



Qualité de l'air à l'ouest de l'agglomération grenobloise

Etude de l'influence des voies rapides urbaines

Mesures réalisées en 2008-2009

ASCOPARG



**Association pour le
Contrôle et la Prévention
de l'Air dans la Région
Grenobloise**

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



Résumé

L'« ouest grenoblois » est un secteur qui possède encore des zones potentiellement constructibles et qui est traversé par la voie rapide « A480 », permettant de relier le nord et le sud de l'agglomération grenobloise.

A l'aube de 2010, ce territoire se retrouve au cœur de plusieurs projets d'urbanisme et de déplacements, dont celui du réaménagement de l'A480 en « 2 x 3 voies ».

En 2007, des premières mesures de qualité de l'air avaient été réalisées à proximité de l'A480, au niveau du secteur « Bouchayet-Viallet », dans le cadre de l'observatoire du Plan de Déplacement Urbain (PDU). Les résultats montraient une certaine 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).

En 2008 une deuxième série de mesures a été réalisée sur le même secteur, avec des prélèvements complémentaires pour évaluer les niveaux de 83 autres polluants, parmi des composés organiques volatils (COV), des Aldéhydes, des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et des Eléments Traces Métalliques (ETM ou Métaux Lourds).

Ce rapport présente l'analyse de ces mesures, complétée avec des résultats d'une autre étude réalisée au nord de l'agglomération et en comparant les niveaux aux sites de référence (trafic et fond urbain) et aux valeurs réglementaires.

Les résultats de mesures en 2008 ont confirmé ceux de 2007. La circulation automobile de l'A480 a bien un impact sur son environnement proche pour certains polluants émis par le trafic.

Pour les polluants mesurés en continu avec des analyseurs, comme les oxydes d'azote (NO, NO₂), les particules (PM₁₀) ou encore le monoxyde de carbone (CO), les résultats sur le site d'étude, à 50 mètres de l'A480, les niveaux se situent entre le fond urbain et la proximité directe du trafic. La moyenne annuelle en NO₂ dépasse l'objectif de qualité, tout en étant proche de la valeur limite. En revanche, pour les 83 polluants mesurés par prélèvements (COV, HAP, Aldéhydes, Métaux Lourds) les niveaux mesurés sont comparables aux niveaux observés en fond urbain et sont conformes aux valeurs réglementaires.

La modélisation SIRANE à l'échelle de la rue a été utilisée pour estimer les concentrations en NO₂ sur la zone d'étude et calculer le pourcentage de personnes exposées à des moyennes annuelles supérieures aux seuils réglementaires pour ce polluant.

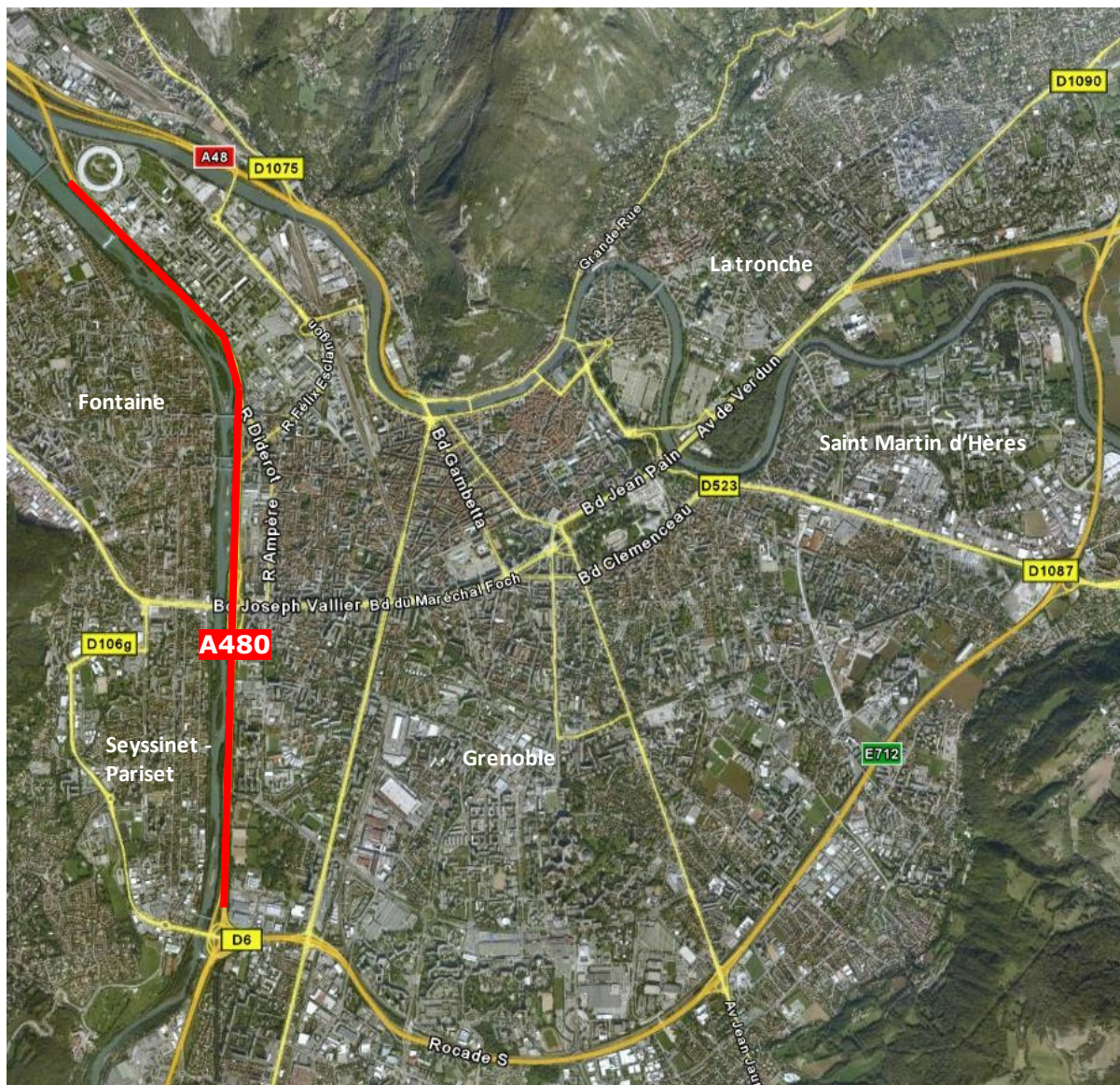
Les résultats montrent que la moitié des personnes habitant à moins de 150m de l'A480 (1700 personnes) sont exposées à des concentrations de dioxyde d'azote supérieures à l'objectif de qualité prévu en 2010 (40 µg.m⁻³) et environ un tiers (1100 personnes) sont exposées à des concentrations supérieures à la valeur limite de 2008 (44 µg.m⁻³).

D'autre part, dans une bande de 400 mètres autour de l'A480, environ 1 personne sur 5 est potentiellement exposée à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité. Ce chiffre est proche du pourcentage de personnes exposées à la même valeur résidant au centre-ville de Grenoble, sur une zone qui compte environ deux fois plus d'habitants.

Sommaire

Résumé	2
Introduction	4
1. Méthodologie adoptée.....	6
1. SITES DE MESURES.....	6
<i>Dispositif spécifique à l'étude.....</i>	6
<i>Stations de référence.....</i>	8
<i>Autres sites de comparaison.....</i>	9
2. PERIODES DE MESURES	9
<i>Calendrier des mesures en 2008.....</i>	9
<i>Représentativité des périodes de mesures.....</i>	11
3. TECHNIQUES DE MESURES	12
<i>Mesures en continu par analyseurs.....</i>	12
<i>Mesures par échantillonnage passifs pour le dioxyde d'azote et le benzène.....</i>	13
<i>Mesures par prélèvements actifs.....</i>	14
4. LA MODELISATION DE LA QUALITE DE L'AIR	15
<i>Les données d'entrée.....</i>	15
2. Présentation des résultats	16
1. LES OXYDES D'AZOTES (NOX)	16
<i>Les émissions de NOx.....</i>	16
<i>Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation.....</i>	18
<i>Répartition spatiale du dioxyde d'azote.....</i>	23
<i>Calculs d'exposition de la population au NO₂ en proximité automobile.....</i>	26
2. LES PARTICULES EN SUSPENSION	30
<i>Les émissions de PM₁₀ dans l'agglomération grenobloise.....</i>	30
<i>Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation.....</i>	31
3. LE MONOXYDE DE CARBONE	33
<i>Les émissions en monoxyde de carbone dans l'agglomération de Grenoble.....</i>	33
<i>Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation.....</i>	33
4. LE DIOXYDE DE SOUFRE	35
<i>Les émissions de dioxyde de soufre dans l'agglomération grenobloise.....</i>	35
<i>Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation.....</i>	35
5. BTX BENZENE, TOLUENE, XYLENES	36
<i>Les émissions de COV dans l'agglomération grenobloise.....</i>	36
<i>Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation.....</i>	36
6. RESULTATS DES PRELEVEMENTS : COV, ALDEHYDES, HAP ET ETM	39
<i>Origine des polluants.....</i>	39
<i>Représentativité et sites de comparaison.....</i>	40
<i>Composés Organiques Volatils (COV).....</i>	41
<i>Aldéhydes.....</i>	49
<i>Eléments Traces Métalliques (ETM ou Métaux Lourds).....</i>	51
<i>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).....</i>	55
7. COMPARAISON DES MESURES ENTRE 2007 ET 2008	57
<i>Evolution des niveaux sur la zone d'étude entre 2007 et 2008.....</i>	57
<i>Evolution de la qualité de l'air sur l'agglomération grenobloise.....</i>	60
Synthèse par polluant vis-à-vis des valeurs réglementaires	63
Conclusion	65
ANNEXES	67
ANNEXE 1 : Implantation des sites de mesures par laboratoire mobile	67
ANNEXE 2 : Identification des sites de mesures en 2008 et 2007	69
ANNEXE 3 : Sites fixes de mesures de l'ASCOPARG pris en référence pour l'étude.....	70
ANNEXE 4 : Les unités statistiques employées.....	72
ANNEXE 5 : Les valeurs réglementaires	73
ANNEXE 6 : Le modèle SIRANE.....	78
ANNEXE 7 : Résultats des mesures	79

Introduction



La portion d'autoroute « A480 », entre la ZI de Saint-Egrève et l'échangeur du Rondeau à Echirolles, avec la « Rocade sud » constituent un ensemble de voies rapides urbaines « 2 x 2 voies » permettant de contourner l'agglomération grenobloise par le sud.

Avec un trafic pouvant atteindre plus de 80 000 véhicules/jour sur certaines portions, ces voies rapides urbaines sont souvent soumises à des phénomènes de congestion ou de saturation provoquant de nombreux bouchons, notamment aux heures de pointes¹.

Par ailleurs, l'A480 est un axe stratégique pour la traversée de l'agglomération du nord au sud qui se retrouve donc aujourd'hui au cœur de plusieurs projets d'urbanisme et de déplacements sur le territoire grenoblois, comme celui de réaménagement de la voirie en « 2 x 3 voies ».

¹ Dans le cadre du Plan de Déplacement Urbain (PDU) de l'agglomération grenobloise, il a été constaté qu'entre 1992 et 2002 le trafic automobile a augmenté pour les trajets périphérie-périphérie de +46% et pour les échanges agglomération-extérieur via ces voies rapides urbaines de +27% au nord-ouest et +20% vers le sud.

Malgré les améliorations technologiques de l'industrie automobile pour la réduction des émissions et le renouvellement du parc roulant, les mesures de qualité de l'air à proximité des grands axes de circulation sur l'agglomération grenobloise montrent plutôt une stagnation des niveaux, voire même une légère tendance à l'augmentation pour le dioxyde d'azote (NO₂).

Depuis 2000, la station de mesure « Le Rondeau » assure la surveillance de la qualité de l'air à proximité du trafic au niveau de l'échangeur entre l'A480 et la Rocade Sud.

Depuis 2004, dans le cadre de l'observatoire du PDU, un suivi régulier de la qualité de l'air a été mis en place sur des lieux susceptibles d'être influencés par des modifications du trafic routier, avec des campagnes de mesures ponctuelles échelonnées dans l'année. Concernant les voies rapides urbaines, des premières mesures ont été effectuées en 2006 à Saint-Martin d'Hères à proximité de la Rocade, suivi en 2007, par des mesures à proximité de l'A480, au niveau du secteur « Bouchayet-Viallet » et à proximité de la Rocade Sud, sur la commune d'Echirolles.

Ce rapport présente les résultats de mesures réalisées en 2008 (mars 2008 à février 2009), sur le quartier « Bouchayet-Viallet » et « Mistral », en proximité de l'axe A480. L'analyse des résultats est complétée avec des premières mesures réalisées dans ce secteur en 2007 et des mesures sur le secteur du polygone scientifique réalisées entre juin 2008 et mars 2009 dans le cadre d'une étude dans le nord grenoblois¹.

Afin d'apprécier la qualité de l'air sur l'ensemble du domaine d'étude et d'identifier les secteurs les plus pollués, les mesures ponctuelles ont été complétées avec des cartographies de concentrations moyennes en dioxyde d'azote (NO₂) réalisées à partir du modèle SIRANE².

Cette étude a pour objectif :

- de confirmer les premiers résultats obtenus en 2007,
- d'établir un bilan de la qualité de l'air dans l'ouest grenoblois,
- d'évaluer l'impact des voies rapides urbaines au niveau de la qualité de l'air, et notamment l'exposition des populations habitant à proximité.

¹ Etude sur « la qualité de l'air dans le nord de l'agglomération grenobloise » 2008-2009

² Modélisation de la qualité de l'air à l'échelle de la rue, mise en place à partir de 2005 sur l'ensemble de l'agglomération grenobloise.

1. Méthodologie adoptée

1. Sites de mesures

Dispositif spécifique à l'étude

La qualité de l'air à proximité de l'A480, a été évaluée avec un laboratoire mobile¹, équipé d'analyseurs équivalents à ceux du réseau fixe de l'ASCOPARG, pour la mesure en continu des polluants réglementés (NO₂, PM₁₀, CO...). Des mesures complémentaires par prélèvement de COV, Aldéhydes, HAP et Métaux lourds ont été réalisées.

Le laboratoire mobile a été localisé à environ 50 mètres de l'A480 (62m du centre de la voie). Ce site nommé « Proximité A480 », représentatif d'un environnement influencé par le trafic, permet d'évaluer les niveaux d'exposition vis-à-vis des valeurs réglementaires de la population habitant à environ 50 mètres des voies rapides urbaines.

Afin de caractériser la qualité de l'air à proximité immédiate et à différentes distances de l'axe, ce site a été complété, pour certains polluants (NO₂, BTX), avec cinq sites de mesures par tubes passifs² formant un transect³ coupant l'A480. Deux autres points de mesures supplémentaires ont été effectués, l'un à proximité de l'A480 au sein du quartier Mistral (quartier densément peuplé) et l'autre au niveau du site fixe de référence « Le Rondeau », de typologie trafic (cf. cartes pages suivantes).

Par ailleurs, ces mesures ont été complétées par les résultats de modélisation SIRANE (mise à jour pour l'année 2008) qui permettent d'évaluer les niveaux moyens annuels de dioxyde d'azote en tout point de la zone étudiée.

¹ Voir plus loin : « Techniques de mesures »

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

³ Série de mesures transversales permettant d'apprécier la décroissance des niveaux de pollution en fonction de l'éloignement par rapport à la route

Localisation des sites de mesures à proximité de l'A480 (2008)



N° de site	Site
1	Quai du Drac
2	Pont du Drac
3	Prox A480 ouest grenoblois (moyen mobile)
4	Bouchayet Viallet
5	Square des fusillés
6	Quartier mistral
7	CEA parking
8	CEA prox A480

Stations de référence

La qualité de l'air de l'agglomération de Grenoble est suivie en permanence par plusieurs stations fixes. Les mesures réalisées dans le cadre de cette étude, ont été comparées avec certaines de ces **stations fixes**¹ sur lesquelles le comportement des polluants est bien connu et sert de référence.



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

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 a été calculée sur la base de ces 3 stations.**

Dans l'agglomération grenobloise, 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 : intersection entre l'A480 et la Rocade Sud pour la station du Rondeau et les grands boulevards (Boulevard Foch) pour la station « Grands boulevards ».

¹ Se référer à l'annexe 3

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

Autres sites de comparaison

Les résultats des mesures de l'étude « Ouest grenoblois » sont aussi comparés aux résultats des mesures effectuées dans le cadre d'autres études, notamment sur un site en proximité de l'autoroute A7 dans le sud de l'agglomération lyonnaise¹, ainsi que sur un site de fond urbain dans le nord de l'agglomération grenobloise sur le secteur du polygone scientifique² et un site en proximité industrielle au sud de Grenoble³.

Ces études ont fait l'objet de rapports spécifiques qui sont disponibles sur le site internet de l'ASCOPARG : www.atmo-rhonealpes.org.

2. 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 temps (le comportement des polluants atmosphériques locaux est fortement lié aux conditions climatiques et donc aux saisons), les mesures doivent être également réparties dans l'année avec un **minimum de 8 semaines de mesures**, soit 14% de l'année (directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008) pour être considérées comme représentatives de la qualité de l'air d'une année sur un site donné et permettre une comparaison avec les normes en vigueur.

Dans le cadre de cette étude, 8 semaines de mesures (4 campagnes de 2 semaines) ont été réalisées entre mars 2008 et février 2009, chaque campagne étant caractéristique d'une saison (les campagnes sont indiquées en rouge dans le tableau ci-dessous).

Mar	Avr	Mai	juin	Juil.	Aou.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	fev
			1			2		3			4

Campagne	Saison	Début	Fin
1.1	Printemps	03/06/2008	10/06/2008
1.2		10/06/2008	19/06/2008
2.1	Eté	25/08/2008	01/09/2008
2.2		01/09/2008	10/09/2008
3.1	Automne	12/11/2008	19/11/2008
3.2		19/11/2008	28/11/2008
4.1	Hiver	22/01/2009	29/01/2009
4.2		29/01/2009	10/02/2009
Année de référence 2008		01/03/2008	28/02/2009

Dates des campagnes de l'étude « Ouest grenoblois » en 2008

¹ Etude COPARLY, 2008 - « Qualité de l'air dans l'ouest lyonnais »

² Etude ASCOPARG, 2008 - « Qualité de l'air dans le nord de l'agglomération grenobloise »

³ Etude ASCOPARG, COPARLY, SUP'AIR, 2006-2007 : « Qualité de l'air et Santé : 3 zones à la loupe » (Etude de 85 polluants atmosphériques sur 3 zones d'activités multi-émettrices de la région Rhône-Alpes en vue d'une évaluation des risques sanitaires)

Les dates de mesures sont ainsi conformes à ces exigences de représentativité.

En 2007, des mesures avaient aussi été réalisées à proximité de l'A480 sur le même site :

Campagne	Saison	Début	Fin
1	Printemps	26/02/2007	14/03/2007
2	Eté	01/06/2007	18/06/2007
3	Automne	13/09/2007	28/09/2007
4	Hiver	03/12/2007	19/12/2007
Année de référence 2007		01/01/2007	31/12/2007

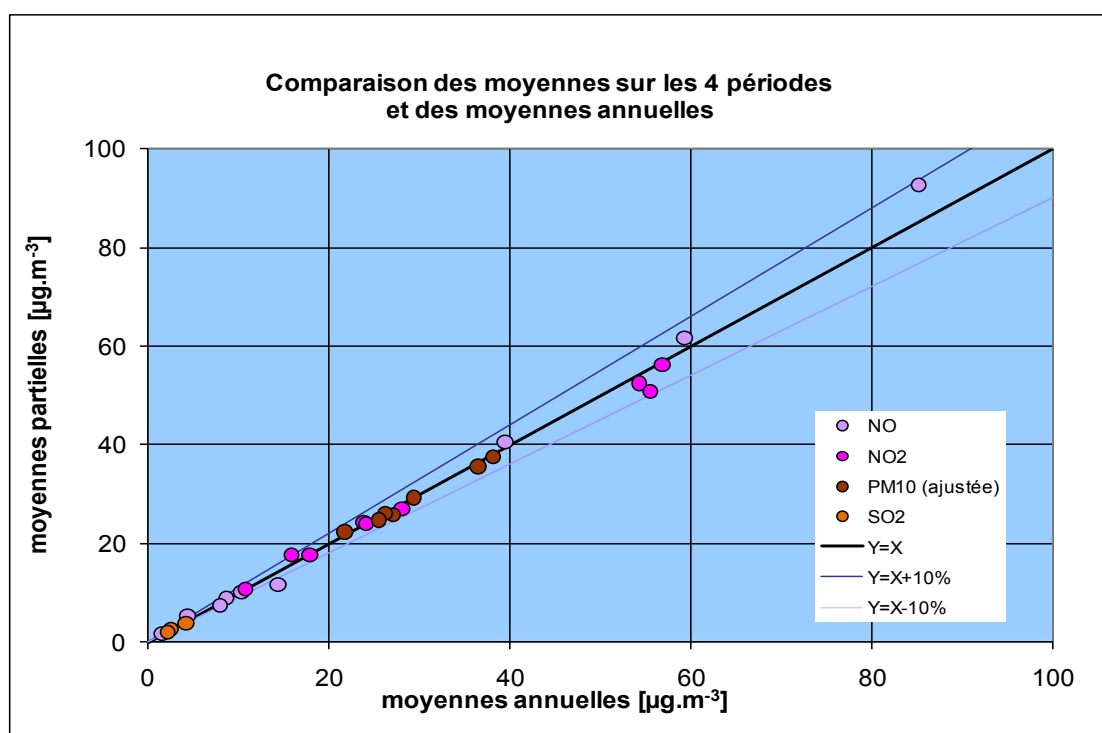
Dates des campagnes de mesures en proximité de l'A480 en 2007

Représentativité des périodes de mesures

Représentativité annuelle

Même si cet échantillonnage respecte les exigences de la directive (15 % de l'année), il est nécessaire de vérifier si les mesures effectuées sont représentatives de l'année de référence de l'étude (de mars 2008 à février 2009) pour pouvoir être comparées aux valeurs réglementaires. Cette vérification se fait en utilisant les données de stations fixes de référence de l'ASCOPARG, par comparaison de la moyenne calculée pendant les 8 semaines de mesures correspondant à une étude, à la moyenne annuelle (moyenne des 12 mois de mesures de la station fixe).

Le graphique suivant compare les moyennes de NO, NO₂, PM₁₀, SO₂ 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 NO, NO₂, PM₁₀ sur les 4 périodes de mesures réalisées sur le site à proximité de l'A480 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, Voreppe Volouse, Charavines).

Pour les sites fixes de référence, l'écart entre la moyenne calculée pendant les quatre campagnes de mesures de l'A480 et la moyenne calculée sur l'année civile est faible. **Les résultats ne nécessitent donc pas de correction.**

Les 8 semaines de mesures effectuées par laboratoire mobile sur le site de l'A480 sont considérées comme représentatives de l'année de référence de l'étude, et peuvent ainsi être comparées aux valeurs réglementaires annuelles.

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, périodes présentant les plus forts taux d'émissions (chauffage notamment), car 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 ont été plus ou moins favorables à la dispersion des polluants et par conséquent elles n'influent pas sur la représentativité annuelle des mesures de qualité de l'air.

Les conditions météorologiques observées lors des campagnes de mesures en 2008 ont été assez similaires à celles de 2007.

3. 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 pour la mesure en continu. 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 NO₂)
- Les poussières en suspension de taille inférieure à 10 microns (PM₁₀)
- Le monoxyde de carbone (CO)
- Le dioxyde de soufre (SO₂)

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 de la remorque laboratoire

Mesures par échantillonnage passifs pour le dioxyde d'azote et le benzène

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 (d'environ 8% dans le cadre de cette étude).

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

Mesures par prélèvements actifs

Les laboratoires mobiles permettent également d'accueillir le matériel nécessaire pour réaliser des prélèvements ponctuels de Métaux Lourds, HAP, COV et Aldéhydes.

Au total, **83 composés** ont été ciblés dans le cadre de cette étude :

- 15 Métaux Lourds (ou Eléments Traces Métalliques), dont 4 composés possédant des valeurs réglementaires (Arsenic, Cadmium, Nickel et Plomb) et le Chrome VI.
- 19 HAP, dont le Benzo(a)pyrène.
- 41 COV : 31 composés précurseurs de l'ozone (dont le Benzène, le Toluène, le 1,3-Butadiène) et 10 composés chlorés.
- 8 Aldéhydes, dont le Formaldéhyde, l'Acétaldéhyde et l'Acroléine.

Polluants mesurés	Durée du prélèvement	Type de prélèvement	Nombre de prélèvements
15 Eléments Traces Métalliques (ETM)	7 jours	Filtres (Préleveur bas débit)	2 par campagne (Total : 8 par site)
19 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	24h	Filtres + Mousses (Préleveur haut débit)	6 par campagne (Total : 24 par site)
41 Composés Organiques Volatils (COV)	24h	Prélèvement actif par canister	6 par campagne (Total : 24 par site)
8 Aldéhydes (ALD)	8h (10h-18h heure locale)	Prélèvement actif sur cartouches (DNPH)	6 par campagne (Total : 24 par site)

Tableau 1 Description des prélèvements effectués dans le cadre de l'étude « Ouest Grenoblois » sur le site d'étude

Après prélèvement, les analyses sont sous-traitées à des laboratoires agréés. Ce type de prélèvements présente l'avantage de pouvoir analyser un grand nombre de polluants simultanément sur une journée de 24h ou sur quelques heures, ce qui peut permettre de caractériser de fortes concentrations (périodes de pointe, jours de semaine sensibles,...).



Prélèvement de COV par Canister



Prélèvement d'aldéhydes par cartouches DNPH



Préleveur de HAP



Préleveur de métaux lourds

Photos des différents préleveurs utilisés par l'ASCOPARG dans le cadre de cette étude

4. La modélisation de la qualité de l'air

En complément des mesures effectuées dans le cadre de cette étude, ASCOPARG a mis à jour la cartographie des niveaux moyens annuels de dioxyde d'azote (NO₂) pour 2008. Les calculs sont réalisés à l'aide du **modèle SIRANE** (cf. Annexe 6), qui a été mis en place en 2005 sur une zone couvrant une grande partie de l'agglomération de Grenoble. Cette modélisation, qui reconstitue les concentrations en air ambiant du dioxyde d'azote (NO₂) sous forme de cartographie, permet en outre d'estimer les niveaux moyens annuels en tout point de la zone d'étude et donc 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).

o Les données météorologiques

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

o Les 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).

o Les données de pollution de fond

La pollution de fond utilisée comme donnée d'entrée du modèle SIRANE est la moyenne des mesures réalisées à partir des trois stations de fond de Grenoble les Frênes, Fontaine les Balmes et de St-Martin d'Hères¹. La moyenne annuelle de NO₂ en 2008 utilisée est de 25 µg.m⁻³.

Il faut tout de même noter que la modélisation en 2008 a tendance à surestimer les concentrations de NO₂ en proximité trafic.

[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.

