l'intérieur de ce secteur, puisque toute urbanisation en proximité de voirie sera susceptible d'exposer de nouvelles populations à un air non-conforme à la réglementation française et européenne. Par conséquent, il serait souhaitable de prendre en compte les recommandations issues des études préalables sur le « projet de Tram E »¹ afin de ne pas exposer les populations à des dépassements de valeurs réglementaires.

¹ Cf rapport projet de requalification de la ligne de bus 3 en ligne de tram E : <http://www.atmo-rhonealpes.org>

ANNEXES

ANNEXE 1 : Implantation des sites de mesures par laboratoire mobile

Nom des sites	Site de mesures par laboratoire mobile		Polluants mesurés
<p>SMTC 2005</p> <p>Typologie des sites de mesures : Observation spécifique (influence de l'avenue de Verdun et de la N90)</p>	 <p>Carrefour de la Carronnerie (limite La Tronche Meylan) Code site : SMTC_200508</p>	 <p>Rond point du Grésivaudan (Meylan) Code site : SMTC_200514</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SO₂ ▪ NO_x ▪ CO ▪ PM₁₀ ▪ C₆H₆
<p>2008_ASC_SMTC</p> <p>Typologie du site de mesures : Observation spécifique (influence de l'avenue de Verdun et la N90)</p>	 <p>Carrefour de la Carronnerie (limite La Tronche Meylan) Code site : 2008_ASC_SMTC_ligne-6020_08MOB</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ SO₂ ▪ NO_x ▪ CO ▪ PM₁₀ ▪ O₃ ▪ C₆H₆

ANNEXE 2 : Identification des sites de mesures en 2005 et 2008

Etude ligne 6020 en 2005

Code du site	Nom du site	Type mesures
SMTC2005_01	Boulevard Maréchal Lyautet	tube
SMTC2005_02	Boulevard jean Pain	tube
SMTC2005_03	Echangeur des sablons	tube
SMTC2005_04	RN90 Centre communal interfunéraire	tube
SMTC2005_05	RN90 face France 3	tube
SMTC2005_06	RN90 Passage Ricoud	tube
SMTC2005_07	RN90 sortie boulevard Chantourne	tube
SMTC2005_08	Carrefour de la Carronnerie	MOB et tube
SMTC2005_09	Carrefour de la Carronnerie transect nord	tube
SMTC2005_10	Carrefour de la Carronnerie transect sud	tube
SMTC2005_11	Avenue de Verdun -Face carrefour	tube
SMTC2005_12	Avenue de Verdun plaine des jeux des cerisiers	tube
SMTC2005_13	Avenue de Verdun Face Schneider	tube
SMTC2005_14	Avenue de Verdun Intersection avec chemin de Chaumetière	MOB et tube
SMTC2005_15	Rond point du Grésivaudan	tube
SMTC2005_16	Rond point du Grésivaudan- Transect Nord	tube
SMTC2005_17	Rond point du Grésivaudan- Transect sud	tube
SMTC2005_18	Avenue des sept Laux	tube

Etude ligne 6020 en 2008

Code du site	Nom du site	Type mesures
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_01	Boulevard Maréchal Lyautet	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_02	Boulevard jean Pain	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_03	Echangeur des sablons	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_04	RN90 Centre communal interfunéraire	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_05	Site supprimé	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_06	RN90 Passage Ricoud	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_07	RN90 sortie boulevard Chantourne	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_0801	Carrefour de la Carronnerie	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_0802	Carrefour de la Carronnerie transect nord	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_08MOB	Carrefour de la Carronnerie transect sud	MOB tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_09	Avenue de Verdun -Face carrefour	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_10	Avenue de Verdun plaine des jeux des cerisiers	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_11	Avenue de Verdun Face Schneider	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_12	Avenue de Verdun Intersection avec chemin de Chaumetière	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_1301	Rond point du Grésivaudan- Transect sud	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_1302	Rond point du Grésivaudan- Transect Nord	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_13	Rond point du Grésivaudan	tube
2008_ASC_SMTC_ligne-6020_14	Avenue des sept Laux	tube

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

Sites fixes de mesures d'ASCOPARG en 2007		
<p>Le 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 ■ 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>Voreppe Volouise Typologie du site de mesures : <i>Périurbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ O₃
<p>Grenoble périurbain sud Typologie du site de mesures : <i>Périurbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ PM₁₀ ■ O₃
<p>Grésivaudan périurbain Typologie du site de mesures : <i>Périurbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ PM₁₀ ■ O₃
<p>Une station " périurbaine " 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.