2. Présentation des résultats

1. 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.

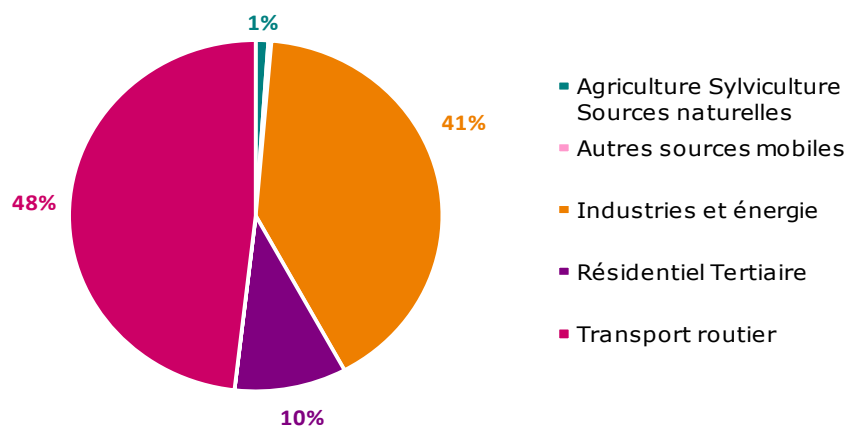
Cette transformation rapide du NO en NO₂ explique le fait que le NO₂ est aussi considéré comme un polluant primaire.

Les émissions de NOx

✓ Sur l'agglomération grenobloise

Comme le montre la figure suivante, la moitié environ des émissions de NOx (48%) sur l'agglomération grenobloise est due au transport routier. Le secteur industriel représente la deuxième source d'émission majoritaire avec 41% des émissions.

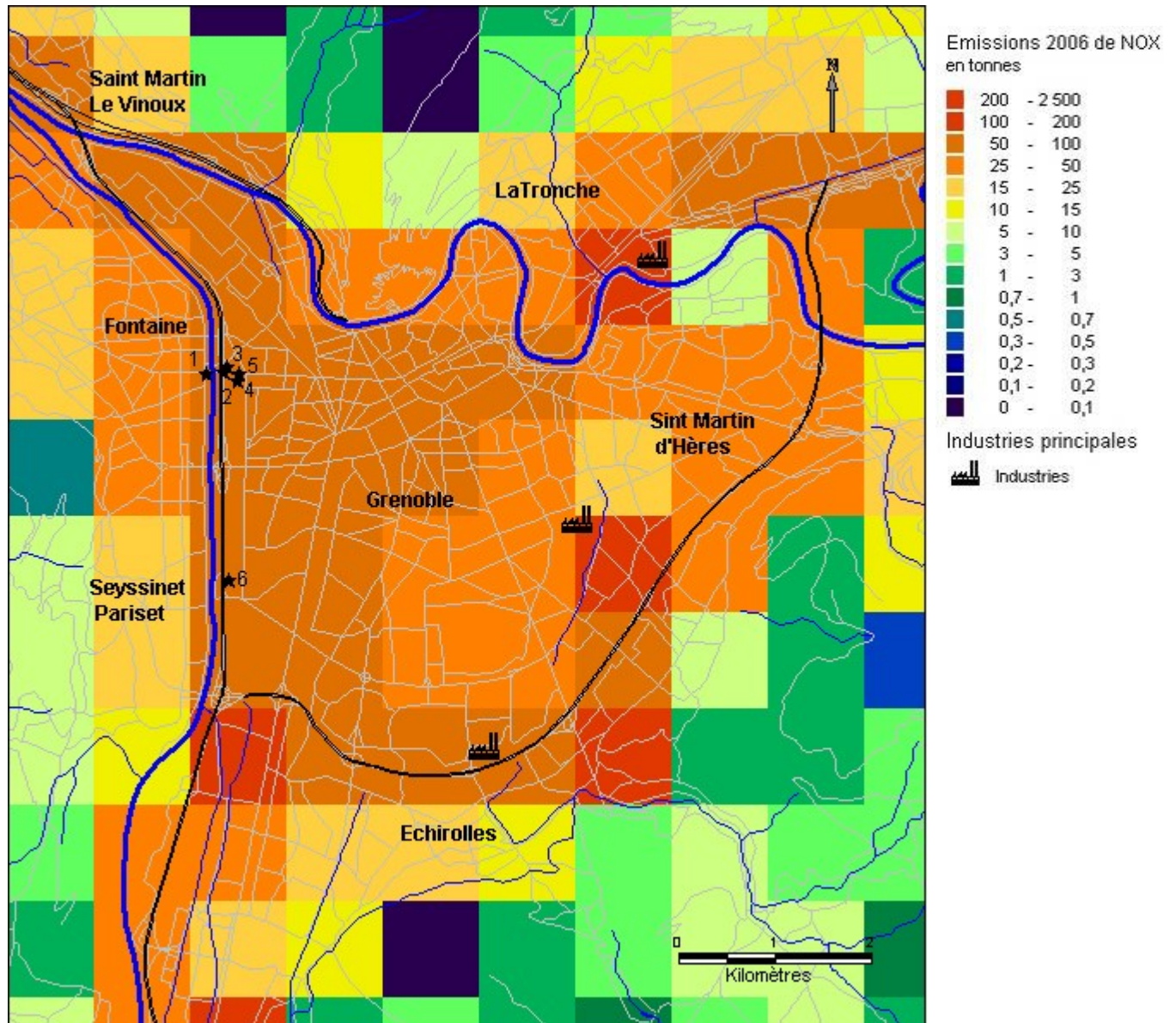
En l'absence d'émissions industrielles importantes sur le secteur étudié, la mesure des NOx peut donc être considérée comme un bon traceur de la pollution automobile.



Répartition des émissions d'oxydes d'azote (NOx) dans l'agglomération grenobloise (METRO 26 communes), Sources : cadastre ASCOPARG émissions 2006 (version 2008-3)

✓ Sur la zone d'étude

La cartographie suivante illustre les émissions de NO_x en 2006 (tonnes/an) autour de l'A480 et sur les communes environnantes.



Cadastre des émissions de NO_x (ASCOPARG, émissions 2006 version 2008-3).

Le long de l'A480 et de la Rocade Sud, les émissions de NO_x sont importantes et majoritairement dues au trafic routier. Au centre de Grenoble, les émissions sont du même ordre de grandeur, en lien certainement avec la densité de population et le trafic.

Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation

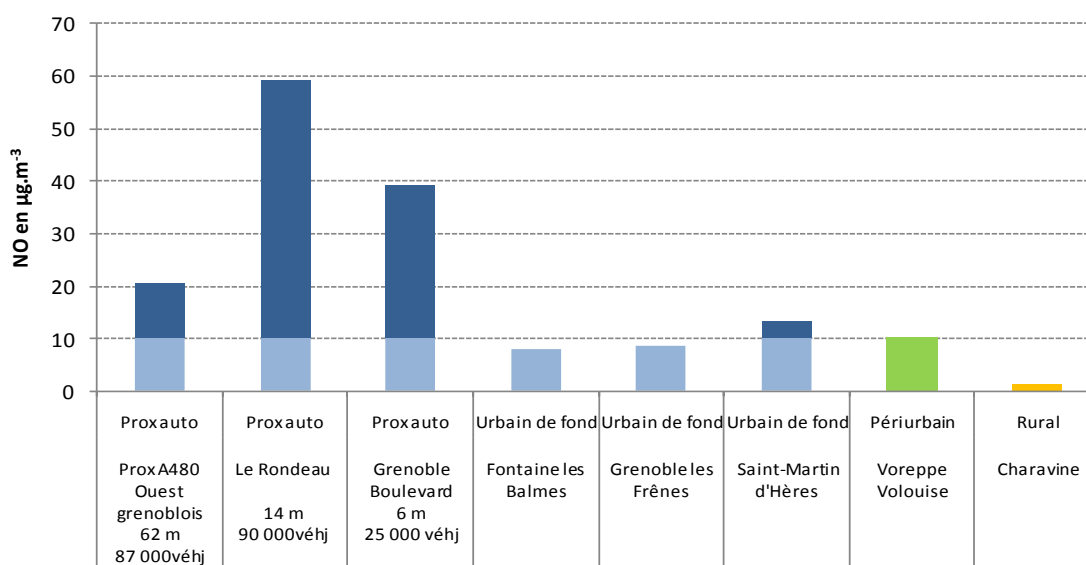
❖ Monoxyde d'azote

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 à proximité de l'A480 avec les concentrations moyennes annuelles mesurées sur les sites fixes de l'ASCOPARG. Afin de pouvoir comparer les résultats à la modélisation, les distances sur le graphique ont été estimées 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 (mars 2008 à février 2009)

Site	Prox A480 ouest grenoblois	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Fontaine les Balmes	Grenoble les Frênes	Saint-Martin d'Hères	Voreppe Volouise	Charavines
Typologie	Prox auto	Prox auto	Prox auto	Urbain	Urbain	Urbain	Périurbain	Rural
Moy annuelle NO 2008-2009	21	59	39	8	9	14	10	2

Sur le site d'étude à proximité de l'A480, les niveaux moyens de monoxyde d'azote (NO) sont environs deux fois supérieurs au niveau de fond de l'agglomération grenobloise¹ et deux à trois fois inférieurs à ceux mesurés sur les sites de proximité automobile, malgré un trafic (87 000 véh/j) quasi-équivalent à celui observé au Rondeau (90 000 véh/j). Ceci peut s'expliquer par la distance du point de mesure par rapport au trafic² (Respectivement, 62 m du centre de l'axe et 50 m du bord de la voie la plus proche pour le site d'étude « Prox A480 », contre 14m et 2 m pour le site « Le Rondeau »).

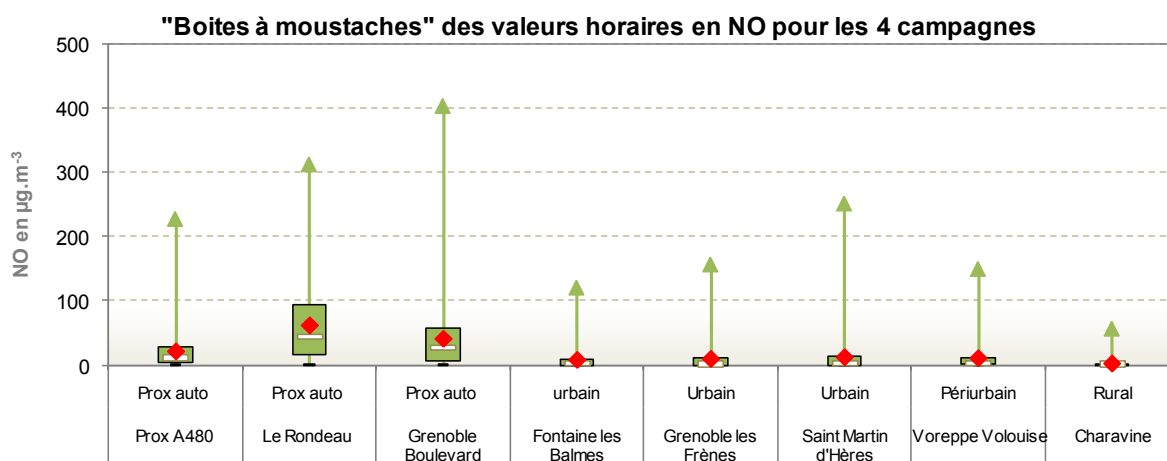
¹ La moyenne annuelle de la pollution de fond de l'agglomération grenobloise est calculée sur la base des trois stations (Grenoble les Frênes, Fontaine les Balmes et Saint-Martin d'Hères)

² Les concentrations de monoxyde d'azote, émises directement par les moteurs des véhicules (polluant primaire) sont plus importantes au niveau de la source d'émission

Etude des valeurs horaires (exposition aigüe)

Site	Prox A480	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Fontaine les Balmes	Grenoble les Frênes	Saint Martin d'Hères	Voreppe Volouise	Charavine
Typologie	Prox Trafic	Trafic	Trafic	urbain	urbain	urbain	Périurbain	Rural
Statistiques Horaires pour le NO sur les 4 campagnes								
moyenne	21	62	41	7	9	12	10	2
minimum H	0	0	0	0	0	0	0	0
P25 H	3	17	7	0	0	0	1	0
P50 H	11	44	27	2	1	3	3	1
P75 H	29	93	58	8	10	13	10	2
P98 H	97	213	163	53	67	78	66	9
maximum H	227	312	403	120	156	251	149	56
Statistiques Horaires pour le NO sur l'année complète								
moyenne		59	39	8	9	14	10	2
P98 H		221	175	64	73	105	70	9
maximum H		559	417	210	282	524	193	57

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)

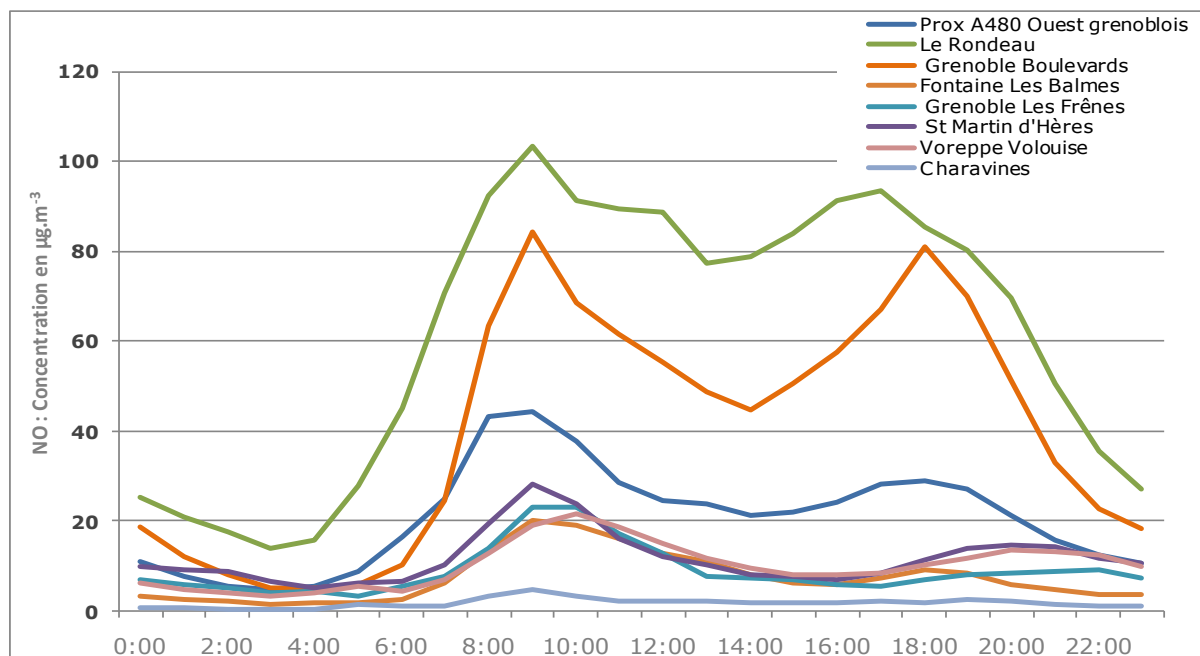


Le maximum horaire observé pour le NO lors des 4 campagnes de mesures sur le site d'étude est inférieur aux deux sites de référence trafic, mais il est presque deux fois supérieur à celui mesuré sur les sites de fond urbain de Fontaine les Balmes ou Grenoble les Frênes.

Sur les 4 campagnes de mesures, le site de fond urbain à Saint-Martin-d'Hères enregistre un maximum horaire du même ordre de grandeur que celui observé sur le site d'étude à proximité de l'A480. Et sur l'ensemble de l'année, le maximum horaire enregistré sur ce même site est équivalent à celui observé en proximité trafic. Ceci peut être lié à la présence d'un parking à proximité du site de Saint-Martin-d'Hères. Néanmoins, comme vu précédemment, la moyenne sur St-Martin d'Hères est inférieure à celle enregistrée sur le site d'étude et relativement proche des deux autres sites de fond urbain.

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 (mars 2008 à février 2009).

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.

Globalement, les concentrations de NO sont plus élevées sur les sites de proximité automobile. Comme il a été cité précédemment, l'écart de concentrations de NO entre les stations de proximité automobiles (Grenoble Boulevard, le Rondeau) et le site d'étude est très probablement lié à son éloignement par rapport à la route.

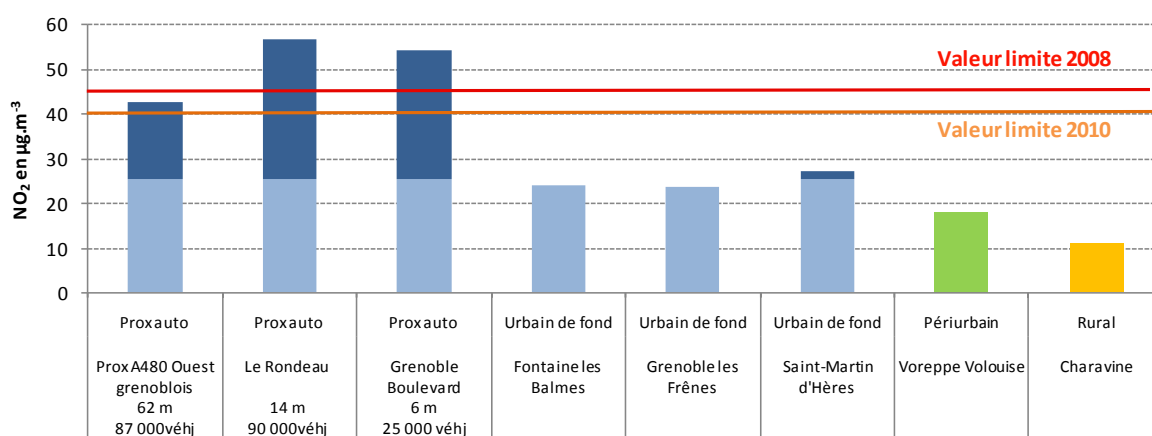
Ces résultats montrent une influence du trafic automobile sur le site d'étude à proximité de l'A480, avec des niveaux qui se situent entre le fond urbain et la proximité directe du trafic. Ce site est représentatif de la qualité de l'air respirée par les personnes habitants à environ 50 mètres des voies rapides urbaines.

❖ 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 suivant comparent la concentration moyenne annuelle de dioxyde d'azote estimée sur le site d'étude et les moyennes sur la période de mars 2008 à février 2009 pour les stations fixes.



Comparaison des concentrations moyennes annuelles de NO₂ sur le site d'étude et sur les sites fixes de l'ASCOPARG (mars 2008 à février 2009)

Site	Prox A480 ouest grenoblois	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Fontaine les Balmes	Grenoble les Frênes	Saint-Martin d'Hères	Voreppe Volouise	Charavines
Typologie	Prox auto	Prox auto	Prox auto	Urbain	Urbain	Urbain	Périurbain	Rural
Moy annuelle NO ₂ 2008-2009	43	57	54	24	24	28	18	11

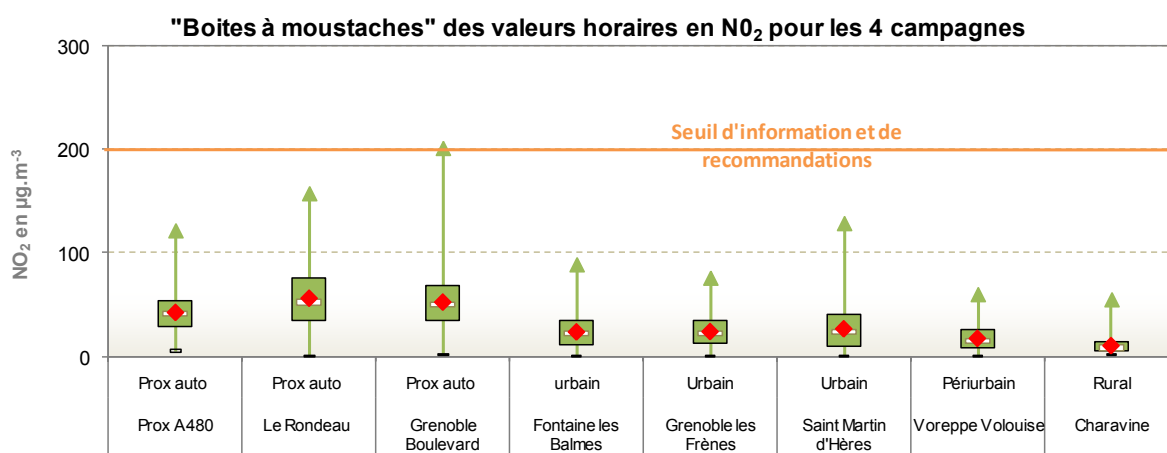
Comme pour le NO, les valeurs observées sur le site d'étude se situent entre le fond urbain et la proximité automobile. Les niveaux en NO₂ mesurés sur ce site montre que les habitants résidant à 50 mètres des voies rapides urbaines sont soumis à des concentrations qui se situent entre l'objectif de qualité prévu pour 2010 (40 µg.m⁻³), et la valeur limite (fixée à 44 µg.m⁻³ pour 2008).

¹ Se référer à l'Annexe 3

Etude des valeurs horaires (exposition aigüe)

Site	Prox A480	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Fontaine les Balmes	Grenoble les Frènes	Saint Martin d'Hères	Voreppe Volouise	Charavine
Typologie	Prox Trafic	Trafic	Trafic	urbain	urbain	urbain	Périurbain	Rural
Statistiques Horaires pour le NO ₂ sur les 4 campagnes								
moyenne	43	56	52	24	24	27	18	11
minimum H	5	0	1	0	0	0	0	1
P25 H	29	34	34	11	12	10	8	5
P50 H	41	52	50	22	22	23	15	8
P75 H	54	76	68	34	35	40	25	14
P98 H	82	122	109	59	58	73	44	34
maximum H	121	157	201	88	75	128	59	54
Statistiques Horaires pour le NO ₂ sur l'année complète								
moyenne		57	54	24	24	28	18	11
P98 H		125	120	67	67	83	50	36
maximum H		193	243	116	132	235	83	67

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)



Les niveaux observés pour le NO₂ lors des 4 campagnes de mesures sur le site d'étude se situent entre ceux enregistrés sur les sites de référence trafic et ceux mesurés sur les sites de fond urbain de Fontaine les Balmes ou Grenoble les Frènes.

Comme pour le NO, le site de fond urbain à Saint-Martin-d'Hères enregistre, sur les 4 campagnes de mesures, un maximum horaire du même ordre de grandeur que celui observé sur le site d'étude à proximité de l'A480.

Sur l'ensemble de l'année, ce site de fond enregistre un maximum horaire équivalent à celui observé en proximité trafic¹ et supérieur au seuil d'information et de recommandations pour les personnes sensibles (200 µg.m⁻³ sur 1 h).

Potentiellement, il existe donc un risque de dépassement de ce seuil pour le NO₂ sur le site d'étude à proximité de l'A480.

¹ Lié probablement à la présence d'un parking à proximité du site de Saint-Martin-d'Hères.

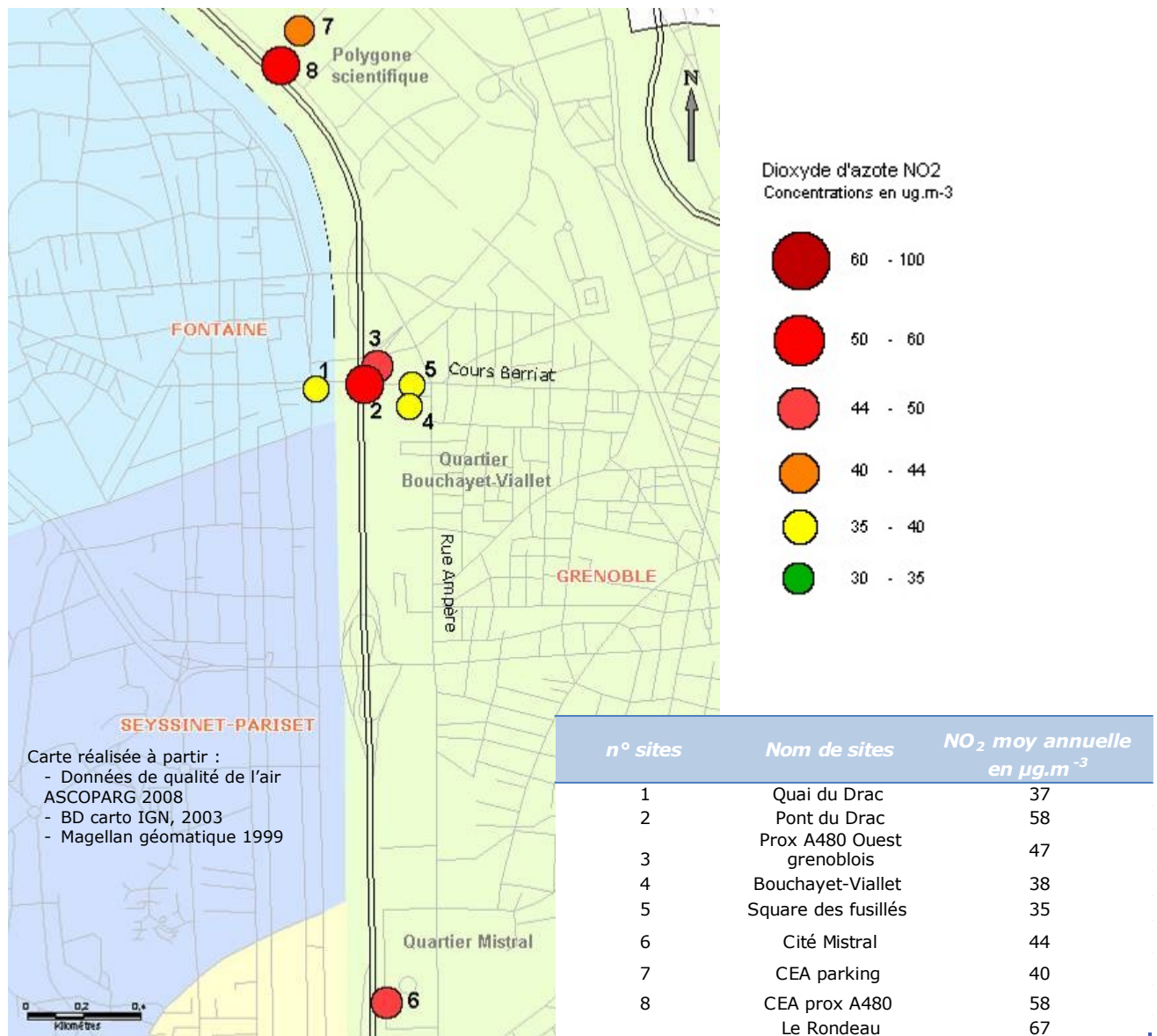
Répartition spatiale du dioxyde d'azote

Variation des concentrations de NO₂ à proximité de l'autoroute A480

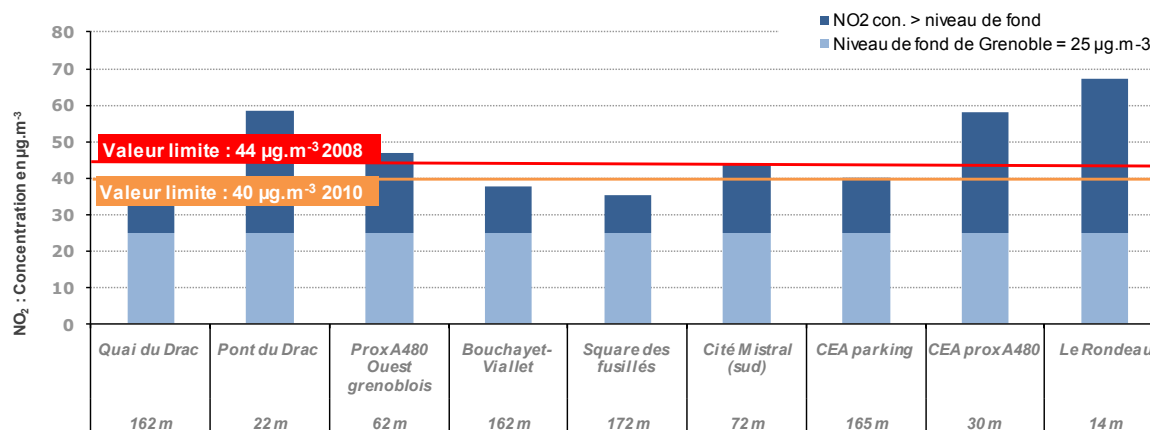
Afin d'observer la variation spatiale des concentrations de polluants autour de l'axe étudié et d'évaluer la qualité de l'air sur l'ensemble de la zone d'étude, des mesures de dioxyde d'azote par tube à diffusion passive¹ ont été réalisées et complétées ensuite par les résultats de modélisation.

La figure suivante illustre les concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote mesurées sur chaque site.

Mesures de NO₂ à proximité de l'A480



¹ Cf. présentation des sites de mesures



Concentrations moyennes annuelles estimées de dioxyde d'azote à proximité de l'A480 et sur la station fixe du Rondeau

Les concentrations de NO₂ mesurés sur les 2 sites « Pont du Drac » et « CEA prox A480 » situés respectivement à 22 mètres et 30 mètres du centre de la voie (soit respectivement 10m et 18m du bord de la chaussée) sont presque 2 fois plus élevés que le niveau de fond urbain et sont relativement proches des niveaux mesurés sur le site de proximité automobile du Rondeau situé à 14 m du centre de la voie (soit à 2m de la chaussée).

Si les concentrations les plus élevées ont été mesurées sur les sites les plus proches, entre le bord de la chaussée et environ 20m de l'A480, les niveaux mesurés sur les sites localisés à environ 50-60 mètres de l'axe restent importants :

- 47 µg.m⁻³ sur le site n° 3 « Prox A480 ouest grenoblois » (site laboratoire mobile)
- 44 µg.m⁻³ sur le site n°6 « Cité Mistral »

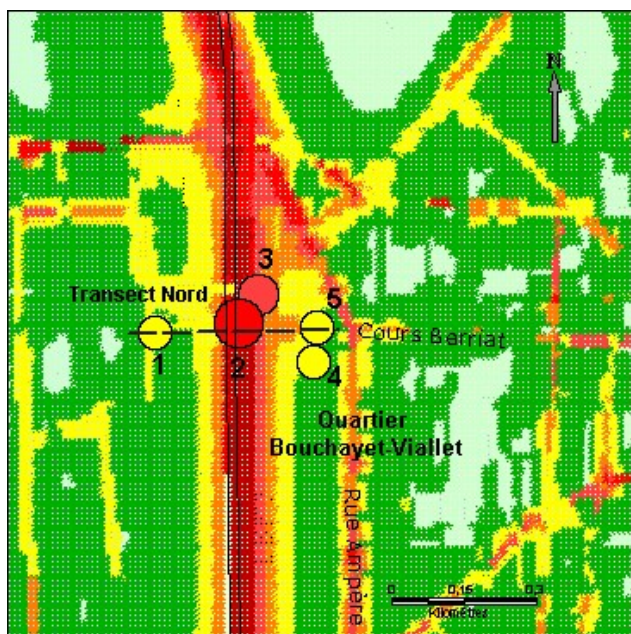
La moyenne sur le site implanté dans la « Cité Mistral » montre que, malgré la présence d'un mur « antibruit », la population résidant dans ce quartier est soumise à des concentrations plus élevées que les valeurs réglementaires. Ce résultat est tout de même à nuancer avec la configuration de la zone bâtie autour du site de mesure (immeubles hauts et en U, parkings,...) ainsi qu'avec la présence d'une bretelle d'accès à l'A480 à proximité.

Les figures suivantes permettent de comparer les résultats des mesures par tubes à diffusion avec les résultats issus de la modélisation (concentrations moyennes de NO₂ estimées par le modèle SIRANE pour l'année 2008).

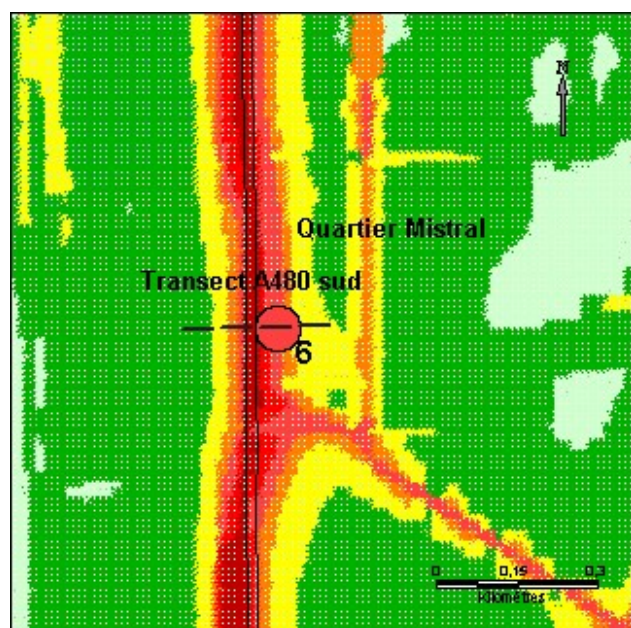
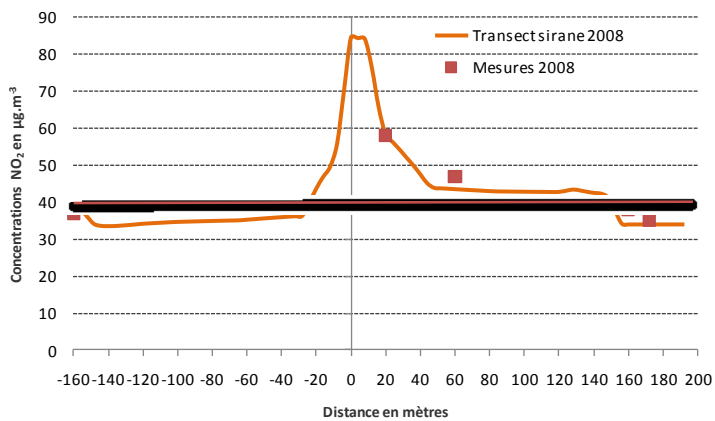
Sur tous les sites de mesures, les concentrations mesurées par tubes passifs et les résultats issus de la modélisation sont comparables¹.

¹ Il convient de rappeler que la technique de mesure par tubes passifs et la modélisation en 2008 en proximité trafic ont tendance à surestimer les concentrations de NO₂ (cf. §3 p.13 et §4 p.15)

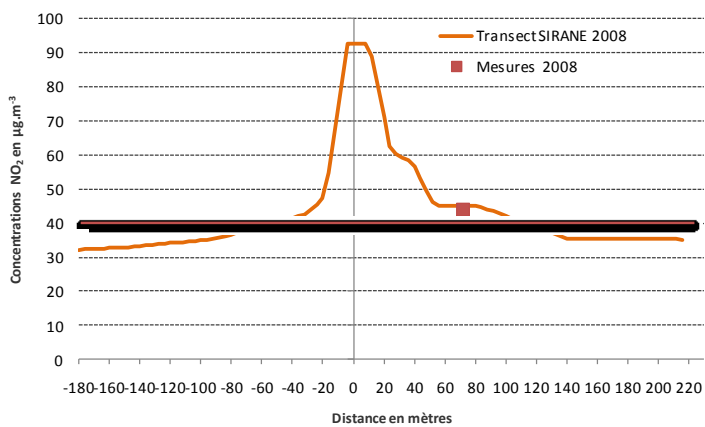
Evolution des niveaux de NO₂ de part et d'autre de l'A480



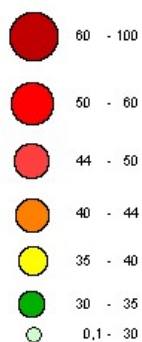
Transect nord quartier Bouchayet Viallet (SIRANE 2008)



Transect sud quartier Mistral (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

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

Même si une certaine décroissance des concentrations de NO₂ est observée en s'éloignant de l'axe, les niveaux mesurés à 100 ou 150 mètres restent élevés (supérieurs aux niveaux de fond urbain) et plus particulièrement du côté est, le plus urbanisé.

Selon la modélisation SIRANE, les niveaux de dioxyde d'azote sont supérieurs au seuil réglementaire de 40 µg.m⁻³, à une distance qui varie selon le côté de l'axe considéré entre 20 mètres (ouest) et 150 mètres (est) pour le transect nord et entre 50 mètres (ouest) et 110 mètres (est) pour le transect sud.

Pour résumer, l'impact de l'A480 est important sur son environnement proche (dans une bande de 0-20 mètres) mais également à une distance assez éloignée (de 20 à 60m, voire jusqu'à environ 150 m), où réside une partie de la population.

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

Le croisement des données de concentrations de NO₂ obtenues à partir du 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 400 mètres² autour de l'axe A480, délimitée au nord par l'arrivée de l'autoroute au niveau de la ZI St-Egrève, et au sud, par l'échangeur avec la Rocade Sud à la limite entre Echirolles et Grenoble (cf. carte page suivante). Le nombre d'habitants compris dans cette zone est d'environ 19 000 personnes.

Le calcul est également présenté sur une bande intermédiaire pour distinguer la population comprise dans un périmètre d'environ 150m autour de l'A480, correspondant approximativement à la zone d'influence de cet axe (3 500 personnes), de celle résidant entre 150m et 400m de l'A480 (15 500 personnes).

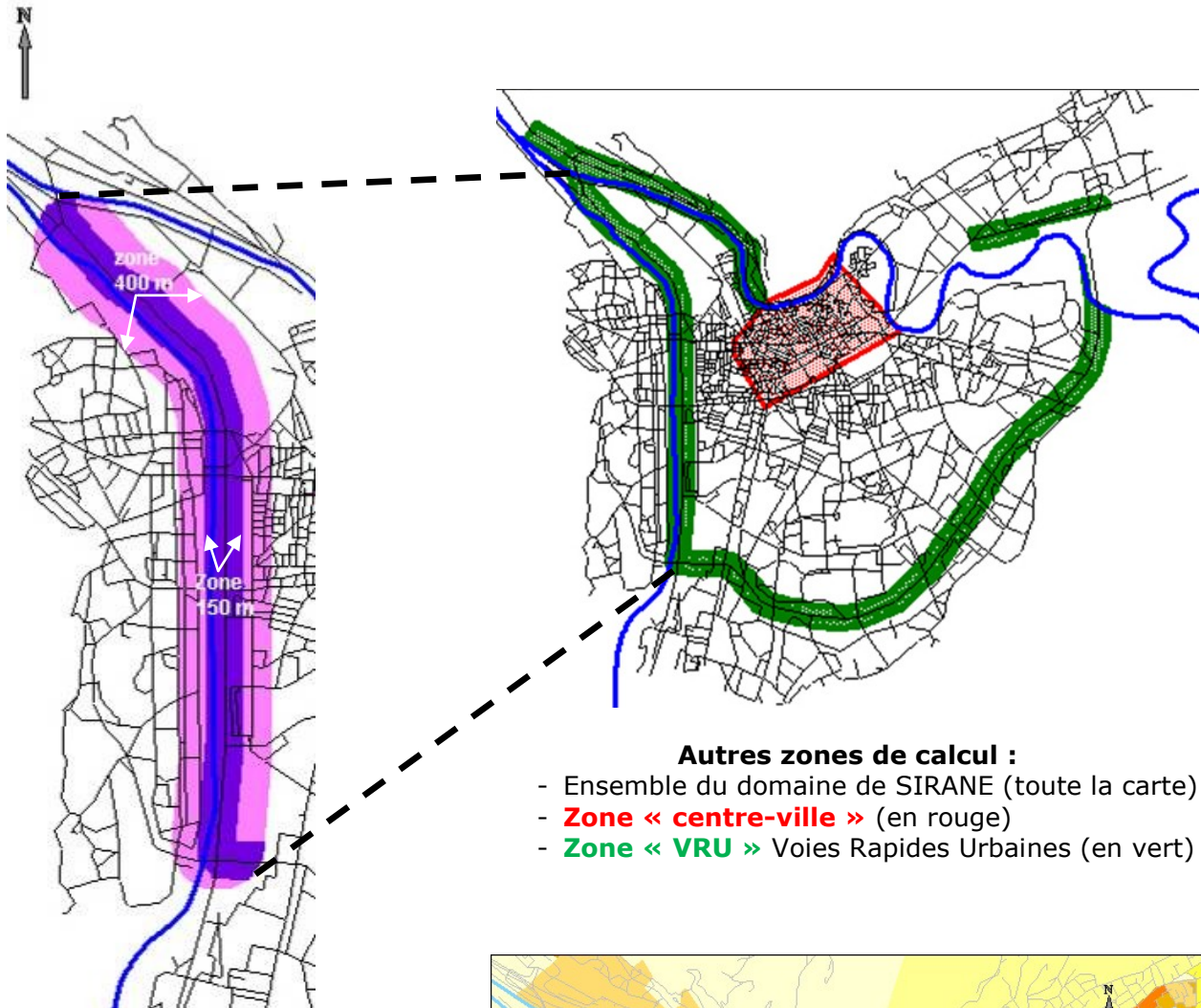
Par ailleurs, ces résultats sont comparés aux pourcentages d'exposition calculés sur trois autres zones :

- La totalité du domaine modélisé par SIRANE (312 000 personnes), correspondant à peu près à l'ensemble de la population de l'agglomération grenobloise
- Une zone nommée « centre-ville » (environ 37 000 personnes), correspondant environ à la moitié du nombre d'habitants sur la zone d'étude autour de l'A480.
- Une zone nommée « VRU » (environ 12 000 personnes), correspondant à la totalité de la population résidant dans la bande de 150 mètres autour de l'ensemble des « Voies Rapides Urbaines ».

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

² La distance de 400m pour la largeur de cette bande a été choisie comme compromis pour pouvoir évaluer l'impact de l'A480 sur un nombre total de population suffisamment représentatif et comparable aux autres zones de calcul, sans inclure trop l'influence des zones urbanisées et des autres axes de trafic.

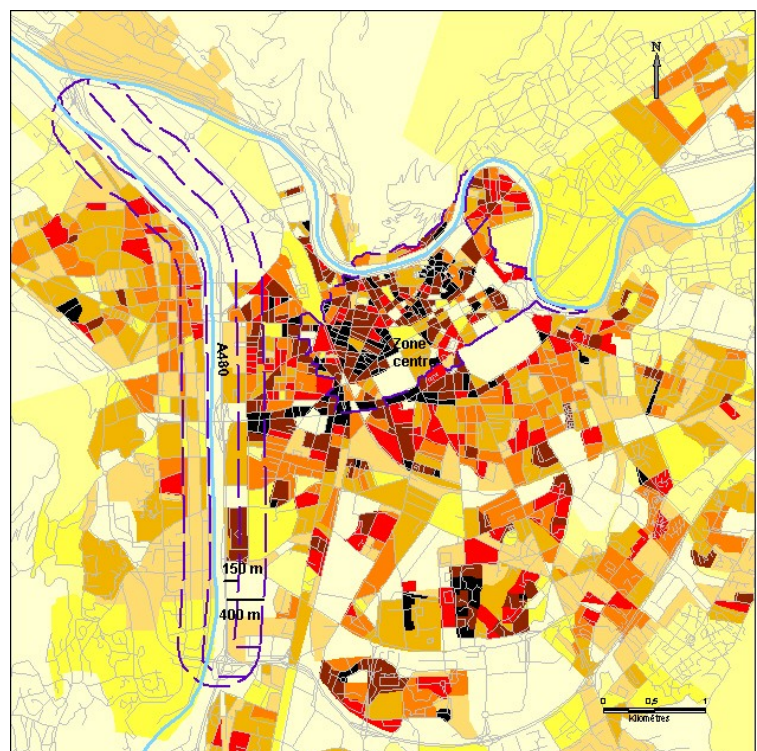
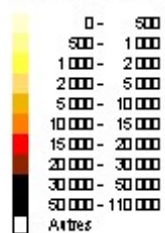
Présentation des zones pour le calcul de l'exposition moyenne de la population au NO₂ autour de l'A480



Zones de calcul pour l'étude à proximité de l'A480 :

- **Bande 0-150m** (en violet)
- **Bande 150m-400m** (en rose)

Densité de population
(nbr hbts km²)

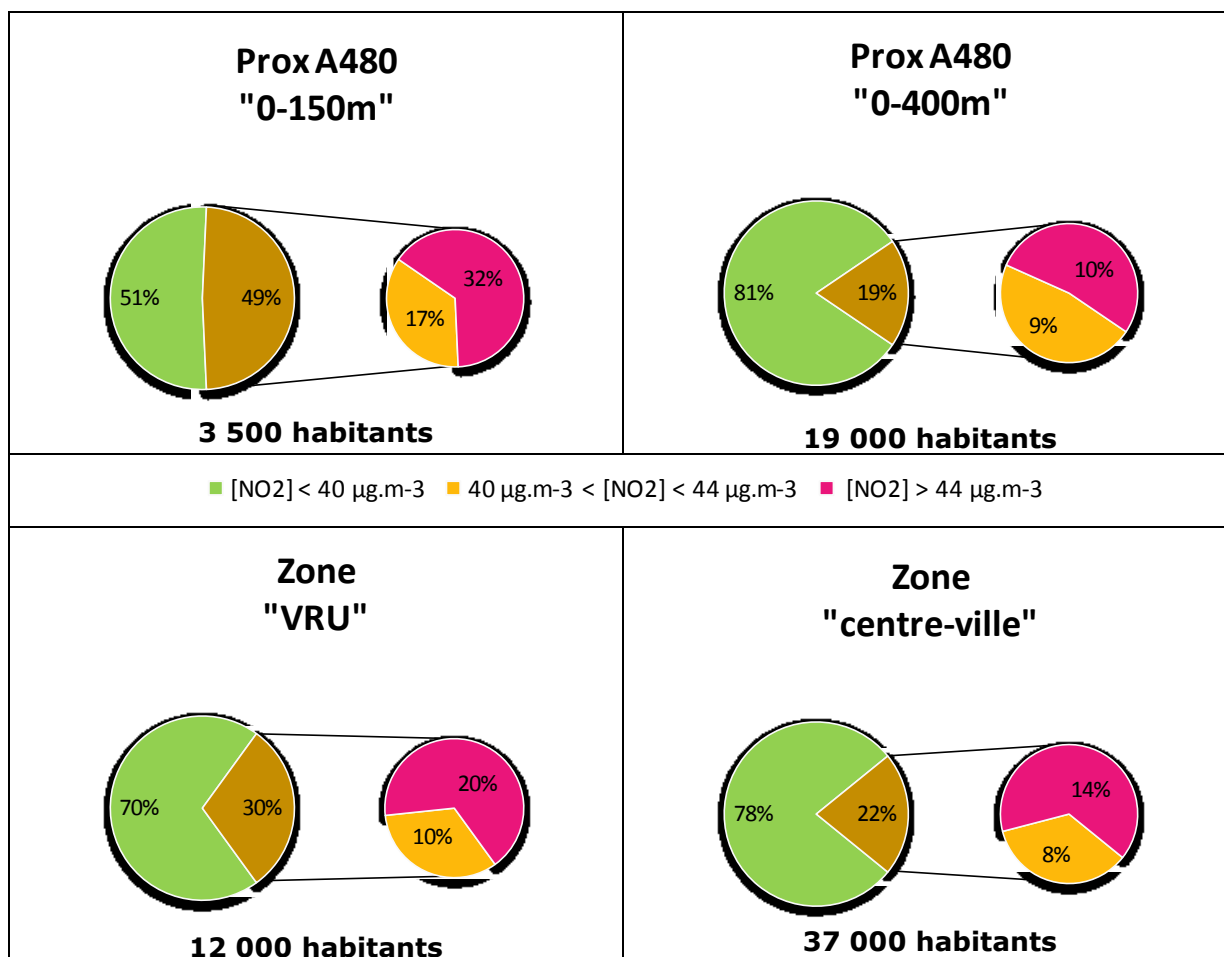


Carte des densités de population par îlots

Cartes réalisées à partir :

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

Nb de personnes exposées	Prox A480 "0-150m"	Prox A480 "150-400m"	Prox A480 "0-400m"	Zone "VRU"	Zone "centre-ville"	Domaine SIRANE 2008
Population totale	3 500	15 500	19 000	12 000	37 000	312 000
$[\text{NO}_2] < 40 \mu\text{g.m}^{-3}$	1 800	13 600	15 400	8 400	28 800	285 000
$40 \mu\text{g.m}^{-3} < [\text{NO}_2] < 44 \mu\text{g.m}^{-3}$	600	1 100	1 700	1 200	2 800	11 000
$[\text{NO}_2] > 44 \mu\text{g.m}^{-3}$	1 100	800	1 900	2 400	5 400	16 000
% de population exposées	Prox A480 "0-150m"	Prox A480 "150-400m"	Prox A480 "0-400m"	Zone "VRU"	Zone "centre-ville"	Domaine SIRANE 2008
$[\text{NO}_2] < 40 \mu\text{g.m}^{-3}$	51%	88%	81%	70%	78%	91%
$40 \mu\text{g.m}^{-3} < [\text{NO}_2] < 44 \mu\text{g.m}^{-3}$	17%	7%	9%	10%	8%	4%
$[\text{NO}_2] > 44 \mu\text{g.m}^{-3}$	32%	5%	10%	20%	14%	5%



Les résultats de ces calculs montrent que, parmi les 3500 personnes habitant dans la zone d'influence autour de l'A480 (à moins de 150 m), environ la moitié (49% soit 1700 personnes) sont exposées à des concentrations de dioxyde d'azote supérieures à l'objectif de qualité prévu en 2010 ($40 \mu\text{g.m}^{-3}$), dont environ un tiers (32% soit 1100 personnes) sont exposées à des concentrations supérieures à la valeur limite de 2008 ($44 \mu\text{g.m}^{-3}$).

En considérant l'ensemble des Voies Rapides Urbaines (12 000 personnes dans la zone « VRU »), le pourcentage de personnes exposées à des concentrations de dioxyde

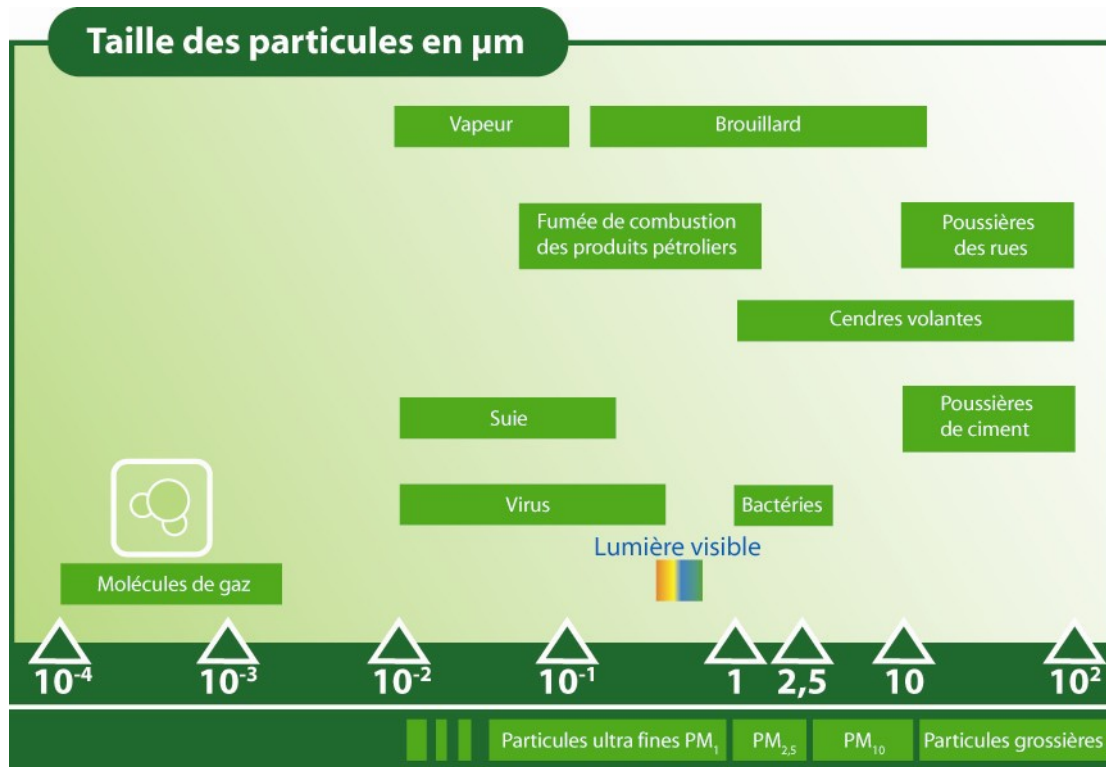
d'azote supérieures à l'objectif de qualité tombe à 30% (3 500 personnes), mais dont 20% (soit 2 400 personnes) qui restent exposées à des concentrations supérieures à la valeur limite de 2008.

D'autre part, environ 1 personne sur 5 (19%) habitant à moins de 400 mètres autour de l'A480 est potentiellement exposée à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité. Ce chiffre est comparable au pourcentage de personnes exposées à la même valeur résidant au centre-ville de Grenoble (22%), sur une zone qui compte environ deux fois plus d'habitants.

Ces résultats devront être pris en compte dans les différents projets d'urbanisme ou de densification de population sur la zone « ouest grenoblois » à proximité de l'A480, tel que celui du réaménagement de l'A480 en 2 x 3 voies.