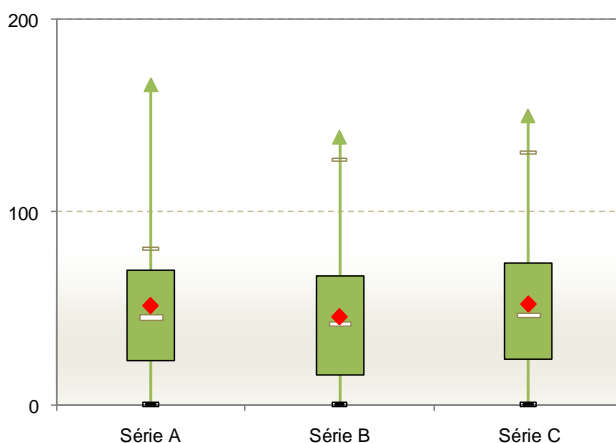
- **Moyenne horaire** = moyenne arithmétique des valeurs quart-horaires mesurées par l'analyseur (Une moyenne horaire est valide si au moins 3 valeurs quart-horaires qui la composent le sont).
- **Moyenne journalière** = moyenne arithmétique des valeurs horaires de 0 à 23 heures (Une moyenne journalière 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)

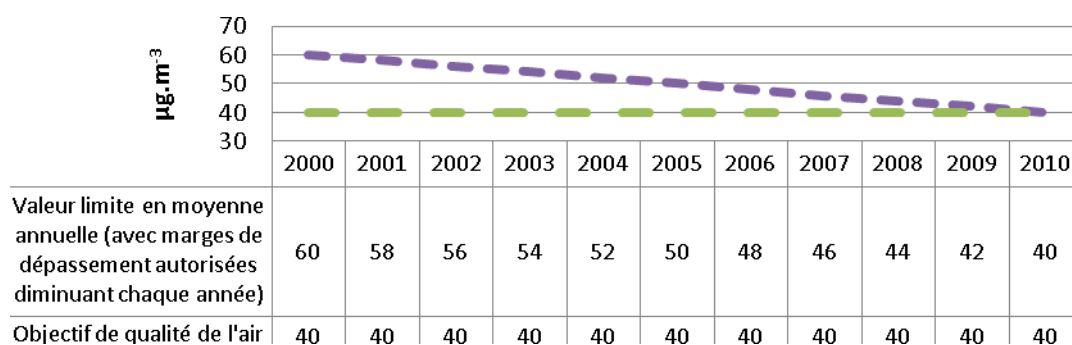
La réglementation définit pour le dioxyde d'azote (NO₂) plusieurs valeurs à respecter :

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).

Valeurs réglementaires concernant les COV

Seul le **Benzène** est réglementé au niveau européen, avec une **valeur limite pour la protection de la santé** fixée à **5 $\mu\text{g.m}^{-3}$** pour 2010, mais avec des marges de dépassement autorisées décroissantes d'ici là :

2005	2006	2007	2008	2009	2010
10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	9 $\mu\text{g.m}^{-3}$	8 $\mu\text{g.m}^{-3}$	7 $\mu\text{g.m}^{-3}$	6 $\mu\text{g.m}^{-3}$	5 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Evolution de la valeur limite pour la protection de la santé concernant le benzène entre 2005 et 2010

En droit français, il existe un **objectif de qualité** pour le **Benzène** qui est fixé à **2 $\mu\text{g.m}^{-3}$** .