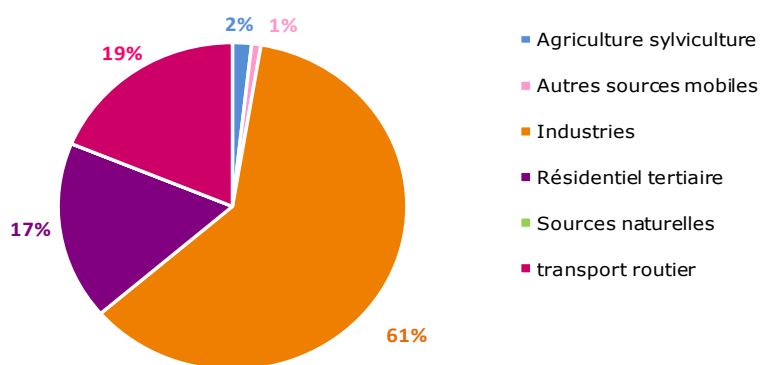
2. Les particules en suspension

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



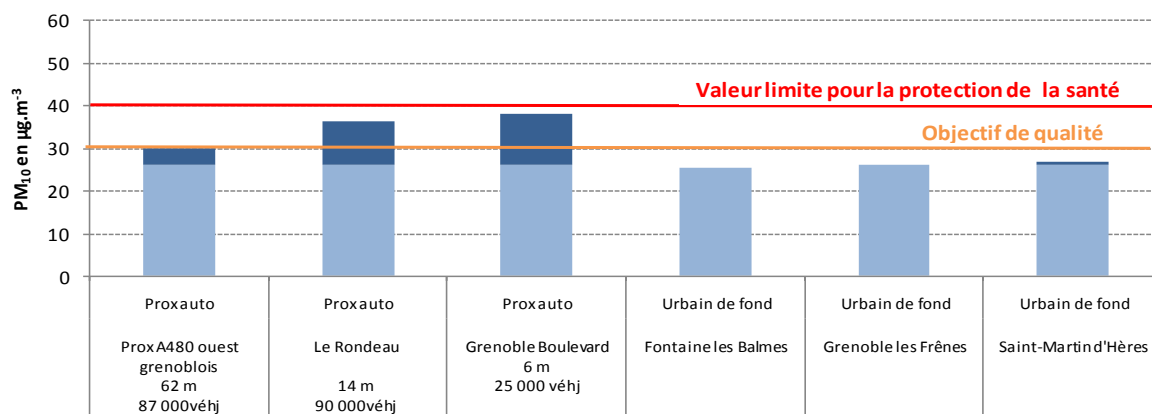
Répartition sectorielle des émissions de PM₁₀ dans l'agglomération grenobloise (METRO 26 communes), Sources : cadastre ASCOPARG émissions 2006 (version 2008-3)

Dans l'agglomération de Grenoble, le secteur **industriel** (en orange sur la figure) est le premier émetteur de poussières avec **61% des émissions de PM₁₀**. Le **transport routier** arrive juste derrière avec **19% 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 la période mars 2008 – février 2009 pour les stations fixes. Sur le graphique suivant, la partie inférieure (en bleu clair) correspond au niveau moyen de fond de l'agglomération de Grenoble (26 µg.m⁻³ entre mars 2008 et février 2009 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'ASCOPARG (mars 2008 à février 2009).

Site	Prox A480 ouest grenoblois	Le Rondeau	Grenoble Boulevard	Fontaine les Balmes	Grenoble les Frênes	Saint-Martin d'Hères
Typologie	Prox auto	Prox auto	Proxauto	Urbain	Urbain	Urbain
Moy annuelle PM ₁₀ 2008-2009	30	36	38	25	26	27

Comme pour les NO_x, **les niveaux de poussières en suspension (PM₁₀) mesurés sur le site d'étude se situent entre le fond urbain et la proximité automobile**. La moyenne annuelle sur ce site (représentatif de la population habitant à 50 mètres des VRU) est égale à l'objectif de qualité (30 µg.m⁻³). Les sites de **proximité automobile du Rondeau et des Grands Boulevards ne respectent pas cet objectif de qualité de l'air** comme la plupart des sites de proximité automobile en Rhône-Alpes.

En revanche, la **valeur limite pour la protection de la santé humaine** en moyenne annuelle est respectée pour l'ensemble des sites de l'agglomération grenobloise.

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). Ceci est lié au fait que le trafic automobile ne constitue pas le principal émetteur de PM₁₀. En effet, la répartition des émissions de particules au niveau de Grenoble montre que le transport routier ne représente que 19% des émissions de PM₁₀ (cf. § précédent).

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.

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		A 480
	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)	5	32	6	29	5	22	10	66	13	91	6
80 µg.m⁻³ en moyenne journalière (seuil d'information)	0	7	0	4	0	1	4	12	3	25	0
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 prox A480 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). Il est à noter qu'en 2008, le nombre de dépassements sur Grenoble Boulevard supérieur à celui du Rondeau est certainement lié à des travaux de ravalement de façade.

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).

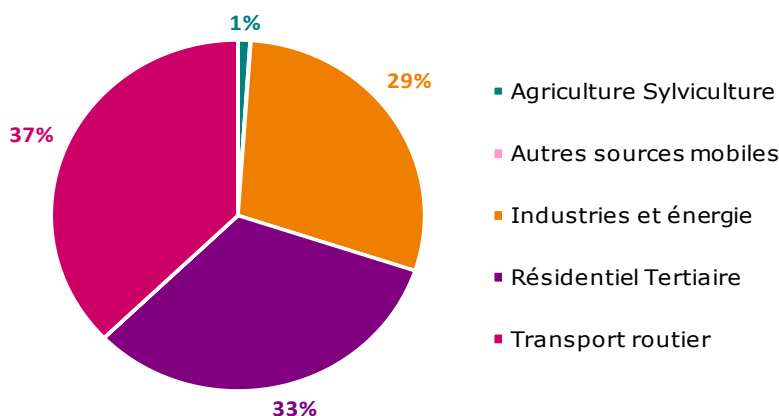
Durant les quatre campagnes de mesures, le site d'étude a enregistré 6 dépassements de la valeur limite pour la protection de la santé en moyenne journalière (la réglementation autorise jusqu'à 35 dépassements par an). Ce nombre est plus proche de celui observé sur les sites de fond que sur les sites de proximité trafic.

Aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation en moyenne journalière n'a été enregistré sur ce site durant les quatre campagnes de mesures. Cependant, les résultats précédents ont montré que les niveaux mesurés sur le site d'étude se situent entre le fond urbain et la proximité trafic. Compte tenu des dépassements observés sur les stations de proximité automobile de Grenoble, **il existe donc un risque fort de dépassement du seuil d'information pour les PM₁₀ sur le site d'étude « Prox A480 ».**

3. Le monoxyde de carbone

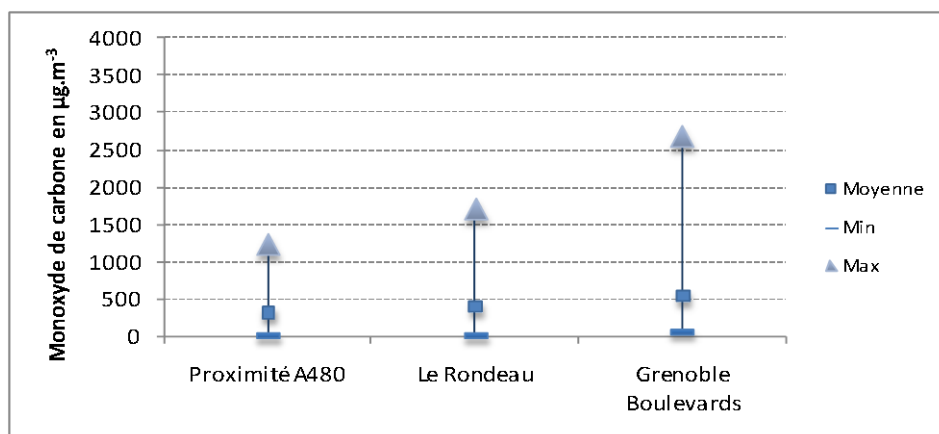
Les émissions en monoxyde de carbone dans l'agglomération de Grenoble

Dans l'agglomération de Grenoble, le transport routier est responsable de 37 % des émissions de monoxyde de carbone. Le résidentiel tertiaire représente le 2^{ème} émetteur de CO avec 33 % des émissions totales de CO.



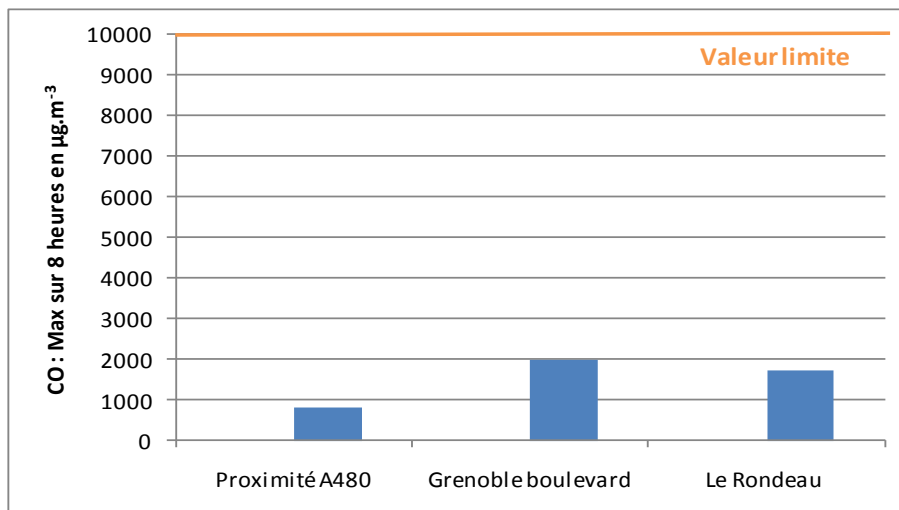
Répartition sectorielle des émissions de CO dans l'agglomération grenobloise (METRO 26 communes), Sources : cadastre ASCOPARG émissions 2006 (version 2008-3)

Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation



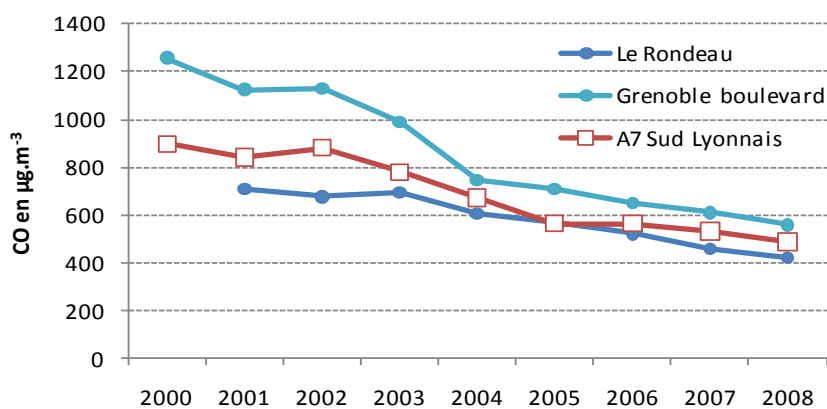
Statistiques horaires des mesures de monoxyde de carbone (8 semaines de mesures)

Sur le site d'étude à proximité de l'A480, les niveaux moyens en monoxyde de carbone sont proches de ceux mesurés sur la station de proximité automobile du Rondeau, ce qui confirme l'influence du trafic automobile.



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.

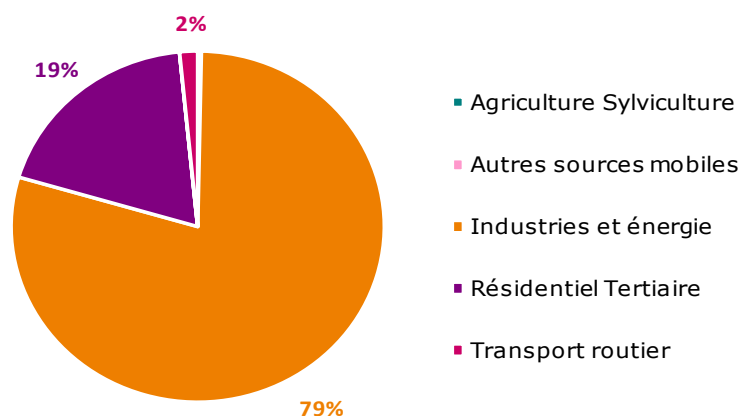


Evolution des concentrations moyennes annuelles de monoxyde de carbone (CO) sur plusieurs sites de proximité automobile

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).

4. Le dioxyde de soufre

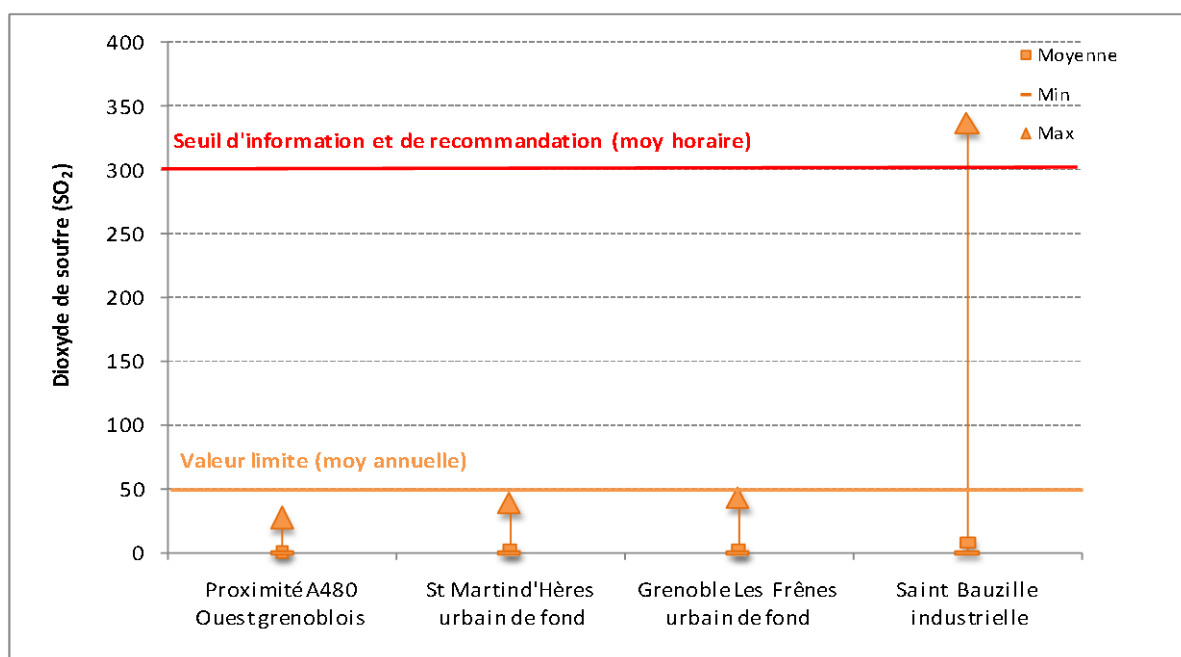
Les émissions de dioxyde de soufre dans l'agglomération grenobloise



Répartition sectorielle des émissions de dioxyde de soufre dans l'agglomération grenobloise (METRO 26 communes), Sources : cadastre ASCOPARG émissions 2006 (version 2008-3)

Dans l'agglomération de Grenoble, **le secteur industriel** (en orange sur la figure) **est l'émetteur principal de dioxyde de soufre** avec 79% des émissions. **Le trafic automobile représente une faible part** des émissions de dioxyde de soufre (2%).

Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation



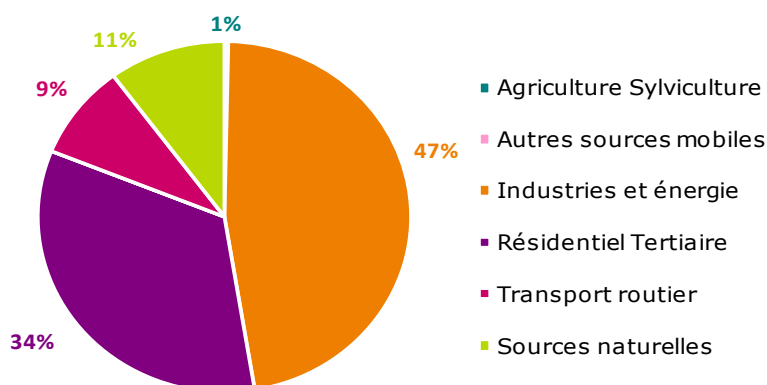
Statistiques des mesures de dioxyde de soufre en 2008

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 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 .

5. 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), Source : Cadastre ASCOPARG émissions 2006 (version 2008-3)

Avec seulement 9% des émissions de Composés Organiques Volatils non méthaniques (COVNM), **le trafic automobile représente le 4^{ème} émetteur de COVNM** derrière le résidentiel/tertiaire (34%) et le secteur industriel (47%) dans l'agglomération de Grenoble.

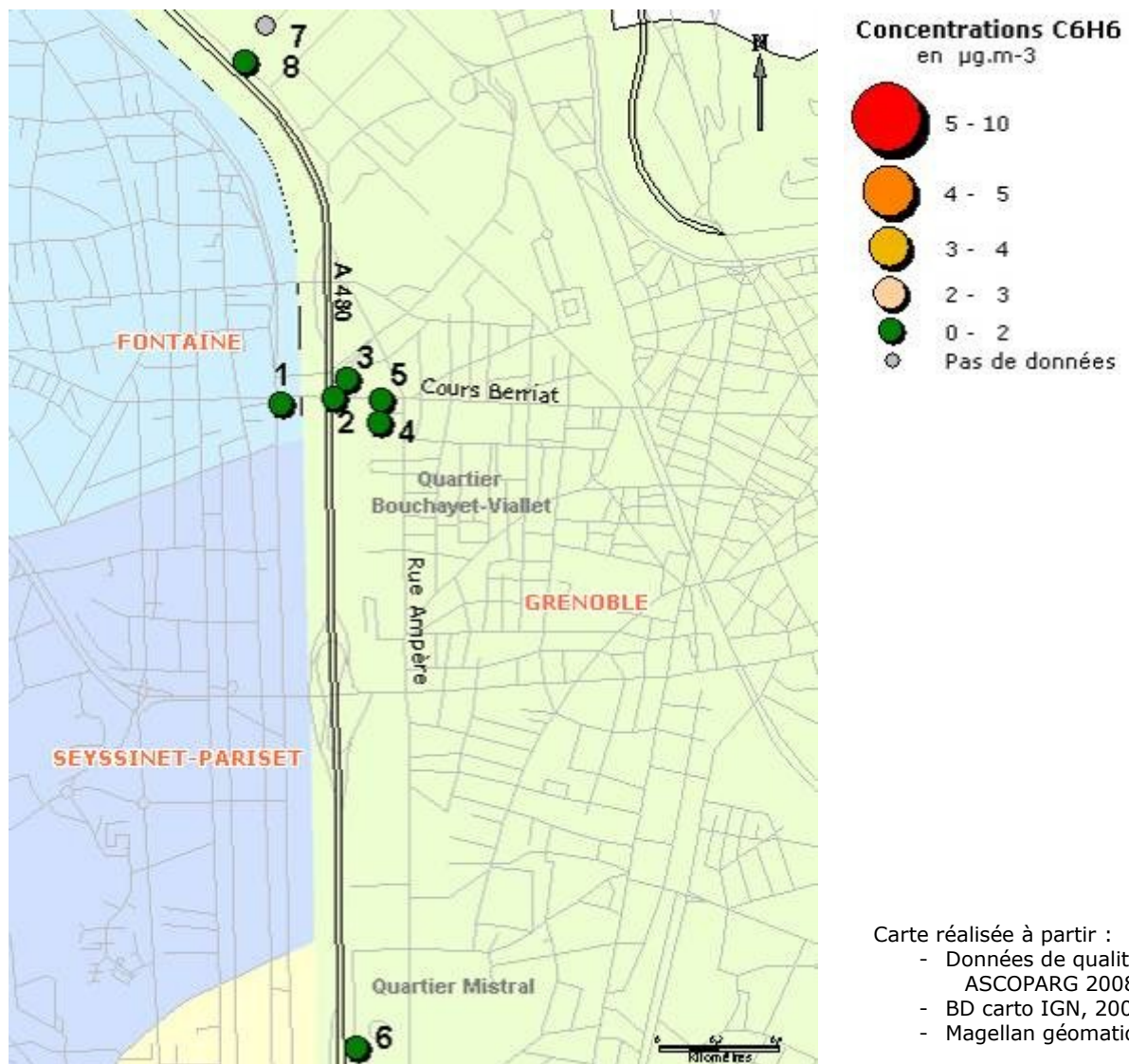
Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation

Afin d'observer la variation spatiale des concentrations de polluants autour de l'axe A480, des mesures de BTX par tube à diffusion passive¹ ont été réalisées sur chaque site.

Les figures suivantes illustrent les concentrations de benzène en moyenne annuelles observées à différentes distances de l'A480.

¹ Sur les mêmes sites que les tubes NO_2 ; cf. §1- Sites de mesures

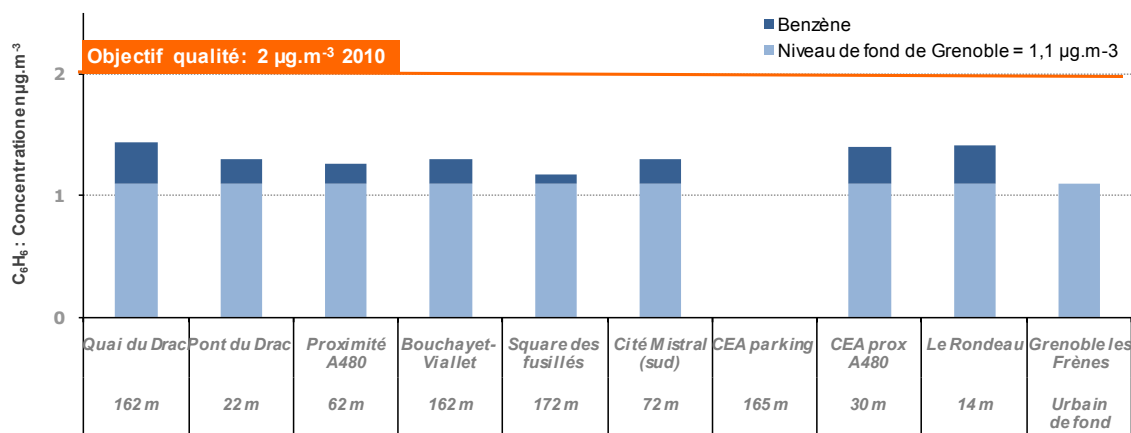
Mesures de benzène à proximité de l'A480



Carte réalisée à partir :

- Données de qualité de l'air ASCOPARG 2008-09
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999

<i>n° Sites</i>	<i>Nom des Sites</i>	<i>Moy annuelle en $\mu\text{g.m}^{-3}$</i>
1	Quai du Drac	1,4
2	Pont du Drac	1,3
3	Proximité A480	1,3
4	Bouchayet- Viallet	1,3
5	Square des fusillés	1,2
6	Cité Mistral	1,3
7	CEA parking	<i>pas de données</i>
8	CEA prox A480	1,4
	Le Rondeau	1,4



Concentrations moyennes annuelles estimées de benzène à proximité de l'A480 et sur les stations du Rondeau (prox auto) et de Grenoble les Frênes (urbain de fond)

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

La moyenne annuelle de la pollution de fond en benzène, calculée à partir de la station de Grenoble les Frênes (échantillon de 48 semaines entre mars 2008 et février 2009), est de $1,1 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Avec une concentration moyenne annuelle¹ de benzène inférieure à $2 \mu\text{g.m}^{-3}$ tous les sites de mesures sont **conformes à l'objectif de qualité**.

De fait, tous les sites respectent aussi la valeur limite pour la protection de la santé fixée à $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 2010 et $7 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 2008.

Contrairement au dioxyde d'azote, l'ensemble des mesures réalisées ne montre pas de décroissance des concentrations de benzène en fonction de la distance.

Une récente étude réalisée par AIRPARIF (réseau de surveillance de la qualité de l'air sur Paris et en Ile-de-France) autour d'axes périphériques a montré en effet que les concentrations de benzène diminuent très rapidement à des niveaux de fond (à quelques mètres de l'axe de circulation)².

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

A noter qu'en terme de démissions de COV, sur l'agglomération grenobloise, le secteur du transport routier ne représente que le 4^{ème} émetteur, derrière les secteurs industriel et résidentiel tertiaire.

L'ensemble des résultats montre donc une faible influence de l'autoroute A480 sur les niveaux de benzène mesurés en air ambiant.

¹ Estimation de la moyenne annuelle à partir des 8 semaines de mesures

² Etude AIRPARIF - Février 2008 - Caractérisation de la qualité de l'air à proximité des voies de grande circulation (premier volet : Boulevard Périphérique au niveau de la porte de Gentilly)

6. Résultats des prélèvements : COV, Aldéhydes, HAP et ETM

Le laboratoire mobile implanté à proximité de l'A480 a permis de réaliser plusieurs prélèvements de COV, Aldéhydes, HAP et Métaux Lourds (aussi appelés Eléments Traces Métalliques). Ces prélèvements ont été programmés en simultané avec le site de référence urbain de Grenoble situé au sud de Grenoble (Ecole Les Frênes dans le quartier de la Villeneuve). Au total, **83 polluants** ont été analysés.

Origine des polluants

L'origine de ces polluants est diverse et couvre la plupart des secteurs regroupés par catégories, comme le transport, l'industrie et l'énergie, le résidentiel tertiaire, l'agriculture (dont engrais chimiques et pesticides) ou d'autres sources mobiles (aériennes, ferroviaires, fluviales, navales,...). Ce paragraphe donne quelques éléments de connaissances générales pour chaque grande famille de polluants qui ont été étudiés.

❖ Composés Organiques Volatils (COV)

Les émissions de COV d'origine industrielle sont produites par les raffineries de pétrole, les industries pétrochimiques, les imprimeries, les incinérateurs, et les produits de plastique, les scieries ainsi que les usines de panneaux agglomérés et de pâtes et papiers. A noter que la plupart des COV chlorés sont d'origine industrielle.

Certains des COV émis par l'industrie peuvent être également issus du transport, comme c'est cas du benzène, du toluène ou des xylènes (appelés aussi HAM : Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques), ou bien encore l'éthylène, l'acétylène ou l'iso-pentane.

Les émissions de la catégorie résidentielle tertiaire peuvent provenir de la commercialisation de l'essence et du diesel, de l'utilisation de solvants à des fins non industrielles, du chauffage résidentiel au bois ou encore du nettoyage à sec, ainsi que toutes les émissions de sources diffuses qui ne sont pas incluses dans les autres catégories.

❖ Aldéhydes

Le Formaldéhyde et l'Acétaldéhyde sont les deux principaux aldéhydes mesurés dans l'air. Une part importante des émissions de ces deux composés peut être due aux véhicules à moteur non équipés de pots catalytiques.

Le Formaldéhyde peut être également émis par l'industrie, dans des procédés de fabrication de résines ou de colles et de mousses polyuréthanes, dans l'industrie des textiles, des colorants, du papier et des cosmétiques, mais aussi par des réactions photochimiques avec d'autres composés organiques volatils. En air intérieur, le Formaldéhyde est un des principaux polluants étudiés car il se retrouve en fortes proportions dans les objets de fabrications industrielles citées précédemment, dans des produits ménagers (désinfectants, insecticides,...) ou bien encore dans les fumées de cigarette ou de cuisson.

L'acétaldéhyde peut être émis par des procédés industriels et par des réactions photochimiques et se retrouve également en air intérieur.

❖ Métaux Lourds ou Eléments Traces Métalliques (ETM)

Les métaux lourds sont présents naturellement à l'état de traces dans le sol. L'activité humaine peut renforcer cette présence car nombre d'entre eux jouent un rôle important dans la vie quotidienne (Plomb, Cuivre, Nickel, Zinc,...). La combustion de combustibles fossiles solides ou liquides (charbon, produits d'origine pétrolière) est également susceptible de rejeter des métaux dans les cendres, vapeurs et fumées.

❖ Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP sont générés essentiellement par des processus de combustion incomplète de la matière organique à haute température, comme c'est le cas de la combustion du carburant automobile, la combustion domestique (charbon, bois...), la production industrielle (aciéries...), la production d'énergie (centrales électriques fonctionnant au pétrole ou au charbon...) ou encore des incinérateurs. Le plus toxique des HAP est le Benzo(a)pyrène, qui est réglementé.

Représentativité et sites de comparaison

Cette partie présente les principaux résultats pour les composés réglementés ou ayant une valeur guide de l'OMS (cf. Annexe 5) ainsi que pour les composés dont les valeurs ont été les plus significatives. Les résultats de mesures de tous les polluants sont regroupés en annexes (cf. Annexe 7).

Compte tenu du caractère aléatoire et du nombre restreint de prélèvements, mais aussi de la spécificité des différentes techniques de mesures, il est très difficile d'évaluer la représentativité de l'échantillonnage autrement qu'avec le nombre de prélèvements réalisés vis-à-vis de l'ensemble d'une année (résumé dans le tableau ci-dessous) :

Les niveaux mesurés sur le site sur le site « Prox A480 » dans le cadre de cette étude de qualité de l'air sur l'ouest grenoblois sont comparés à plusieurs sites de référence :

Sites / période	Nombre de prélèvements et représentativité annuelle en %			
	COV (prélèvements sur 24h)	Aldéhydes (prélèvements sur 8h pour les sites mobiles et sur 7 jours pour le site de référence)	HAP (prélèvements sur 24h)	Métaux Lourds ou ETM (prélèvements sur 7 jours)
Ouest Grenoblois – Prox A480 / 4 campagnes	23 (6%)	25 (7%)	24 (7%)	8 (15%)
Site de réf urbain - Grenoble Les Frênes / 2008	65 (18%)	52 semaines (100%)	125 (34%)	47 (90%)
Prox A7 – sud lyonnais / 2008	24 (7%)	24 (7%)	24 (7%)	8 (15%)
Site de réf urbain – Nord Grenoble / 2008-2009	25 (7%)	25 (7%)	24 (7%)	8 (15%)
Prox industrielle Pont de Claix –/ 2006-2007	36 (10%)	36 (10%)	36 (10%)	36 (prélèvements de 24h) (10%)

Nombre de prélèvements réalisés pour le site de l'étude « Ouest grenoblois » sur les 4 périodes de l'étude dans l'ouest grenoblois et pour les sites de référence.

Les nombres de prélèvements sont associés à la représentativité annuelle.

Pour la présente étude dans l'ouest grenoblois, le taux de représentativité des prélèvements varie, selon les polluants, entre 6% (pour les COV) et 15% (pour les métaux lourds). Il se situe donc entre le pourcentage minimum annuel de durée de mesure admissible pour une évaluation de la qualité de l'air (6%) et le pourcentage minimum requis par la directive européenne (14%).

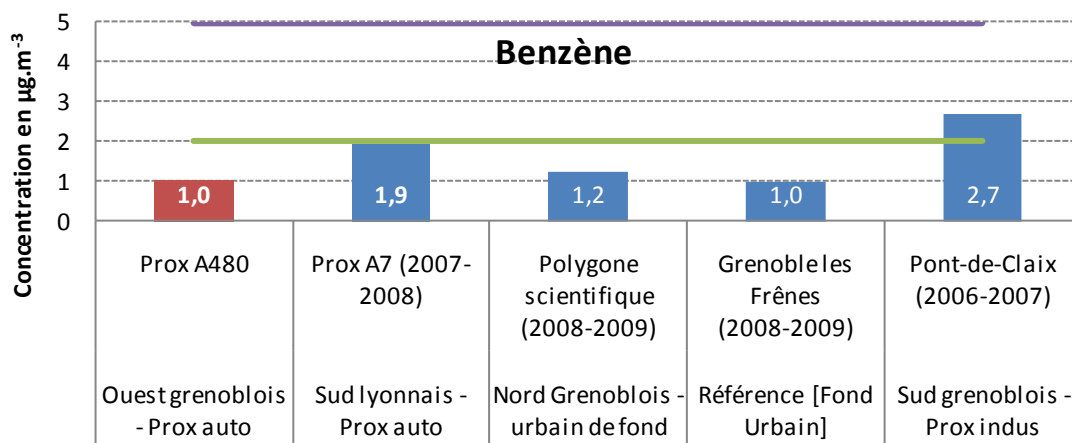
Aucune correction n'a été apportée aux moyennes mesurées par prélèvements.

Les niveaux mesurés pour cette étude sont comparés :

- aux **seuils réglementaires** existants;
- aux **moyennes annuelles** enregistrées sur une année (entre mars 2008 et février 2009), en **fond urbain** au sud de Grenoble (Ecole « Les Frênes » - quartier de la Villeneuve)
- aux **niveaux moyens** mesurés sur quatre campagnes de mesures dans le cadre d'autres études de qualité de l'air
 - à proximité du trafic de l'A7 dans l'ouest lyonnais (Pierre-Bénite - 69). A noter que ce site était également sous l'influence de la zone industrielle du sud lyonnais (située au sud-est du site de mesure)
 - en fond urbain au nord de Grenoble (secteur « polygone scientifique »)
 - en proximité industrielle, au sud de Grenoble (non loin de la plateforme chimique de Pont-de-Claix).

Composés Organiques Volatils (COV)

Les moyennes mesurées pour le **Benzène** avec des prélèvements par canisters sur le site mobile implanté pour cette étude et sur le site de référence pour le fond urbain de Grenoble sont toutes conformes à **l'objectif de qualité** (fixé à $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne annuelle) et donc également à la **valeur limite** ($5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne annuelle).

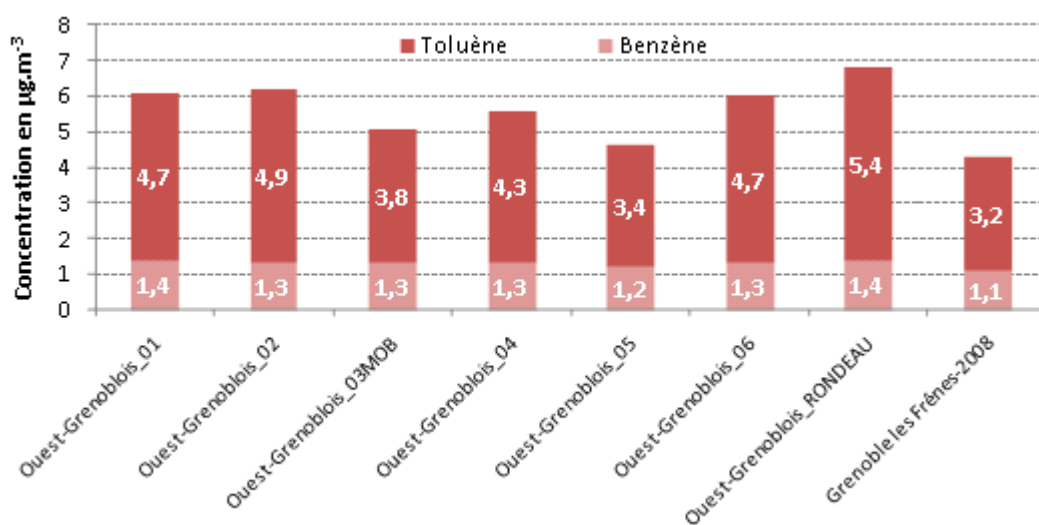


Concentration moyenne en benzène mesurée par canister sur le site de l'étude Ouest Grenoblois et sur plusieurs sites de référence

Dans l'ouest grenoblois, la moyenne annuelle estimée en benzène sur le site de l'ouest grenoblois à 50 mètres de l'A480 est conforme aux valeurs réglementaires concernant ce polluant. Elle est également proche des niveaux de fond mesurés à Grenoble.

En proximité immédiate de l'autoroute A7 (moins de 5m), les niveaux en benzène sont pratiquement deux fois plus importants et sont proches de l'objectif de qualité. A noter tout de même que ce site de mesure peut être influencé par la zone industrielle du sud lyonnais.

En proximité industrielle, les valeurs mesurées peuvent être plus élevées, comme par exemple sur une site proche de la plateforme chimique de Pont-de-Claix, dont la moyenne entre 2006 et 2007 n'était pas conforme à l'objectif de qualité.

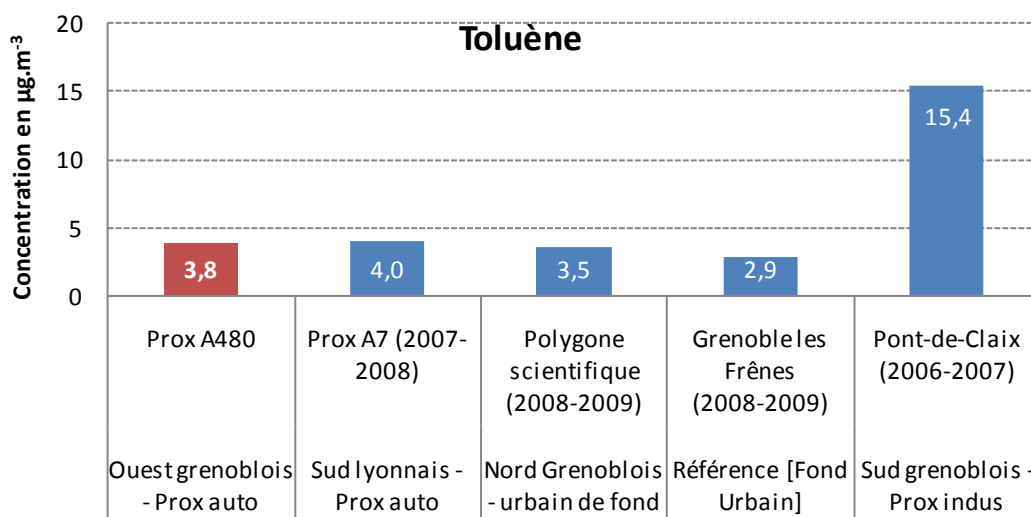


Niveaux moyens de benzène et toluène mesurés par tubes à diffusion sur les sites de l'étude « Ouest grenoblois » et sur le site de référence urbaine de Grenoble les Frênes

Les mesures par tubes à diffusion montrent que les niveaux de benzène sont homogènes et conformes à l'objectif de qualité en situation de fond dans l'agglomération grenobloise (compris entre $1,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et $1,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Même si les niveaux moyens de benzène sont légèrement supérieurs en proximité automobile (Ouest-Grenoblois_ROMDEAU), ils restent conformes à l'objectif de qualité.

Les niveaux de benzène mesurés par canisters sur le site de l'Ouest grenoblois, dans le cadre de cette étude, sont relativement proches des niveaux mesurés par tubes à diffusion. Ces niveaux sont également proches de ceux mesurés en situation de fond par canister ($\sim 1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

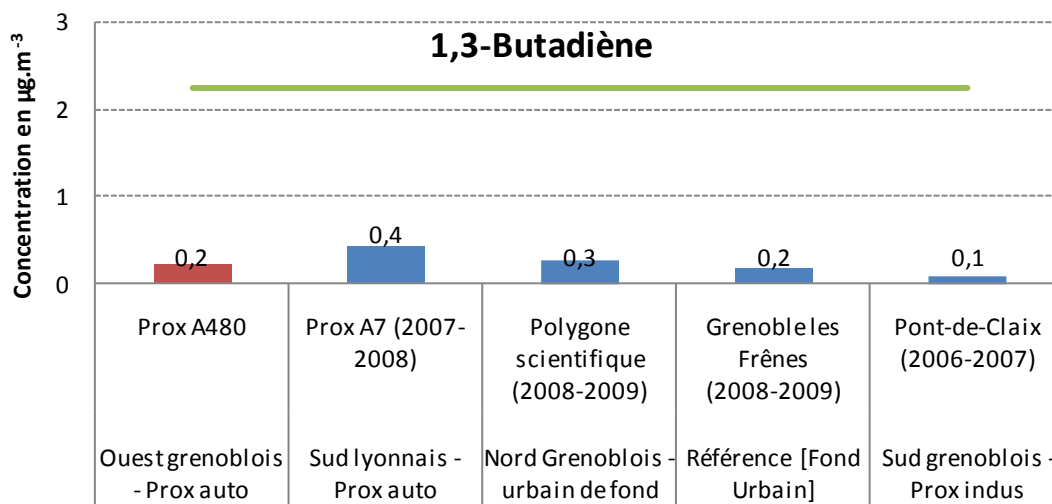
En revanche, les niveaux moyens de **toluène** mesurés par canisters sur le site d'étude, à 50m de l'A480, sont supérieurs à ceux mesurés en site de fond dans l'agglomération grenobloise et proches de ceux mesurés sur le site de proximité de l'A7, qui mesurait également l'influence de la zone industrielle du sud lyonnais. Ces niveaux semblent donc montrer une influence locale sur le site d'étude qui pourrait être liée à une ou plusieurs sources d'émissions : la proximité de l'A480, mais aussi les autres axes de circulation autour du site, les voitures stationnant à proximité (émissions de toluène dans les vapeurs d'essence), ou encore des travaux (utilisation de toluène dans les solvants).



Concentration moyenne en toluène mesurée par canister sur le site de l'étude Ouest Grenoblois et sur plusieurs sites de référence

Les mesures par tubes passifs confirment que les niveaux de toluène sur le site d'étude sont légèrement supérieurs à ceux mesurés en site urbain de fond ($3,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ contre $3,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et proches de ceux mesurés en site de proximité automobile ($4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en proximité immédiate de l'A7). Toutefois, ces niveaux restent inférieurs à ceux qui peuvent être mesurés en proximité industrielle.

Vis-à-vis des valeurs réglementaires, pour l'ensemble des sites, les moyennes en toluène sont nettement inférieures à la valeur guide préconisée par l'OMS pour ce polluant ($260 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne sur 7 jours).

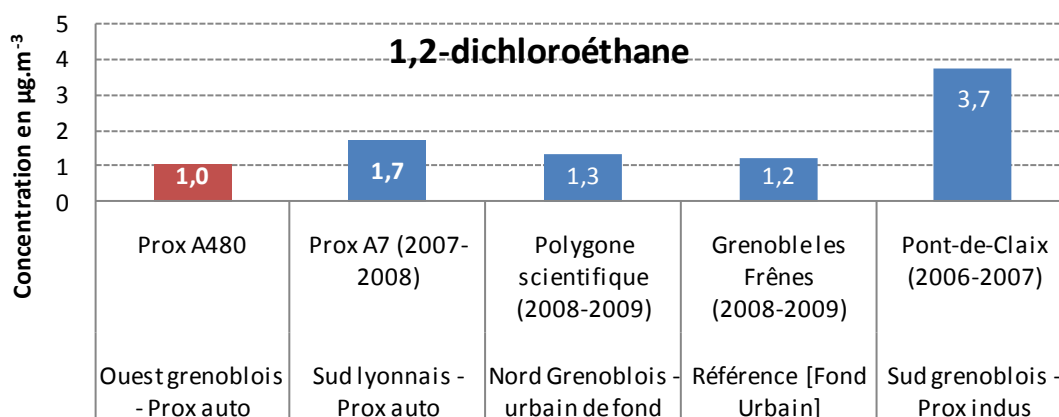


Concentration moyenne en 1,3-butadiène mesurée par canister sur le site de l'étude Ouest Grenoblois et sur plusieurs sites de référence

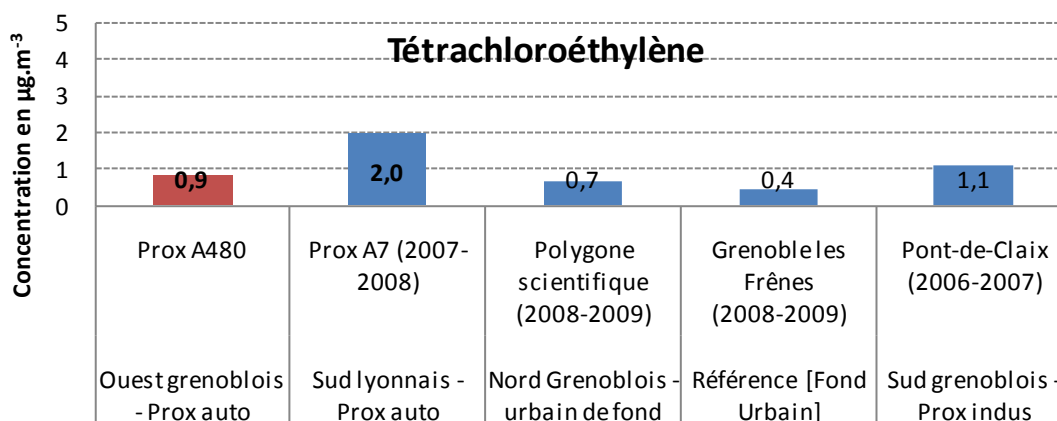
Pour le **1,3-Butadiène**, les moyennes mesurées sont très faibles sur l'ensemble des sites. En l'absence de source avérée de 1,3-butadiène, les niveaux de ce polluant restent faibles sur l'ensemble des sites de mesures, y compris en proximité industrielle dans le sud grenoblois.

La valeur de référence qui est appliquée au Royaume-Uni (**Objectif de qualité** fixé à 2,25 µg.m⁻³), est respectée sur le site d'étude et sur tous les sites de comparaison.

Pour le **1,2-Dichloroéthane** et le **Tétrachloroéthylène**, les niveaux sont également très faibles et largement inférieurs aux valeurs guides de l'OMS (cf. annexe 5).



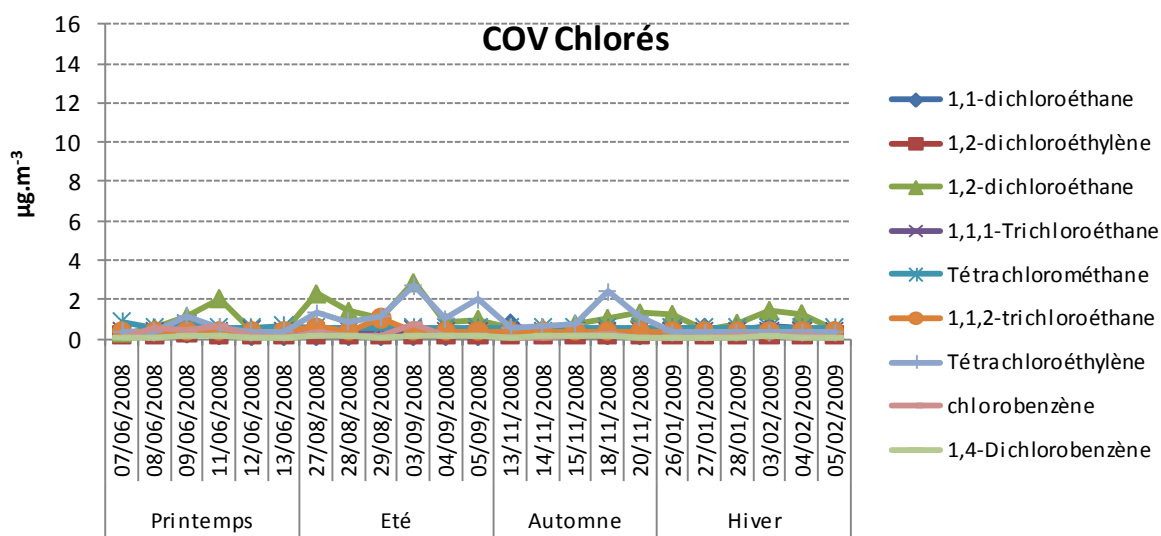
Concentration moyenne en 1,2-dichloroéthane mesurée par canister sur le site de l'étude Ouest Grenoblois et sur plusieurs sites de référence



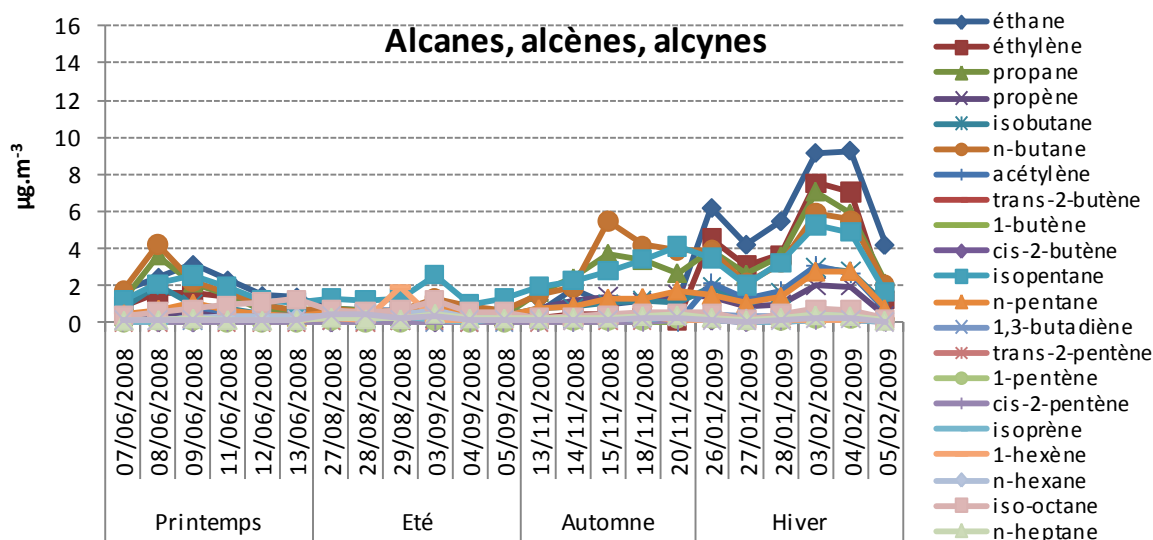
Concentration moyenne en tétrachloroéthylène mesurée par canister sur le site de l'étude Ouest grenoblois et sur plusieurs sites de référence

Les moyennes sont inférieures à celles qui peuvent être mesurées en proximité industrielle dans le sud grenoblois notamment pour le 1,2 dichloroéthane. En effet, le secteur industriel peut être à l'origine des émissions de ces deux polluants.

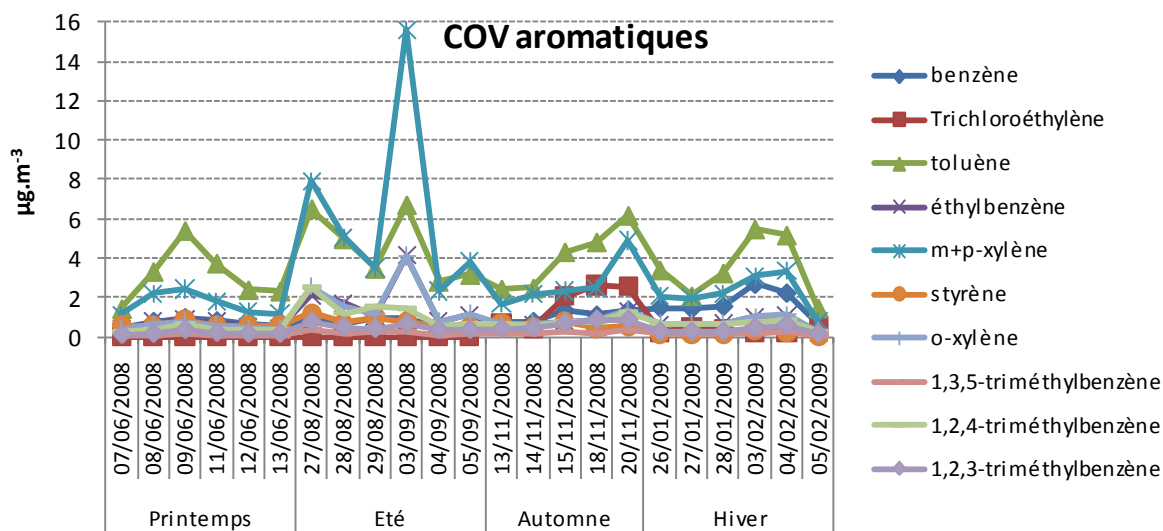
Les graphiques suivants présentent l'évolution des prélèvements des différents Composés Organiques Volatils sur le site de l'étude.



Concentrations journalières en Composés Organiques Volatils chlorés sur le site de l'étude « Ouest grenoblois »



Concentrations journalières en Composés Organiques Volatils faisant partie des alcanes, alcènes et alcynes sur le site de l'étude « Ouest grenoblois »

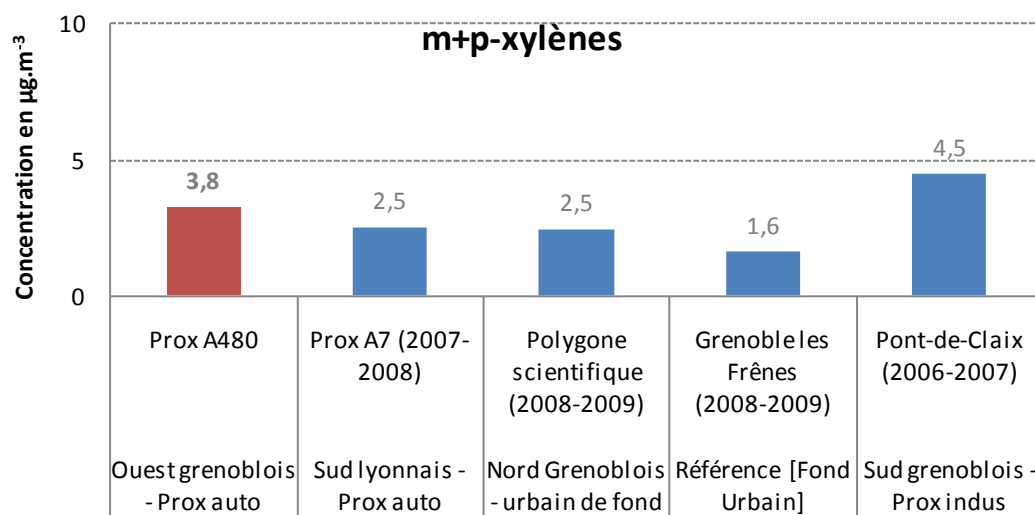


Concentrations journalières en Composés Organiques Volatils faisant partie des composés aromatiques sur le site de l'étude « Ouest grenoblois »

Concernant les **composés chlorés**, les résultats ne montrent pas de saisonnalité.

Pour les **Alcanes, Alcènes et Alcynes**, sur la période hivernale, les concentrations augmentent pour certains composés, notamment ceux pouvant être émis par le trafic automobile ou par les activités de chauffage (éthylène, propane, éthane, iso-pentane).