ANNEXE 6 : Le modèle SIRANE

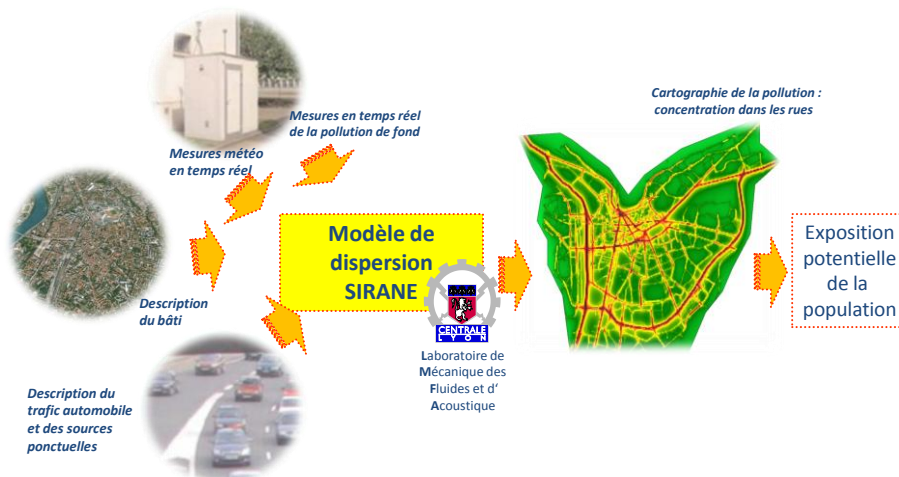
Le modèle SIRANE est développé au Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique de l'Ecole Centrale de Lyon. Les travaux de recherche qui ont conduit au développement de ce modèle ont été réalisés dans le cadre de la thèse de L.Soulhac¹.

Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle de la rue ou d'un quartier (échelle de l'ordre de 10 mètres), qui permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones urbaines 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

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

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.

ANNEXE 7 : Les données météorologiques

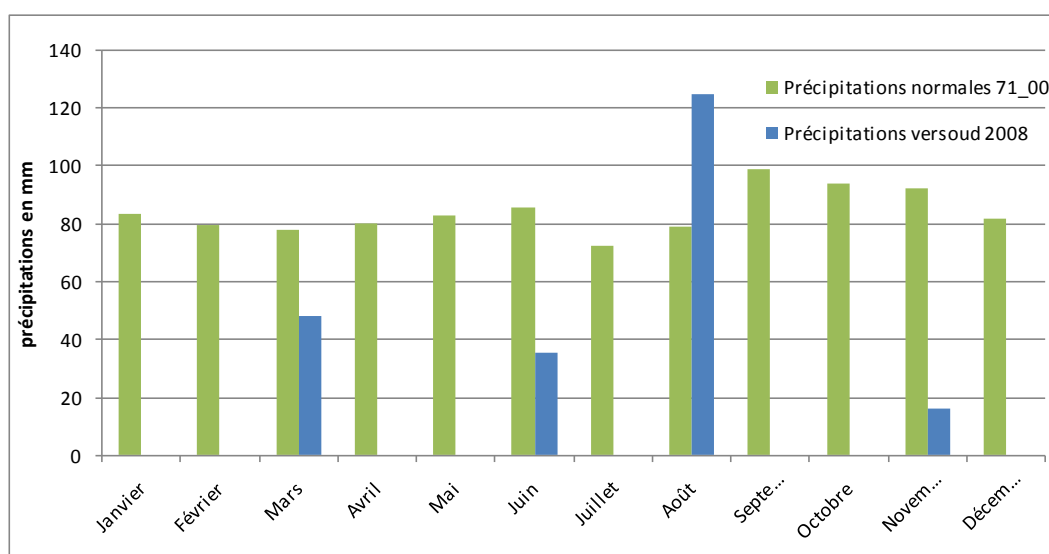
Température et pluviométrie en 2008

Ces deux paramètres sont étudiés car ils peuvent avoir une influence non négligeable sur les mesures de qualité de l'air.

Ainsi, une forte baisse de température en hiver (par rapport à la normale) s'accompagne généralement d'une hausse des émissions polluantes liées au chauffage.

Par ailleurs, les précipitations contribuent généralement à la diminution des concentrations de polluants dans l'air (lessivage de l'atmosphère).

Les graphiques ci-dessous comparent les températures et les précipitations recueillies sur la station **du Versoud en 2008 avec les normales saisonnières de la station météo France de Saint-Martin d'Hères (1971-2000).**



	Fev-Mars	Mai-Juin	Août-Sept	Nov
T° moy étude 6020	8	17	19	5
Normales saisonnières	6	17	20	7

Pluviométrie mensuelle et température moyenne mensuelle en 2008 (en bleu campagnes de mesures, en vert les normales saisonnières)

Les précipitations observées lors de la campagne d'été (124 mm) sont assez importantes alors qu'elles sont faibles pendant la campagne automnale. Lors des deux autres campagnes les précipitations semblent conformes aux normales saisonnières (égales à environ 50 % des pluies mensuelles).¹

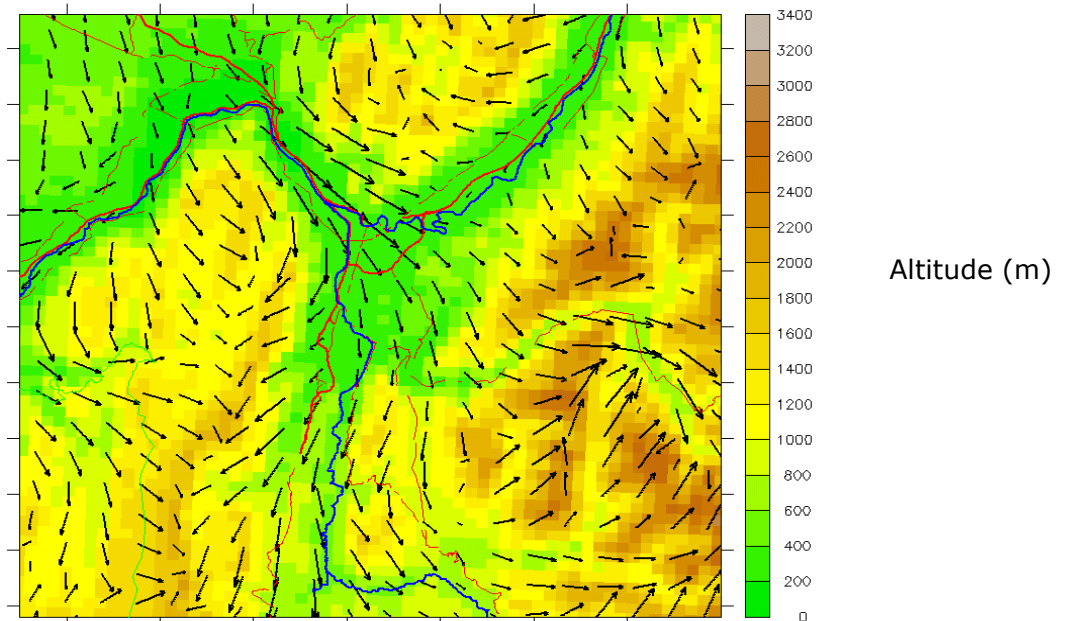
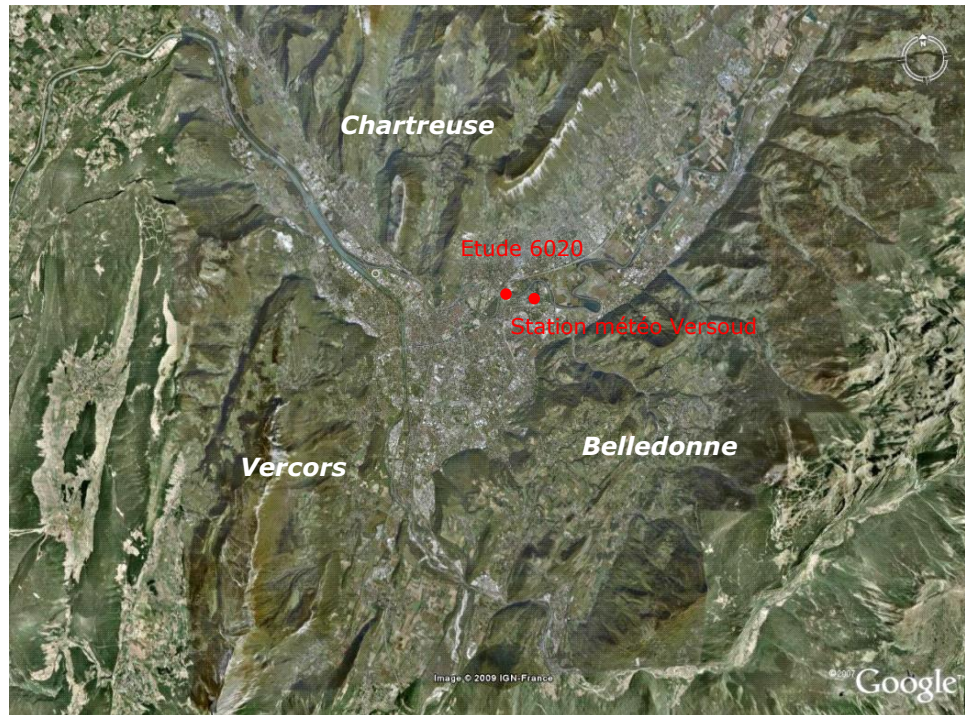
Les précipitations ont été selon les campagnes plus ou moins favorables au lessivage de l'atmosphère et par conséquent elles ne semblent pas avoir un impact sur la représentativité annuelle des mesures de qualité de l'air.