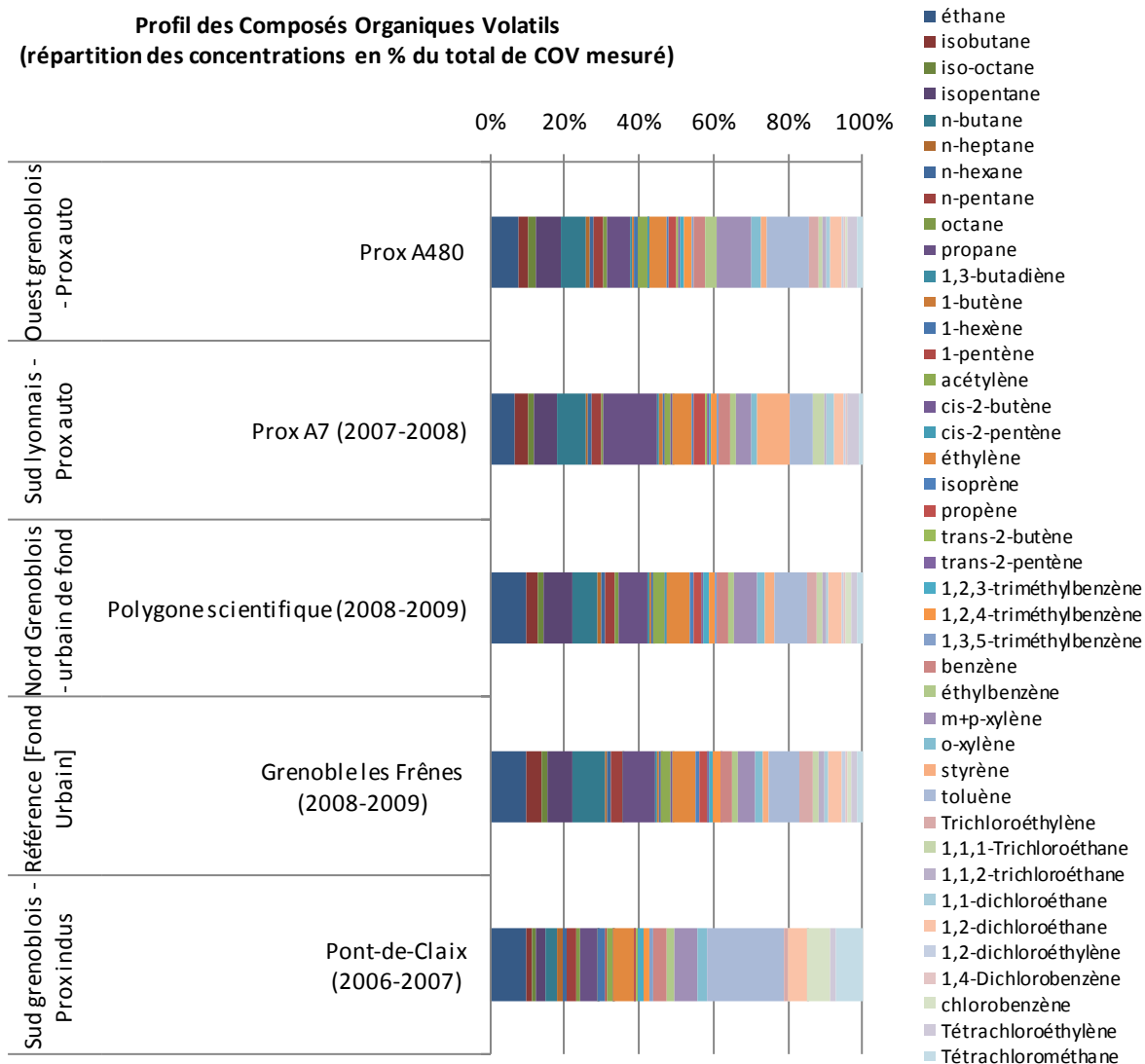
Pour les **composés aromatiques**, une hausse importante en m+p-xylène a été mesurée lors de la 2^{ème} campagne de mesures (le 3 septembre 2009), dont l'origine pourrait être liée à des travaux de voirie et d'enrobés qui ont eu lieu sur l'A480 à proximité du site d'étude à cette période. Le xylène est un composé issu du pétrole, présent dans de très nombreux solvants utilisés dans l'industrie ou pour le nettoyage. En revanche il n'est présent qu'en faible quantité dans les carburants.



Concentration moyenne en m+p-xylènes mesurée par canister sur le site de l'étude Ouest Grenoblois et sur plusieurs sites de référence

A noter que sans cette hausse, la concentration moyenne en m+p-xylènes aurait été équivalente à celle des sites du sud lyonnais et du nord grenoblois.

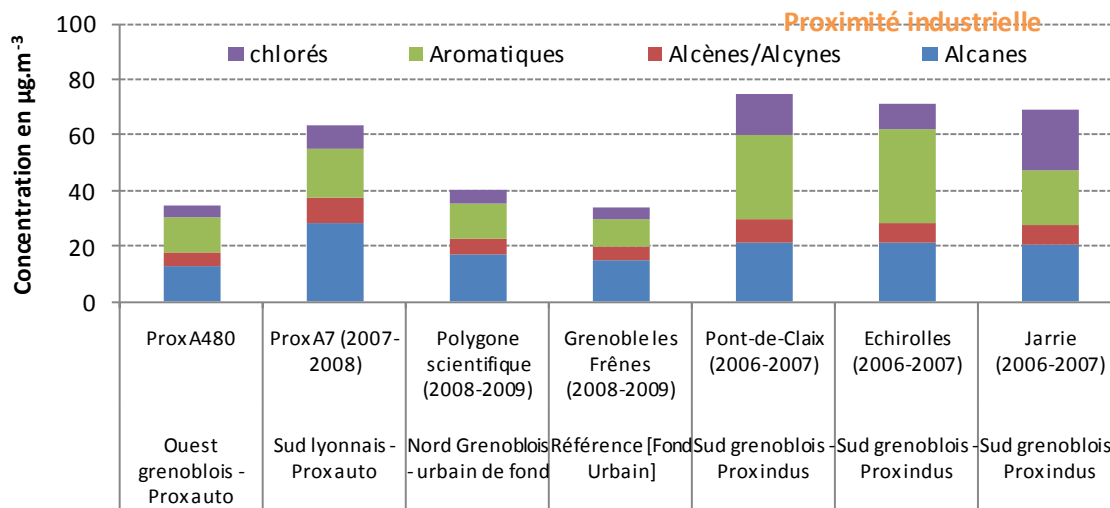
Le graphique suivant compare les profils de COV mesurés sur le site d'étude avec plusieurs autres stations de mesures.



Profil des composés organiques volatils (répartition des concentrations en % du total de COV mesuré)

Ce graphique montre la relative homogénéité des profils de COV entre le site d'étude et la plupart des autres sites de l'agglomération grenobloise.

Certains sites, notamment en proximité industrielle, montrent une répartition des Composés Organiques Volatils caractérisée par une plus forte de proportion de COV **aromatiques** et **chlorés** (cf. page suivante).



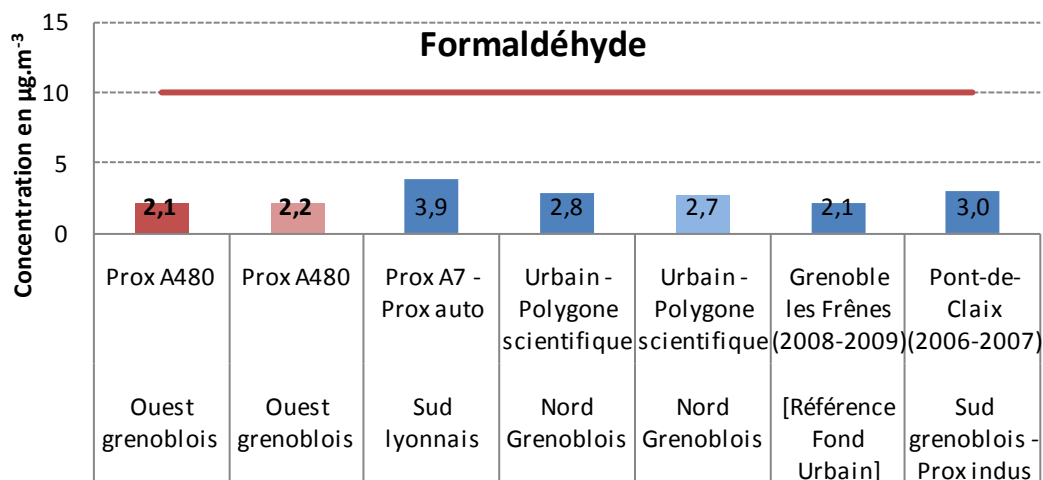
Profil des composés organiques volatils (répartition des concentrations en % du total de COV mesuré) – Cette figure présente la répartition des COV sur les trois sites de mesures en proximité industrielle dans le sud grenoblois

Le profil sur le site à proximité de l'A7 se rapproche plus d'un site en proximité industrielle que du site d'étude à proximité de l'A480, ce qui peut s'expliquer par la présence de COV émis sur la zone industrielle du sud lyonnais.

Aldéhydes

Sur le site d'étude, à 50m de l'A480, les niveaux de **formaldéhyde** sont comparables aux niveaux mesurés en site de fond.

Les moyennes de formaldéhyde mesurés par tubes à diffusion (8 expositions d'une semaine chacune) et par canister (25 expositions de 8h chacune) sont proches.



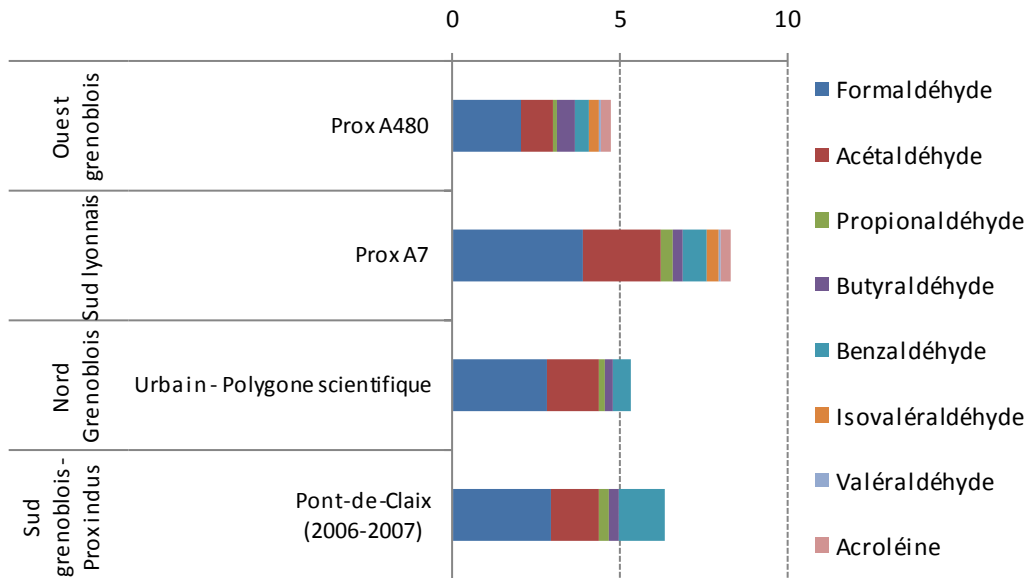
Concentration moyenne en formaldéhyde mesurée par prélèvement actif (en rouge) et tubes à diffusion (en rose) sur le site de l'étude Ouest Grenoblois et sur plusieurs sites de référence

Par ailleurs, les moyennes pour l'ensemble des sites sont nettement inférieures à la valeur guide pour l'air intérieur (fixée à 10 µg.m⁻³ en moyenne annuelle).

Les niveaux mesurés pour les autres aldéhydes sont également comparables aux niveaux de fond urbain, avec des valeurs très faibles et souvent inférieures à la limite de détection. Concernant l'acroléine, les résultats sont très faibles et proches de la limite de détection (~0,2 µg.m⁻³).

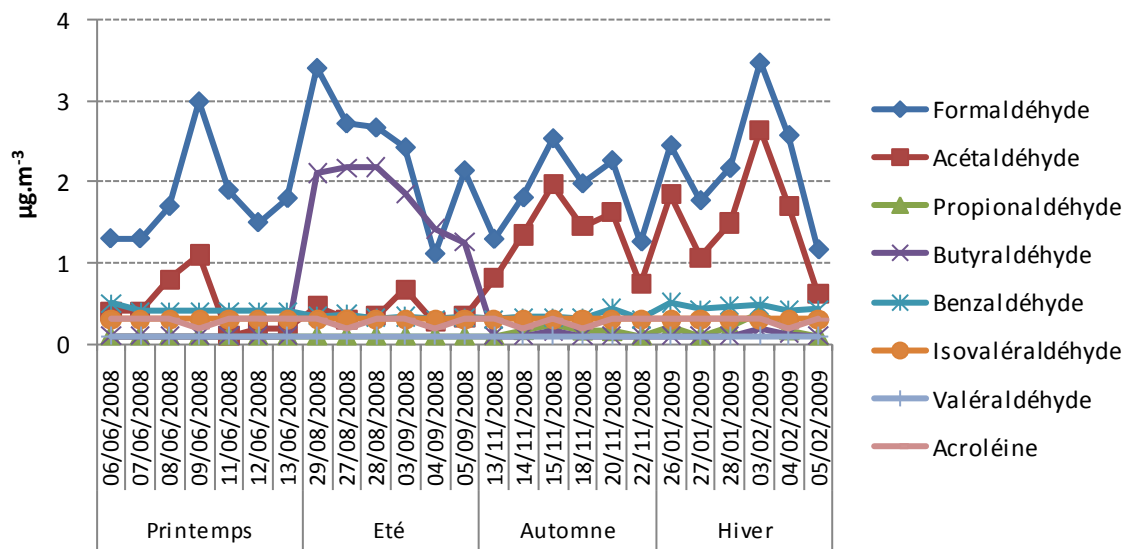
Le profil des aldéhydes montre que les profils de répartition des aldéhydes sont relativement homogènes entre les différents sites. Le **formaldéhyde** et **l'acétaldéhyde** sont les deux principaux composés mesurés (de 55% à 85% du total des aldéhydes selon le site considéré).

**Profil des aldéhydes (répartition des concentrations en $\mu\text{g.m}^{-3}$) -
Prélèvements sur 8h**



Profil moyen des aldéhydes mesuré par prélèvements actifs sur 8h sur le site de l'ouest grenoblois et sur les sites de référence

Le graphe suivant présente l'évolution des prélèvements d'aldéhydes sur le site d'étude.



Concentrations en aldéhydes sur le site de l'étude « Ouest grenoblois » mesurées par des prélèvements de 8 heures

Pour le formaldéhyde, l'évolution des concentrations ne montre pas de saisonnalité marquée : les niveaux varient entre 2 et $3,5 \mu\text{g.m}^{-3}$.

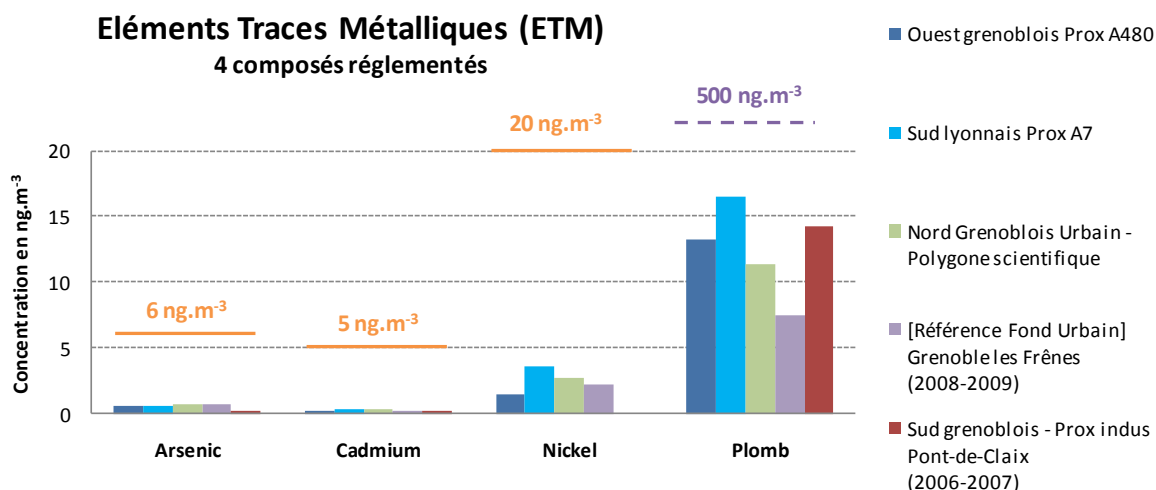
En revanche pour l'acétaldéhyde, les concentrations les plus importantes sont mesurées en automne et en hiver. En effet, l'acétaldéhyde est un composé photo-réactif qui peut être consommé en été dans les réactions de formation de l'ozone troposphérique.

Il est aussi intéressant de noter l'augmentation des niveaux de Butyraldéhyde lors de la campagne d'été (août à septembre 2008). Ces niveaux pourraient être liés aux travaux de voirie qui avaient lieu à proximité du site d'étude pendant cette période, en corrélation avec les niveaux de m+p-xylènes qui ont été mesurés pendant cette campagne.

Eléments Traces Métalliques (ETM ou Métaux Lourds)

Parmi les 15 Eléments Traces Métalliques mesurés, seuls 4 composés (arsenic, cadmium, nickel et plomb) possèdent des valeurs réglementaires (valeurs cibles ou valeur limite).

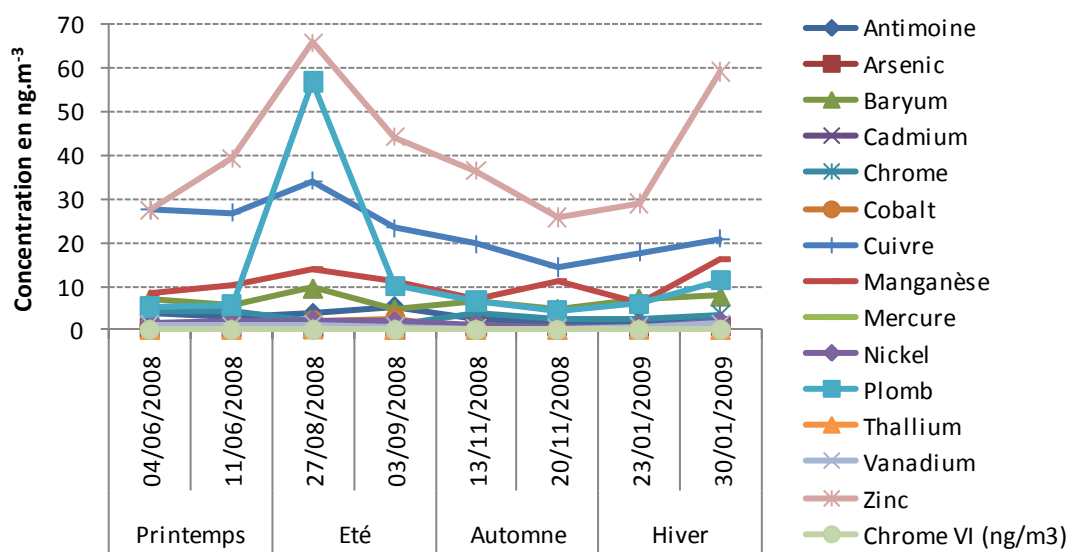
Pour les 4 éléments traces métalliques réglementés, les niveaux moyens sont nettement inférieurs aux valeurs réglementaires en moyenne annuelle sur l'ensemble des sites.



Concentration moyenne pour 4 Eléments Traces Métalliques (Arsenic, Cadmium, Nickel et Plomb) sur le site de l'étude à proximité de l'A480 et sur les sites de référence

Pour l'**arsenic**, le **cadmium** et le **nickel**, les niveaux mesurés sur le site de « l'Ouest grenoblois » sont comparables à ceux mesurés en fond urbain et conformes aux valeurs réglementaires respectives.

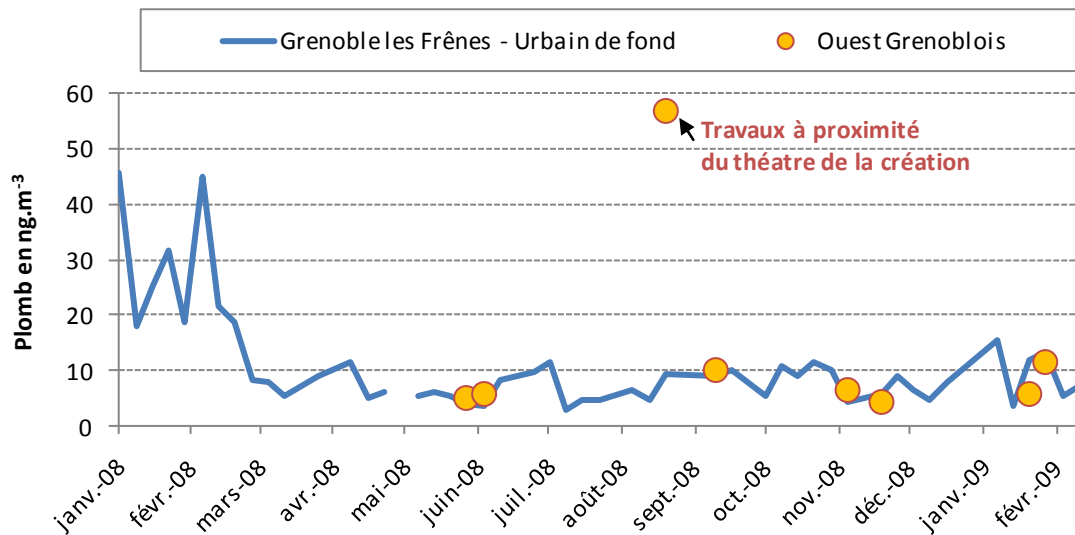
Concernant le **plomb**, la moyenne annuelle sur le site d'étude (13,3 ng.m⁻³) est légèrement supérieure au niveau de fond de l'agglomération grenobloise (7,5 ng.m⁻³).



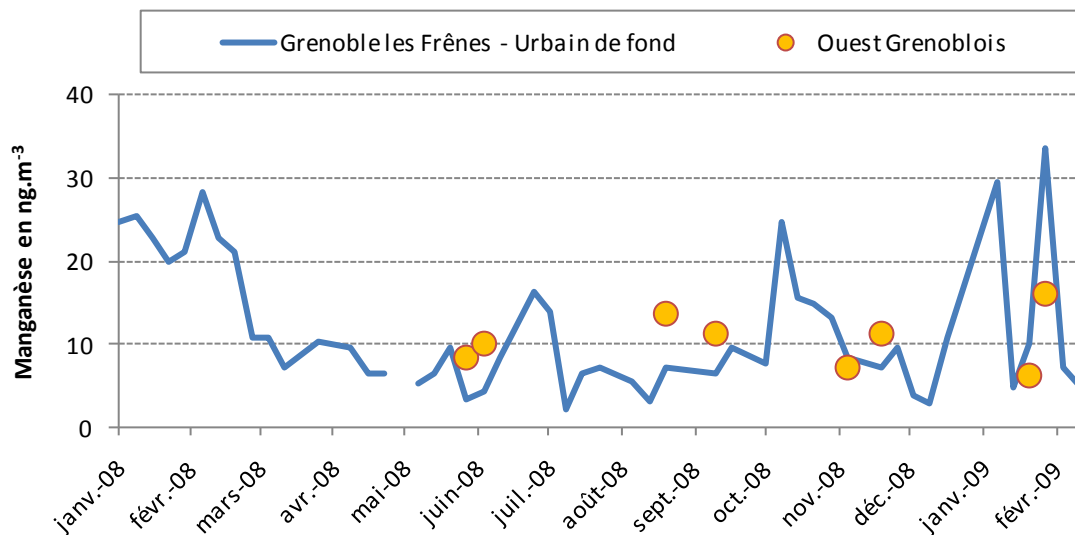
Evolution des concentrations en éléments traces métalliques sur le site d'étude à proximité de l'A480.

Cette différence provient d'un prélèvement avec une valeur très élevée en plomb pendant la campagne estivale (57 ng.m⁻³ pour la semaine du 27/08/09 au 03/09/09). Ceci peut être mis en relation avec les travaux qui ont eu lieu à proximité du site sur cette période (voir aussi les niveaux de xylènes et de Butyraldéhyde).

Pour les autres prélèvements de plomb, les niveaux mesurés sur le site d'étude sont comparables à ceux mesurés sur le site urbain de fond de Grenoble les Frênes.



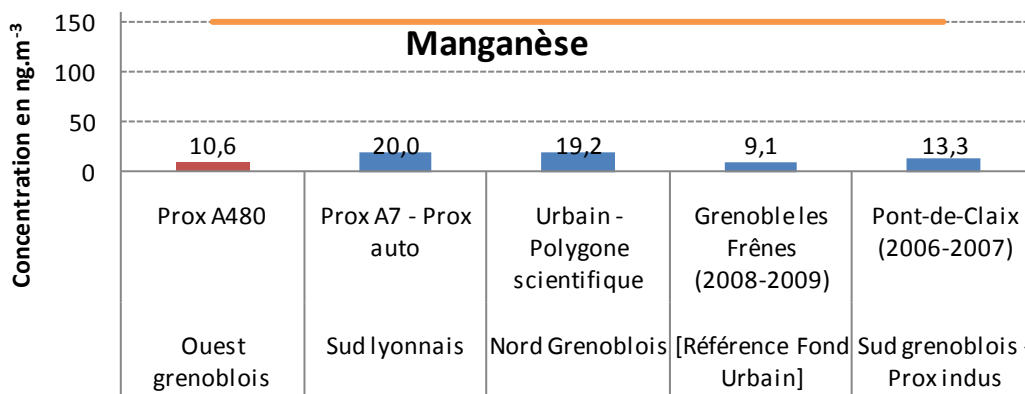
Comparaison entre les niveaux de plomb sur le site d'étude à proximité de l'A480 et sur le site urbain de fond de l'agglomération grenobloise



Comparaison entre les niveaux de manganèse sur le site d'étude à proximité de l'A480 et sur le site urbain de fond de l'agglomération grenobloise

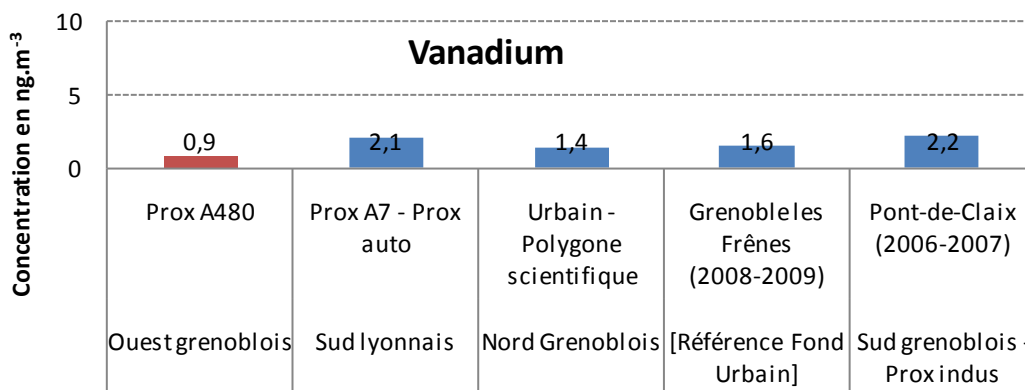
Pour le **manganèse**, les niveaux moyens mesurés sur le site d'étude sont comparables à ceux mesurés en site urbain de fond.