Les températures relevées lors des 4 campagnes sont proches des normales saisonnières.

¹ Les précipitations sur les périodes de mesures sont calculées sur 2 semaines (durée de la campagne de mesures). Elles sont donc comparées à la moitié des moyennes mensuelles des normales saisonnières.

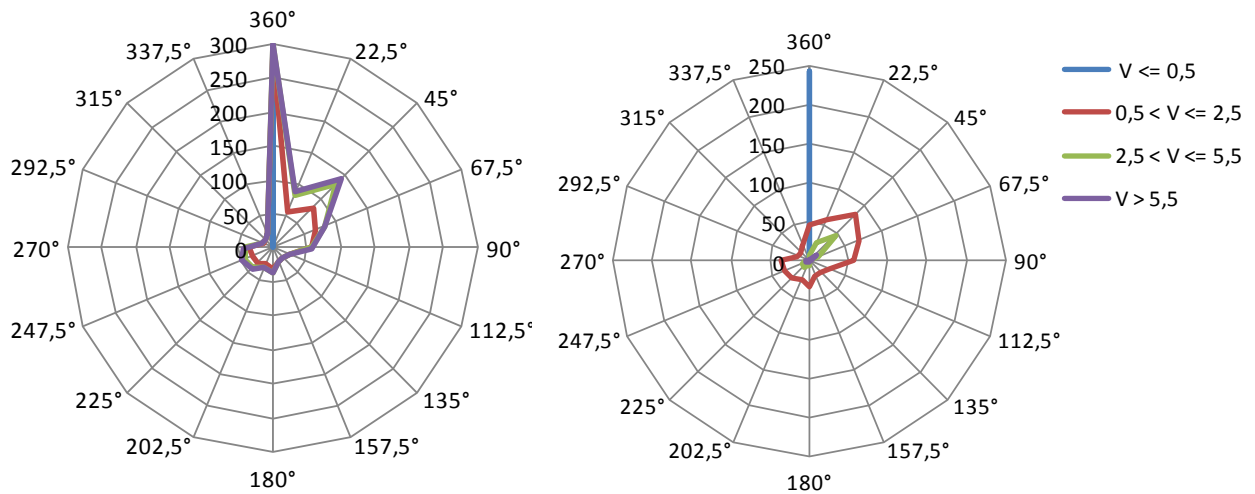
Vitesse et direction des vents

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).



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

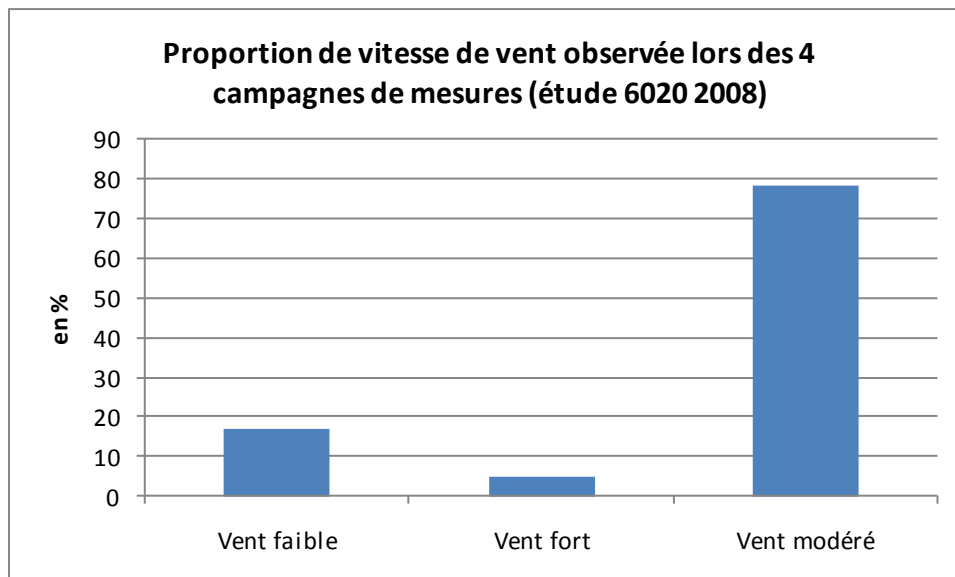
Cette carte montre la confluence des écoulements de la cluse de Voreppe et du Grésivaudan qui crée des vents faibles dans la zone de la Tronche et une direction de vent nord-ouest pouvant être observée sur une partie de l'agglomération grenobloise.



Rose des vents sur le site météo France du Versoud (2006-2009) cumulée (à gauche) faisant ressortir la direction des vents dominants et non cumulée (droite) faisant ressortir les vitesses dominantes

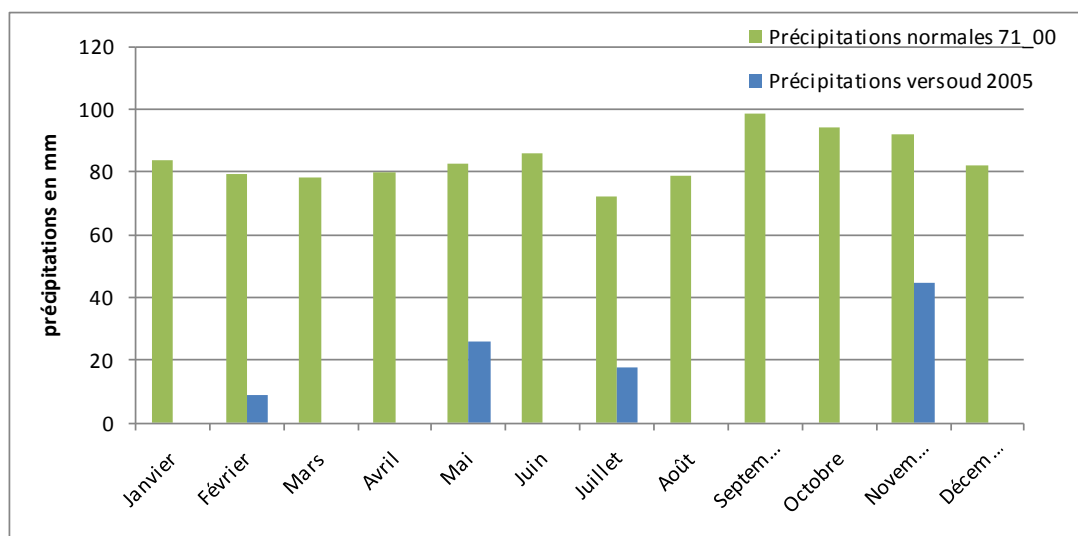
La station du Versoud se situe au nord est de l'agglomération de Grenoble. Dans ce secteur, le vent est canalisé par la vallée allant de Pontcharra à Grenoble ce qui explique une direction du vent plutôt orientée nord-nord-est.