Ces niveaux restent nettement inférieurs à la valeur guide de l'OMS (fixée à 150 ng.m⁻³ en moyenne annuelle).



Concentration moyenne en manganèse sur le site de l'étude « Ouest grenoblois » et sur plusieurs autres sites de référence

Pour le vanadium, les niveaux sont extrêmement faibles sur l'ensemble des sites. Tous les prélèvements ont été nettement inférieurs à la valeur guide de l'OMS (1000 ng.m⁻³ préconisée en moyenne sur 24h).

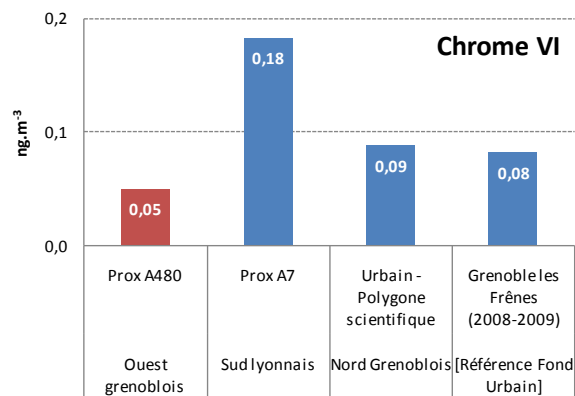
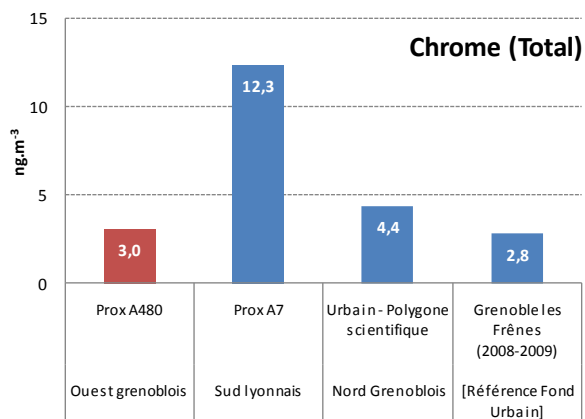


Concentration moyenne en vanadium sur le site de l'étude « Ouest grenoblois » et sur plusieurs sites de référence

Pour les autres métaux lourds, les niveaux sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés en fond urbain.

Concernant le **chrome VI**, qui représente une infime fraction du Chrome total, il a été analysé sur tous les prélèvements, car c'est un composé dont la toxicité est reconnue. Il peut avoir diverses conséquences sur la santé, dont notamment l'apparition de cancers (contrairement au Chrome III, qui se retrouve dans plusieurs nutriments essentiels pour l'homme). En revanche, il n'existe pas encore de valeur réglementaire pour ce composé.

D'un point de vue sanitaire, selon l'OMS, l'exposition à vie entière d'une population à une concentration de 0,25 ng.m⁻³ de chrome VI conduit à un risque potentiel de provoquer une augmentation de 1 cancer pour 100 000 habitants. Pour comparaison, ce même risque potentiel est atteint avec une exposition à vie d'une population à une concentration de 6,6 ng.m⁻³ d'Arsenic ou de 25 ng.m⁻³ de Nickel.



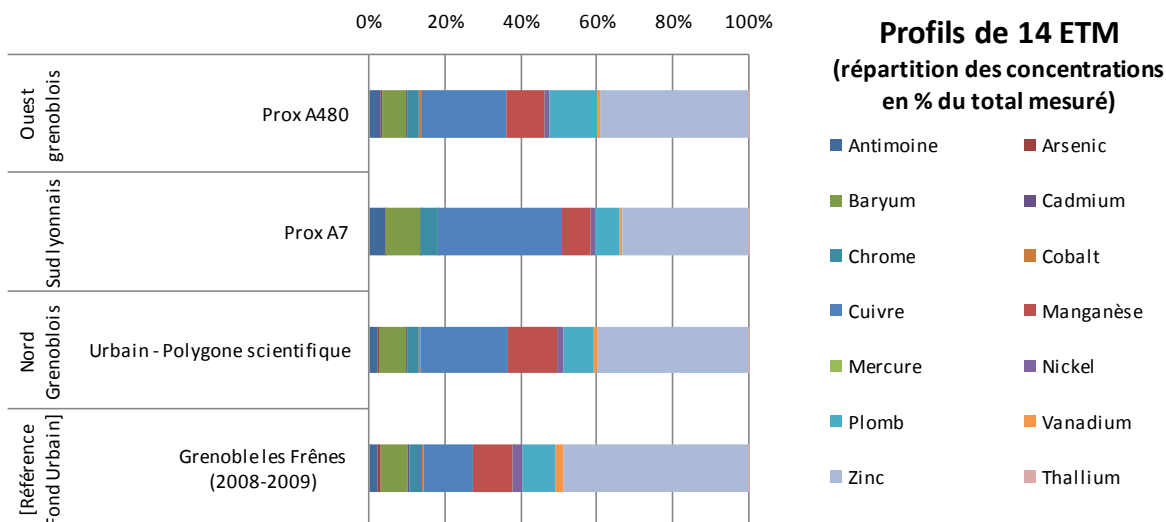
Concentration moyenne en chrome total (à gauche) et en chrome VI (à droite) sur le site de l'étude « Ouest grenoblois » et sur des sites de référence

Les niveaux en chrome total et en chrome VI mesurés sur le site à proximité de l'A480 sont comparables à ceux mesurés en site de fond dans l'agglomération grenobloise.

Concernant le chrome VI, les niveaux mesurés sur le site d'étude sont très faibles, ils représentent moins de 2% du chrome total.

A noter que les incertitudes sur cette mesure données par le laboratoire d'analyse peuvent varier, selon le prélèvement, entre 1% et 30%.

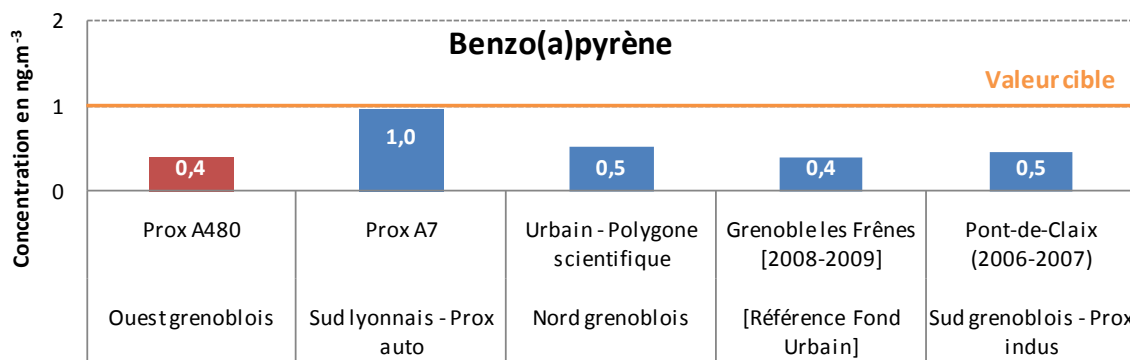
Le profil pour les 14 Eléments Traces Métalliques (sans le Chrome VI) mesuré sur le site d'étude est proche de celui des autres sites de l'agglomération grenobloise. Les deux éléments majoritaires sont le cuivre et le zinc.



Profil des 14 Eléments Traces Métalliques – Répartition des concentrations en % du total mesuré

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

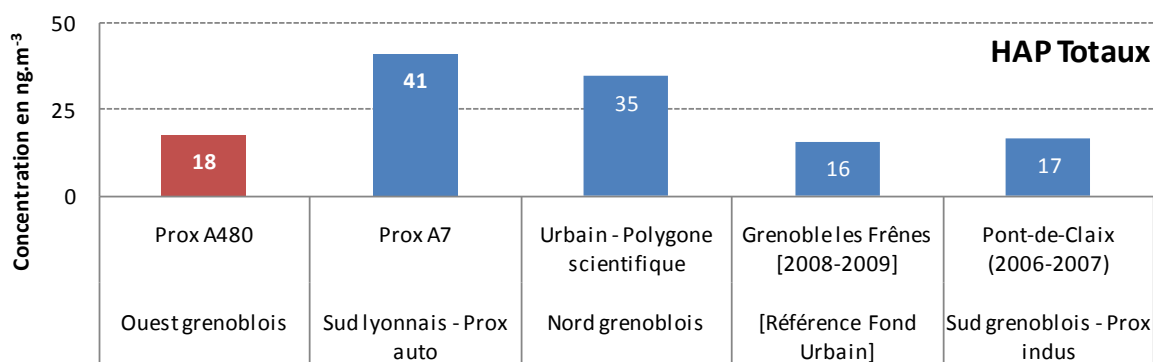
La moyenne en Benzo[a]pyrène mesurée sur le site d'étude est conforme à la valeur cible de 1ng.m^{-3} à respecter en moyenne annuelle. Par ailleurs, elle est comparable à celle mesurée sur le site de fond de l'agglomération grenobloise Grenoble les Frênes.



Concentration moyenne en Benzo[a]pyrène sur le site de l'étude et sur plusieurs sites de référence. Les concentrations sont exprimées en ng.m^{-3} .

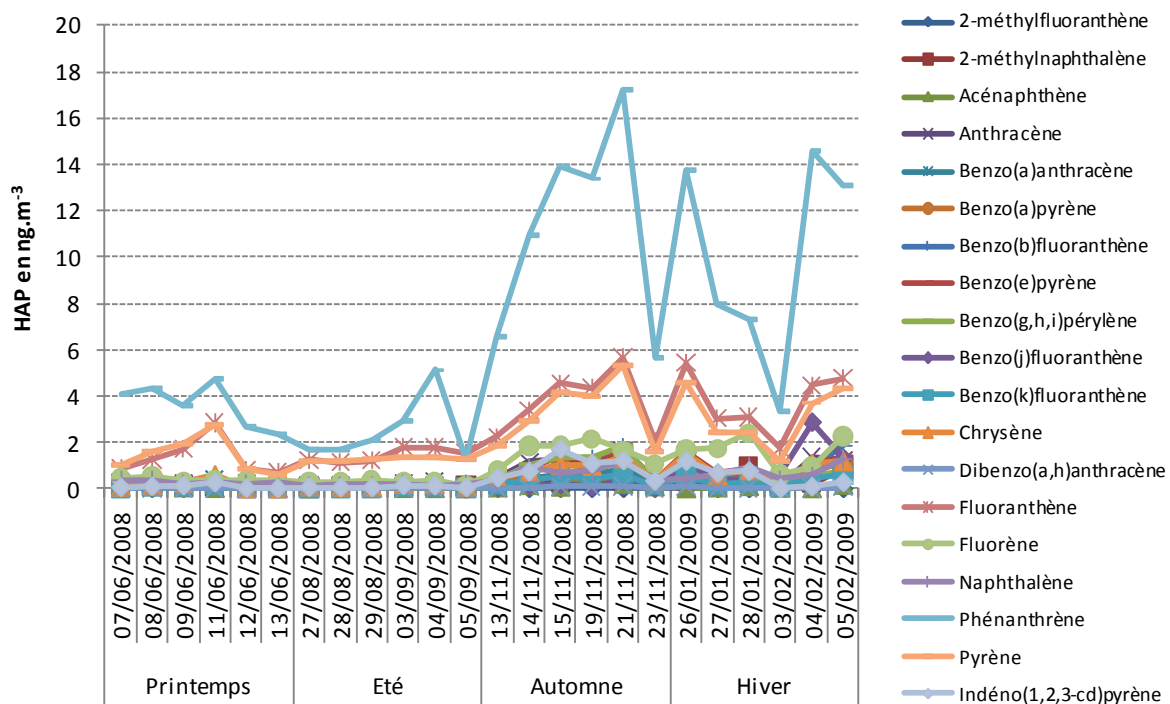
Les niveaux de benzo[a]pyrène sont plus importants sur le site en proximité de l'autoroute A7, ce qui peut s'expliquer par un trafic moyen journalier plus élevé (130 000 véh/j pour « prox A7 » et 87 000 véh/j pour « proxA480 ») et par la distance du point de mesure par rapport à la chaussée (5m pour « Prox A7 », contre environ 50m pour « Prox A480 »).

Les quantités totales de HAP sur le site d'étude « Ouest grenoblois » sont également comparables à celles mesurées sur le site urbain de fond dans l'agglomération grenobloise.



Concentration moyenne en HAP totaux sur les sites de l'étude « Ouest grenoblois » et sur plusieurs sites de référence

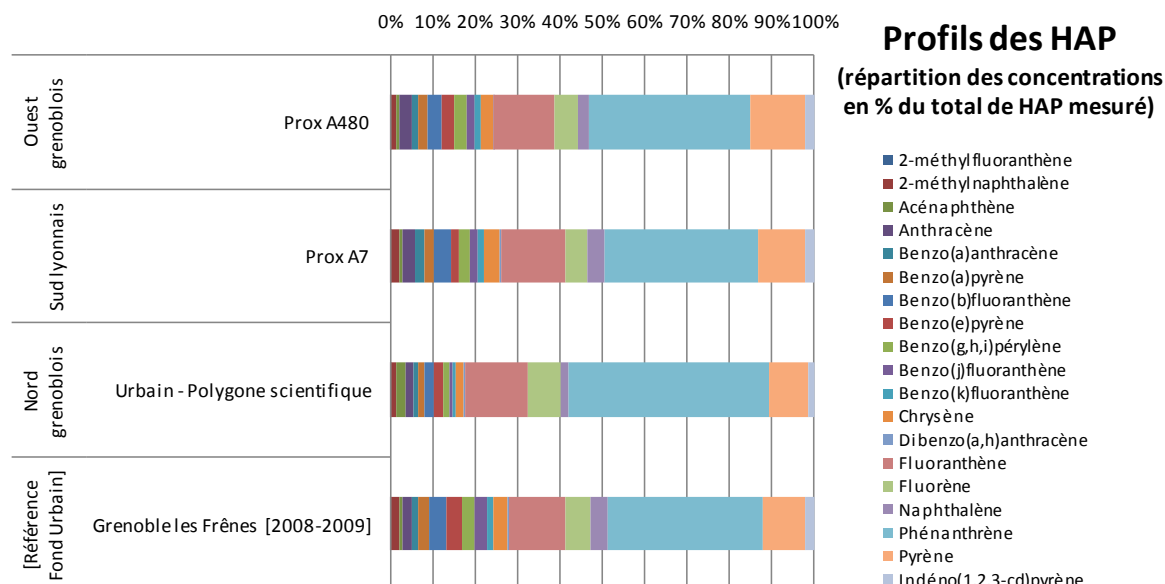
La figure suivante illustre l'évolution des prélèvements de HAP sur le site d'étude.



Concentrations en HAP sur le site d'étude « Ouest grenoblois » mesurée par prélèvements de 24h

Les niveaux de HAP sont plus importants sur les saisons d'automne et d'hiver, où les conditions de dispersion sont moins bonnes.

A noter que sur la région grenobloise, cette évolution a déjà été observée dans d'autres études et qu'elle est généralement plus liée à la hausse des émissions du chauffage qu'à celle du trafic.



Profil des HAP – Répartition des concentrations en % du total de HAP

Le profil de répartition des HAP sur le site d'étude est très proche de celui des autres sites. Le phénanthrène, le pyrène et le fluoranthène représentent selon les sites entre 60% et 70% de la masse totale de HAP recueillie.

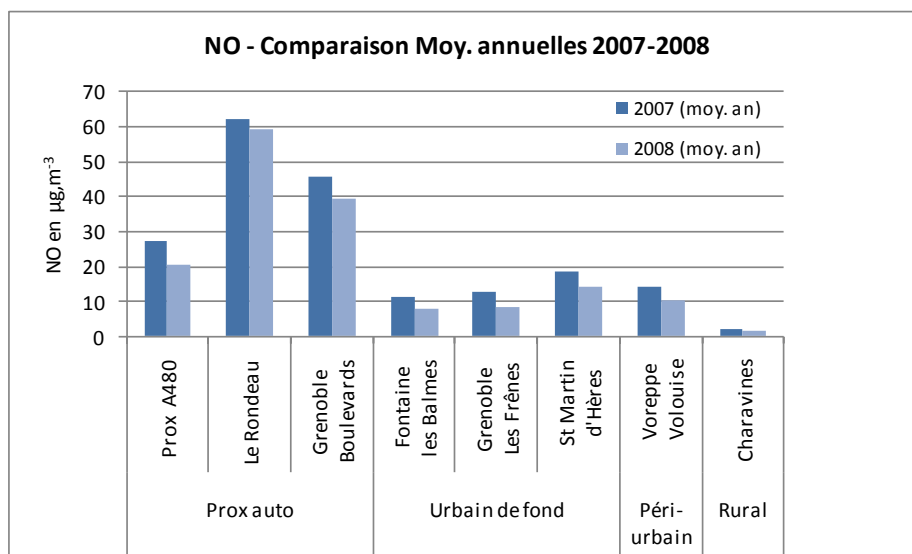
7. Comparaison des mesures entre 2007 et 2008

Evolution des niveaux sur la zone d'étude entre 2007 et 2008

Des premières mesures de qualité de l'air dans le secteur « Bouchayet-Viallet » avaient été réalisées en 2007, dans le cadre de l'Observatoire du Plan de Déplacements Urbains (PDU) de l'agglomération grenobloise.

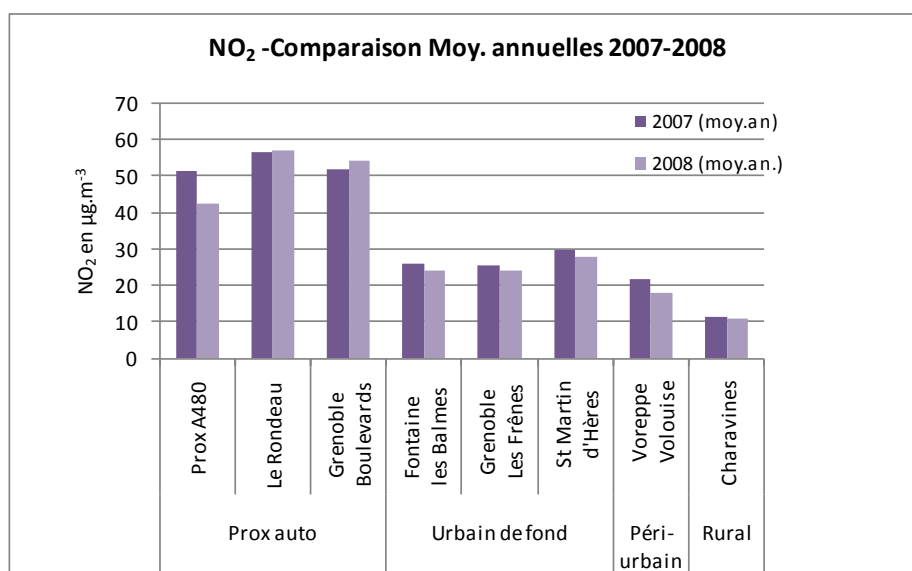
✓ Mesures par analyseurs

Les graphiques suivants comparent les concentrations moyennes annuelles des polluants mesurés entre 2007 et 2008, sur le site d'étude et sur les sites fixes de l'ASCOPARG.



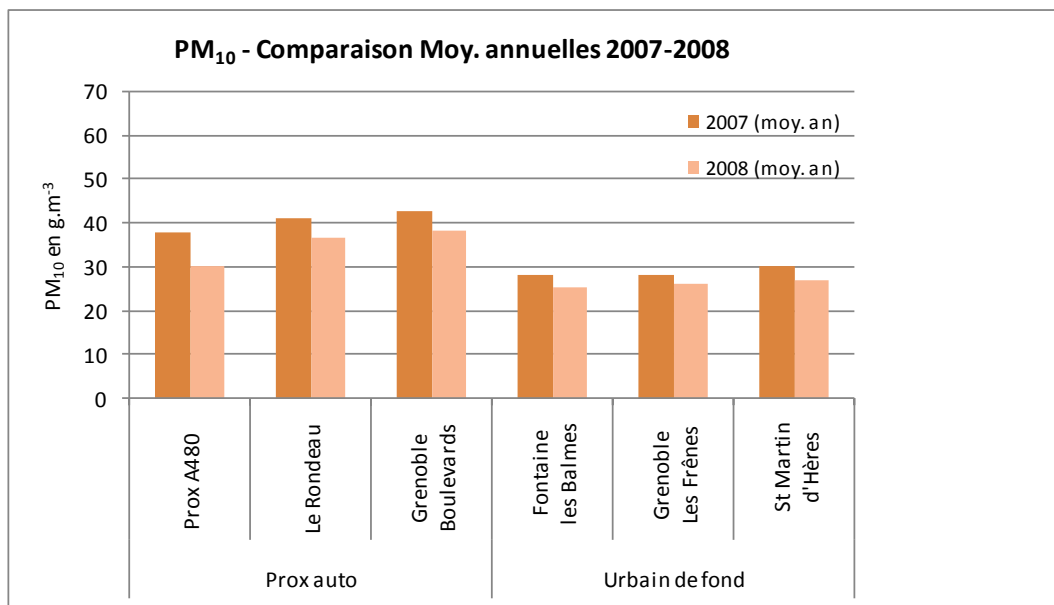
Comparaison des concentrations moyennes annuelles de monoxyde d'azote (NO) entre 2007 et 2008 sur le site d'étude et sur les sites fixes d'ASCOPARG

Les moyennes annuelles de NO observées sur le site d'étude en 2008 sont moins élevées que l'année précédente. Cette diminution des niveaux est également visible sur les stations fixes de proximité automobile et de fond.



Comparaison des concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) entre 2007 et 2008 sur le site d'étude et sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Comparativement aux trois stations de fond (Fontaine les Balmes, St Martin d'Hères, Grenoble les Frênes), les moyennes annuelles de NO₂ observées sur le site d'étude en 2008, diminuent par rapport à l'année précédente. En revanche, cette diminution n'est pas constatée en situation de proximité automobile sur les stations fixes du Rondeau et de Grenoble Boulevard.

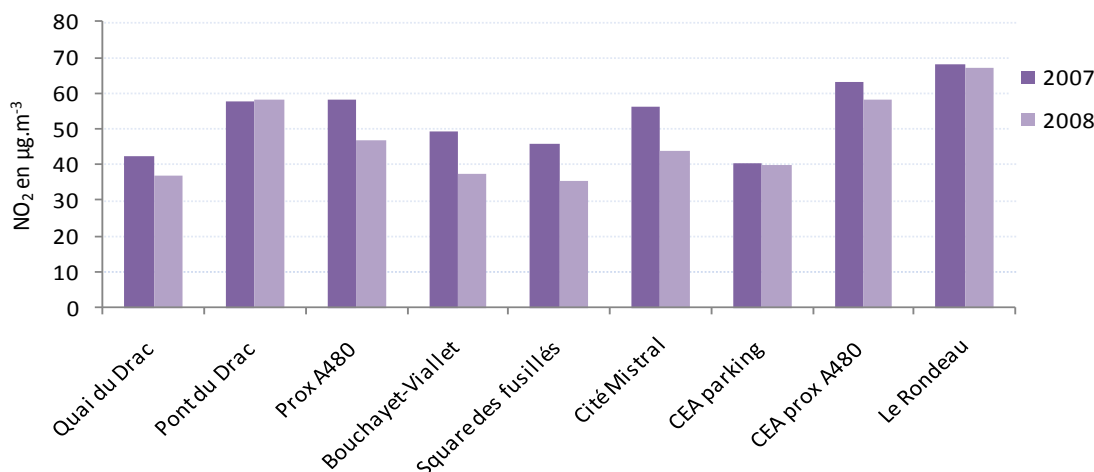


Comparaison des concentrations moyennes annuelles de particules fines (PM₁₀) entre 2007 et 2008-2009 sur le site d'étude et sur les sites fixes de l'ASCOPARG

Les moyennes annuelles de particules (PM₁₀) mesurées sur le site à proximité de l'A480 sont moins élevées en 2008 qu'en 2007¹. Cette diminution est également visible sur les stations fixes de proximité automobile et de fond.

✓ Mesures par tubes passifs

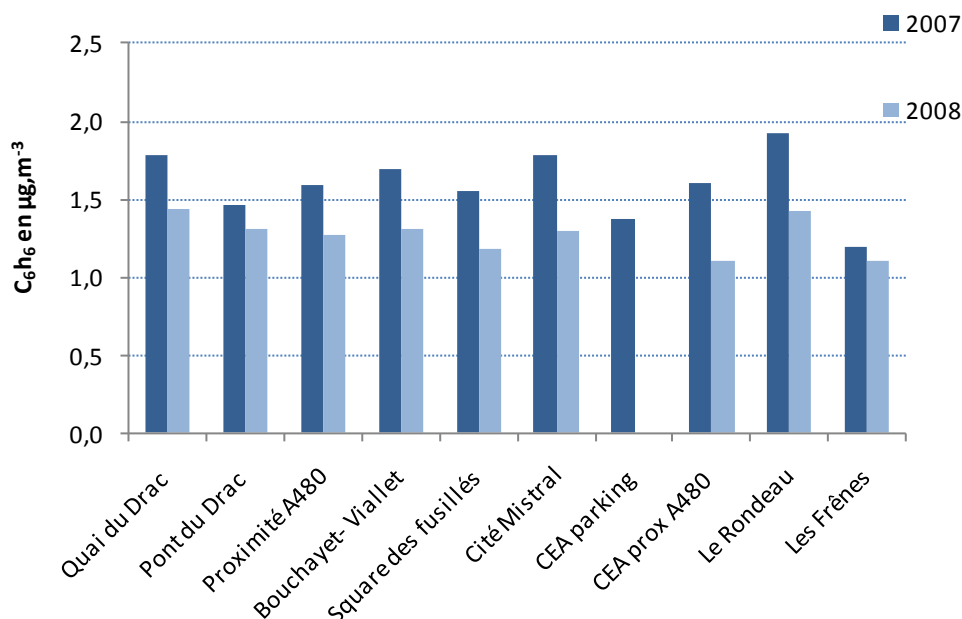
Les graphiques suivants comparent les moyennes annuelles de NO₂ et de benzène mesurés par tubes passifs entre 2007 et 2008, sur les sites autour de l'A480, du Rondeau et de Grenoble Les Frênes.