Le graphique ci-après représente la proportion de vitesse de vent (faible, moyen, fort) observée sur la station du Versoud lors des 4 campagnes de mesures en 2008.

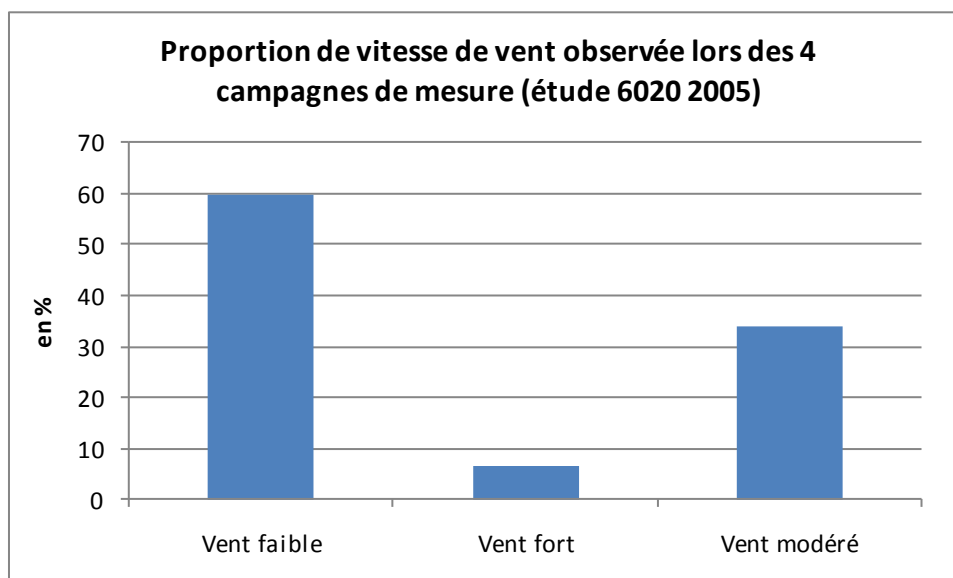


Les vents observés sur les périodes de mesures en 2008 ont été majoritairement modérés (80%) et donc assez favorables à la dispersion des polluants.

Vitesse du vent et pluviométrie en 2005



Les précipitations mesurées lors des trois campagnes de mesures (hiver, printemps, été) et sur l'ensemble de l'année 2005 (700 mm contre 1000 mm) sont faibles en comparaison aux normales saisonnières. Seules les précipitations observées lors de la campagne automnale semblent conformes aux normales saisonnières (égales à environ 50% des pluies mensuelles)¹.



Une proportion plus importante de vent faible a été observée pendant les périodes de mesures de 2005. La proportion de vent modérés en 2005 est moins importante (30%) que celle observé lors des mesures effectuées en 2008 (80%). Les conditions de vent lors des campagnes de 2005 sont plus propices à l'accumulation des polluants.

¹ Les précipitations sur les périodes de mesures sont calculées sur 2 semaines (durée de la campagne de mesures). Elles sont donc comparées à la moitié des moyennes mensuelles des normales saisonnières.

	Fév-Mars	Mai	Juillet-Août	Nov
T° moy étude 6020	0	18	22	11
Normales saisonnières	6	16	21	9

Les températures moyennes relevées lors de la campagne hivernale sont en dessous des normales saisonnières.

ANNEXE 8 : Techniques de mesures

Les méthodes de travail d'ASCOPARG sont certifiées selon le référentiel d'assurance qualité ISO 9001 pour l'ensemble de son activité et 17025 pour l'activité d'étalonnage et ont été appliquées pour la présente étude (maintenance du parc d'appareils de mesures, traitement des données, conduite de projet).

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 équivalents à ceux du réseau fixe de l'ASCOPARG, pour la mesure en continu des polluants réglementés (NO_2 , PM_{10} , CO ...). 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 en continu par analyseurs

Dans le cadre de cette étude, les mesures en continu par analyseurs automatiques concernent les polluants suivants :

- Les oxydes d'azote (NO_x : NO et NO_2)
- Les poussières en suspension de taille inférieure à 10 microns (PM_{10})
- Le monoxyde de carbone (CO)
- Le dioxyde de soufre (SO_2)
- L'ozone (O_3)

Pour établir un bilan de la qualité de l'air et estimer l'importance des dépassements de valeurs réglementaires, il est indispensable de disposer de données précises (déclinées dans la mesure du possible sur un pas de temps horaire) produites par les analyseurs.



La remorque laboratoire



Vue intérieure

Photos d'une remorque laboratoire

Mesures par échantillonnage 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), moins onéreuse que les mesures par analyseurs (mesure horaire en automatique et en continu), présente l'avantage de pouvoir 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 et le benzène.

Les tubes Benzène (C_6H_6) et dioxyde d'azote (NO_2) sont exposés dans l'air ambiant sur une période d'une semaine, puis renvoyés pour analyse afin de déterminer la concentration des polluants piégés.



Tubes BTX



Tubes NO_2

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

Afin de pouvoir les comparer avec les analyseurs une standardisation des données à $20^\circ C$ a été réalisée. Il est à noter que cette technique des échantillonneurs passive a tendance à surestimer les concentrations de polluants¹.

¹ Rapport : Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote ADEME, LCSQA, fédération Atmo, septembre 2002

La modélisation de la qualité de l'air

En complément des mesures effectuées dans le cadre de cette étude, nous utiliserons la cartographie des niveaux moyens annuels de dioxyde d'azote (NO₂) réalisée à l'aide du **modèle SIRANE** (cf. Annexe 6) et actualisée pour l'année 2008.

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

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 une station fixe du réseau).

- données météorologiques

L'année 2008 a été simulée sur Grenoble en utilisant **les mesures météorologiques de Pont de Claix** (station météo de l'ASCOPARG).

- données d'émissions

Les données de trafic sur la ville de Grenoble sont issues de la modélisation DAVISUM réalisée par l'AURG^[1] pour le compte du SMTC sur la base de l'enquête ménage de 2002^[2]. **Les volumes de trafic ont été corrigés pour l'année 2006 à partir des évolutions 2002-2006 constatées sur les postes de comptages disponibles sur l'agglomération (voies rapides et départementales), en lien avec l'AURG. Le parc roulant 2008 a été utilisé, tandis que le calcul des émissions a été réalisé en utilisant la méthode COPERT 4.**

La traduction de volumes de trafic en émissions se fait par des facteurs d'émissions issus de **COPERT 4** (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport). Ce travail mené conjointement par plusieurs organismes de recherche européens, a abouti à des formules mathématiques permettant 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).

- 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 2008 utilisée est de 25 µg.m⁻³.

[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.

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.

ANNEXE 9 : 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 6020 (env. +4 µg.m⁻³).

- ✓ Ajustement linéaire pour la correction des données PM₁₀ sur le site « Carronnerie » étude ligne 6020 : **a = 0,8934**
b=0 ; x=35 et y =39

PM ₁₀ totales	Moy annuelle	Moy 4 campagnes
Stations de mesures		
Rondeau	38	35
Grenoble Boulevard	42	38
SMH	28	23
Grenoble les Frênes	26	23
Fontaine les Balmes	25	22
Grenoble périurbain sud	23	21
Grésivaudan périurbain	26	23
Carrefour Carronnerie	39	35