Comparaison des concentrations moyennes annuelles de NO₂ entre 2007 et 2008 à proximité de l'A480 et sur la station fixe du Rondeau

¹ Les données en 2007 ont été corrigées (+ 5 µg.m⁻³), Cf. annexe 7

Les concentrations moyennes de NO₂ relevées sont globalement moins élevées en 2008 par rapport à 2007 et plus particulièrement sur les sites les plus éloignés de l'A480.



Comparaison entre 2007 et 2008 des concentrations moyennes annuelles de benzène

Les concentrations moyennes de benzène relevées pendant les campagnes de mesures de 2008 sont également moins élevées que celles mesurées en 2007 et plus particulièrement sur les sites les plus éloignés de l'A480.

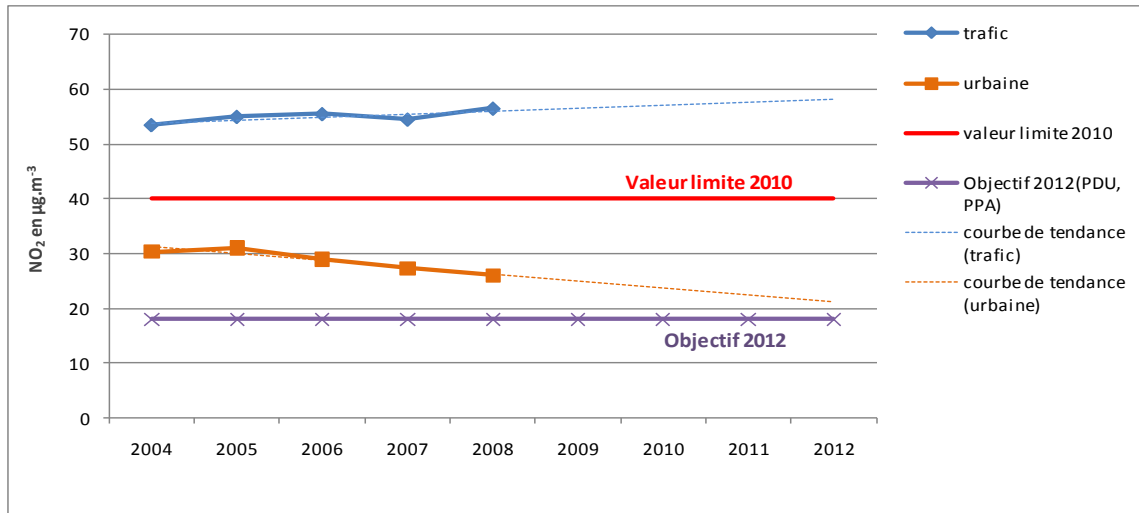
En résumé : pour l'ensemble des polluants, une diminution des concentrations entre 2007 et 2008 est visible sur le site d'étude ainsi que sur les sites de fond. En revanche, il serait inexact de conclure à une baisse des niveaux de pollution à proximité de l'A480 en comparant uniquement huit semaines de mesures sur deux années. D'autant plus que cette diminution n'est pas observée pour le NO₂ sur les stations de proximité automobile du Rondeau et de Grenoble Boulevard.

Afin de dégager une véritable tendance, une analyse de l'évolution des niveaux des polluants sur plusieurs années est nécessaire.

Evolution de la qualité de l'air sur l'agglomération grenobloise

Les graphiques suivants montrent l'évolution des concentrations moyennes annuelles des polluants mesurés sur les sites de fond et de proximité automobile de l'ASCOPARG.

Moyennes annuelles en NO₂

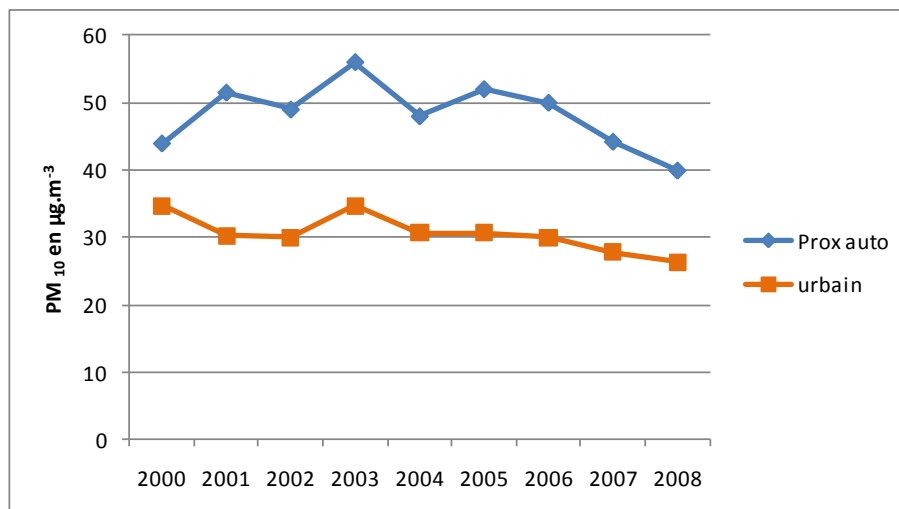


Evolution des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO₂) dans l'agglomération grenobloise

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

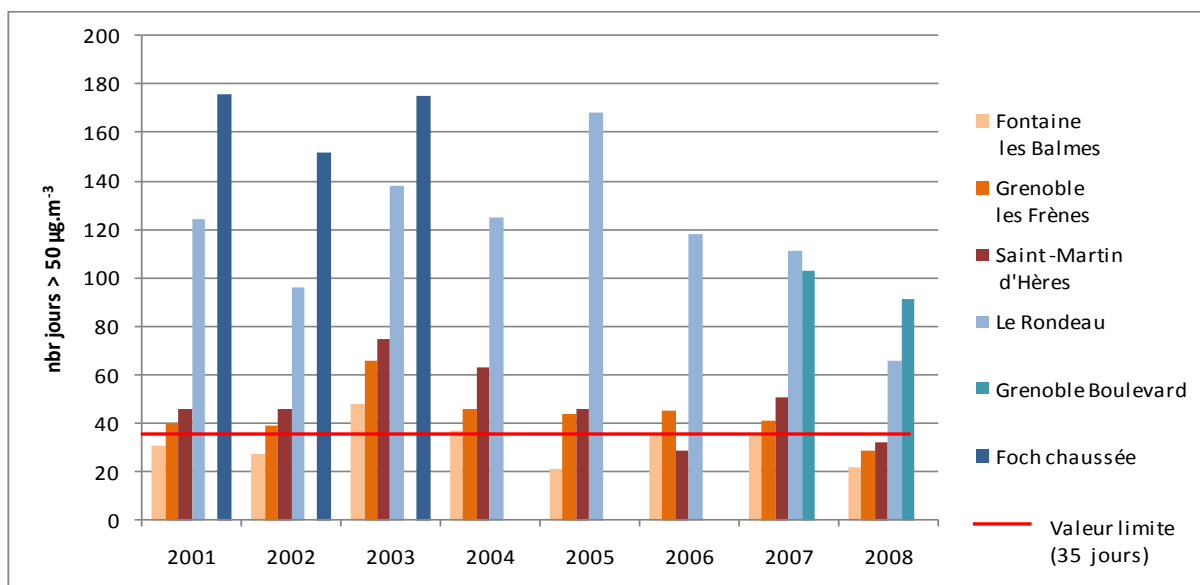
En revanche, sur les sites de proximité trafic, les concentrations de NO₂ montrent une évolution plutôt constante, voire une légère tendance à l'augmentation.

Moyennes annuelles en PM₁₀



Evolution des concentrations moyennes annuelles en poussières (PM₁₀) dans l'agglomération grenobloise

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

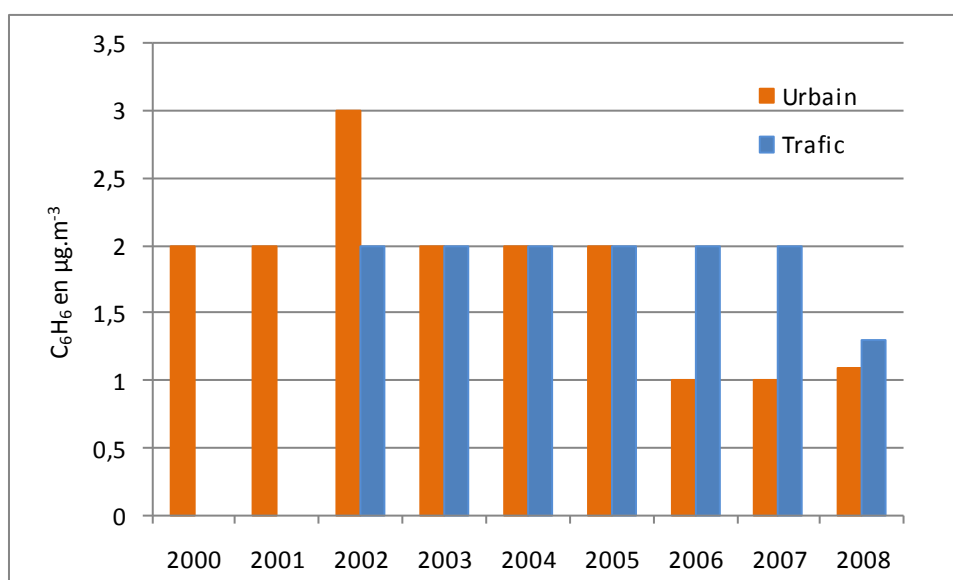


Evolution du nombre de jours de dépassement de la valeur limite en poussières (PM_{10})

Ces résultats montrent que les moyennes annuelles en particules PM_{10} sont relativement fluctuantes d'une année à l'autre et qu'il est difficile de dégager une réelle tendance.

Une baisse des niveaux en moyenne annuelle semble toutefois se dessiner depuis 2005. Par contre, la valeur limite journalière de $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 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.

Moyennes annuelles en Benzène



Evolution des concentrations moyennes annuelles en benzène

Comme pour le dioxyde d'azote, les niveaux de Benzène semblent en baisse sur les sites de fond de l'agglomération grenobloise, alors qu'en proximité trafic, les niveaux sont relativement constants (à l'exception de 2008).

En conclusion :

Les niveaux de fond de l'agglomération grenobloise en oxyde d'azote et benzène sont en légère baisse depuis quelques années, contrairement aux particules dont les moyennes annuelles sont plus fluctuantes.

A proximité du trafic, l'évolution des concentrations pour tous les polluants ne semble pas présenter de réelle tendance à la hausse ou à la baisse. Pour le dioxyde d'azote comme pour les particules PM₁₀, plusieurs dépassements de valeurs réglementaires sont observés chaque année sur les sites de proximité trafic (en moyenne annuelle ou horaires) et ce, malgré les avancées technologiques réalisées dans l'industrie automobile pour la réduction des émissions.

A environ 50 mètres du bord de l'A480, les mesures réalisées sur le site d'étude en 2007 et en 2008 ont montré une influence notable du trafic. Pour la plupart des polluants, les niveaux se situent entre la proximité trafic et le fond urbain.

La comparaison entre les moyennes mesurées en 2007 et 2008 semble indiquer une légère baisse en valeur absolue, ce qui pourrait être à première vue en lien avec la baisse observée sur les sites de fond urbain.

Cependant, il faut souligner que cette comparaison entre deux séries de 4 campagnes de mesures est difficile car soumise à de nombreuses incertitudes, qui peuvent être liées aux périodes de mesure différentes, à la météorologie, à l'emplacement du site, aux variations des conditions de trafic (phénomènes de congestion) ou à d'autres événements extérieurs (travaux,...).

Synthèse par polluant vis-à-vis des valeurs réglementaires

Oxydes d'azote (NO et NO₂)

La moyenne annuelle en NO₂ mesurée sur le site d'étude, à environ 50 mètres de l'A480, dépasse l'objectif de qualité prévu pour 2010 (40 µg.m⁻³). En 2007, cette moyenne annuelle n'était pas conforme à la valeur limite (fixée à 46 µg.m⁻³) et, en 2008, elle était proche de la valeur limite (fixée à 44 µg.m⁻³). D'autre part, en moyenne horaire, à 50m de l'A480 (ou plus généralement des voies rapides urbaines), il existe un risque de dépassement ponctuel du seuil d'information et de recommandation pour les personnes sensibles (200 µg.m⁻³ en NO₂ sur 1 heure).

Particules (PM₁₀)

La moyenne annuelle sur le site d'étude à proximité de l'A480 est égale à l'objectif de qualité (30 µg.m⁻³). A noter que les sites de proximité automobile du Rondeau et des Grands Boulevards ne respectent pas cet objectif de qualité de l'air comme la plupart des sites de proximité automobile en Rhône-Alpes. Par contre, la valeur limite pour la protection de la santé humaine en moyenne annuelle est respectée pour l'ensemble des sites de l'agglomération grenobloise.

Durant les quatre campagnes de mesures, le site d'étude a enregistré 6 dépassements de la valeur limite pour la protection de la santé de 50 µg.m⁻³ en moyenne journalière (la réglementation autorise jusqu'à 35 dépassements par an) et aucun dépassement du seuil d'information et de recommandations (80 µg.m⁻³ sur 24h).

Sur l'ensemble de l'année 2008, la valeur limite n'est pas respectée uniquement sur les sites de proximité automobile, mais le seuil d'information et de recommandations pour les personnes sensibles est dépassé plusieurs fois dans l'année que ce soit en fond urbain ou en proximité trafic. Pour ce seuil, il existe donc un risque potentiel de dépassement sur l'ensemble d'une année de mesure, y compris à environ 50 mètres de l'A480.

Monoxyde de Carbone (CO)

La valeur limite pour la protection de la santé (10 000 µg.m⁻³ pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures) est respectée sur le site d'étude et tous les sites trafic. Les niveaux de ce polluant sont en baisse régulière depuis la mise en place des pots catalytiques (1993).

Dioxyde de soufre (SO₂)

Sur le site d'étude, les niveaux en dioxyde de soufre sont très faibles et conformes aux valeurs réglementaires, ce qui était attendu du fait que ce polluant n'est pas émis par le trafic automobile. Aujourd'hui, les seuls dépassements de valeurs réglementaires pour ce polluant concernent principalement le seuil d'information et de recommandations (300 µg.m⁻³ sur 1 heure) et sont observés principalement à proximité de sites industriels fortement émetteurs de SO₂.

Composés Organiques Volatils (COV)

La moyenne annuelle en benzène sur le site d'étude à 50 mètres de l'A480 est conforme aux valeurs réglementaires et elle est proche des niveaux de fond mesurés à Grenoble.

Sur tous les autres sites de mesures implantés dans l'ouest grenoblois dans le cadre de cette étude, les moyennes annuelles sont également conformes à l'objectif de qualité (fixé à 2 µg.m⁻³) et donc aussi la valeur limite pour la protection de la santé (fixée à 5 µg.m⁻³ en 2010 et 7 µg.m⁻³ en 2008).

A quelques mètres du trafic automobile, les niveaux en benzène peuvent être proches ou légèrement supérieurs à l'objectif de qualité, en fonction du trafic et de la configuration du site. A proximité d'une source émettrice de benzène (secteur industriel par exemple), les niveaux peuvent souvent dépasser cet objectif de qualité.

Pour les autres composés possédant des valeurs réglementaires ou valeurs guides recommandées par l'OMS, les niveaux sont nettement inférieurs aux seuils à respecter.

Concernant les composés chlorés, aucune hausse significative n'a été observée et les résultats ne montrent pas de saisonnalité.

Pour les Alcanes, Alcènes et Alcynes, sur la période hivernale, les concentrations augmentent pour certains composés, notamment ceux pouvant être émis par le trafic automobile ou par les activités de chauffage (éthylène, propane, éthane, iso-pentane).

Aldéhydes

Pour le formaldéhyde, les niveaux mesurés sur le site d'étude à environ 50m de l'A480, sont comparables aux niveaux de fond. Les concentrations varient entre 2 et 3,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et ne montre pas de saisonnalité marquée. La moyenne annuelle est nettement inférieure à la valeur guide pour l'air intérieur (fixée à 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$).

Pour les autres aldéhydes les valeurs sont très faibles et souvent inférieures à la limite de détection. (Exemple de l'Acroléine : 0,2 $\mu\text{g.m}^{-3}$).

Les profils de répartition des aldéhydes sont relativement homogènes entre les différents sites et montrent que le formaldéhyde et l'acétaldéhyde sont les deux principaux composés mesurés (de 55% à 85% du total des aldéhydes selon le site considéré).

Eléments Traces Métalliques (ETM)

Pour les 4 éléments traces métalliques réglementés (arsenic, cadmium, nickel et plomb), les niveaux moyens sont nettement inférieurs aux valeurs réglementaires en moyenne annuelle sur l'ensemble des sites.

Pour le manganèse, les niveaux moyens mesurés sur le site d'étude sont comparables à ceux mesurés en site urbain de fond et sont nettement inférieurs à la valeur guide de l'OMS (fixée à 150 ng.m^{-3} en moyenne annuelle).

Pour le vanadium, les niveaux sont extrêmement faibles et nettement inférieurs à la valeur guide de l'OMS (1000 ng.m^{-3} préconisée en moyenne sur 24h).

Concernant le chrome VI, les niveaux mesurés à proximité de l'A480 sont très faibles et ils représentent moins de 2% du chrome total.

Le profil des 14 Eléments Traces Métalliques mesuré sur le site d'étude est proche de celui des autres sites de l'agglomération grenobloise. Les deux éléments majoritaires sont le cuivre et le zinc.

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

La moyenne en Benzo[a]pyrène mesurée sur le site d'étude est conforme à la valeur cible de 1 ng.m^{-3} à respecter en moyenne annuelle.

A noter qu'en proximité directe du trafic, les niveaux de benzo[a]pyrène peuvent être deux fois plus importants et peuvent dépasser parfois la valeur cible.

Les niveaux de HAP sont plus importants sur les saisons d'automne et d'hiver, où les conditions de dispersion sont moins bonnes. A noter que sur la région grenobloise, cette évolution a déjà été observée dans d'autres études et qu'elle est généralement plus liée à la hausse des émissions du chauffage qu'à celle du trafic.

Conclusion

Cette étude, réalisée en 2008, offre un bilan complet de la qualité de l'air sur la zone ouest de Grenoble potentiellement influencée par la proximité de la circulation autoroutière sur l'A480.

Elle a permis d'évaluer les niveaux moyens pour plus de 80 polluants, dont une dizaine possède des valeurs réglementaires, dans le secteur « Bouchayet-Viallet » sur un site représentatif de la population habitant à environ 50 mètres de l'A480.

Pour les polluants réglementés comme les oxydes d'azote (NO, NO₂), les particules (PM₁₀) ou encore le monoxyde de carbone (CO), les résultats montrent une influence notable du trafic automobile, avec des niveaux qui se situent entre le fond urbain et la proximité directe du trafic.

Pour les 83 polluants mesurés par prélèvements (COV, HAP, Aldéhydes, Métaux Lourds) les niveaux mesurés sont comparables aux niveaux observés en fond urbain. Seuls quelques hausses de niveaux ont été observées ponctuellement pour quelques composés (Xylènes, Butyraldéhyde et Plomb), qui sont a priori liées à des travaux de voiries ayant eu lieu durant la campagne de mesure en fin de période estivale.

Les mesures complémentaires réalisées pour le NO₂ et le Benzène avec des tubes passifs, ont permis d'appréhender les niveaux maximum à proximité directe de l'A480 ainsi que la variation des niveaux d'exposition en fonction de l'éloignement.

Pour le Benzène, l'ensemble des mesures réalisées ne montre pas de décroissance des concentrations de benzène en fonction de la distance, ce qui indique le faible impact de l'A480 pour ce polluant sur la zone d'étude.

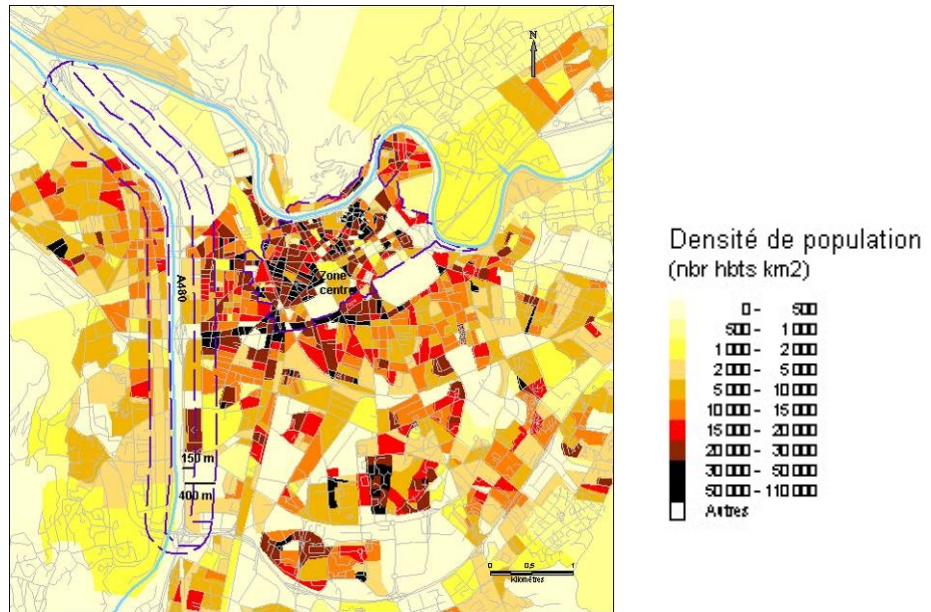
Par ailleurs, une récente étude réalisée par AIRPARIF autour d'axes périphériques a montré qu'à quelques mètres de la circulation, les concentrations de benzène diminuent très rapidement à des niveaux de fond¹.

Pour le NO₂, l'ensemble des résultats de mesures et de modélisation montre une décroissance des niveaux en fonction de la distance. L'impact de l'A480 est notamment important sur son environnement proche (dans une bande de 0 à 20m), mais également à une distance assez éloignée de l'axe (de 20 à 60m, voire jusqu'à environ 150 m), où réside une partie de la population.

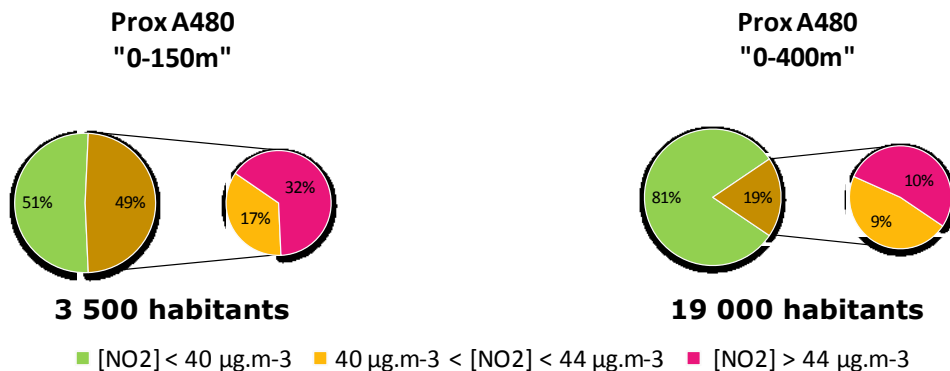
Le pourcentage de population sur la zone d'étude exposée à des moyennes annuelles supérieures aux seuils réglementaires a été estimé à partir du croisement des données de concentrations obtenues à partir de la modélisation SIRANE avec les données de population disponibles.

¹ Etude AIRPARIF - Février 2008 – Caractérisation de la qualité de l'air à proximité des voies de grande circulation (premier volet : Boulevard Périphérique au niveau de la porte de Gentilly)

Répartition de la population sur l'agglomération grenobloise



Pourcentages d'exposition de la population vis-à-vis des valeurs réglementaires







Les résultats de ces calculs montrent qu'environ la moitié des personnes habitant à moins de 150m de l'A480 (soit 1700 personnes) sont exposées à des concentrations de dioxyde d'azote supérieures à l'objectif de qualité prévu en 2010 (40 µg.m⁻³) et environ un tiers (soit 1100 personnes) sont exposées à des concentrations supérieures à la valeur limite de 2008 (44 µg.m⁻³).

D'autre part, dans une bande de 400 mètres autour de l'A480, environ 1 personne sur 5 est potentiellement exposée à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité. Ce chiffre est comparable au pourcentage de personnes exposées à la même valeur résidant au centre-ville de Grenoble, sur une zone qui compte environ deux fois plus d'habitants.

Ces résultats sont notamment importants pour évaluer l'impact de projets d'urbanisme ou de densification de population sur la zone « ouest grenoblois » à proximité de l'A480, tel par exemple que celui de réaménagement de l'A480 en 2 x 3 voies.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Implantation des sites de mesures par laboratoire mobile

Nom du site	Site de mesures par laboratoire mobile		Polluants mesurés
<p>A480 2008 Quartier Bouchayet-Viallet Grenoble (Théâtre de Création)</p> <p>Code site : DRE_Ouest-Grenoblois_03MOB</p> <p>Nom du site : Prox A480</p> <p>Typologie du site de mesures : Observation spécifique (influence de l'A480 située à environ 50m)</p>			<ul style="list-style-type: none"> ▪ SO₂ ▪ NO_x ▪ CO ▪ PM₁₀ ▪ C₆H₆ ▪ COV ▪ ALD ▪ HAP ▪ ML
<p>A480 2007 Quartier Bouchayet-Viallet Grenoble (Théâtre de Création)</p> <p>Code site : SMTC2007_A480/RS_03</p> <p>Nom du site : Prox A480</p> <p>Typologie du site de mesures : Observation spécifique (influence de l'A480 située à environ 50m)</p>			<ul style="list-style-type: none"> ▪ SO₂ ▪ NO_x ▪ CO ▪ PM₁₀ ▪ O₃ ▪ C₆H₆



Moyen mobile installé à proximité de l'autoroute A7 à Pierre Bénite dans le cadre de l'étude dans le sud lyonnais



Moyen mobile installé dans l'école Jean Macé dans le cadre de l'étude dans le nord grenoblois.



Moyen mobile installé à Jarrie dans le cadre de l'étude de la qualité de l'air en proximité de la zone industrielle du sud de l'agglomération grenobloise.

Sites de mesures des études de qualité de l'air dans le sud lyonnais (proximité automobile), dans le nord grenoblois (observation spécifique) et dans le sud grenoblois (proximité industrielle).

ANNEXE 2 : Identification des sites de mesures en 2008 et 2007

Etude nord grenoblois et ouest grenoblois en 2008

Code du site	Nom du site	Type mesures	Environnement du site
2008_ASC_NG_O_01	CEA prox A480 (T)	tube	Trafic
2008_ASC_NG_O_02	CEA parking (T)	tube	Trafic
2008_ASC_DRE_ouest-grenoblois_01	Quai du Drac (T)	tube	Trafic
2008_ASC_DRE_ouest-grenoblois_02	Pont du Drac (T)	tube	Trafic
2008_ASC_DRE_ouest-grenoblois_03MOB	Théâtre de création	MOB et tube	Observation spécifique – Influence A480
2008_ASC_DRE_ouest-grenoblois_04	Bouchayet- Viallet	tube	Trafic
2008_ASC_DRE_ouest-grenoblois_05	Square des fusillés (T)	tube	Trafic
2008_ASC_DRE_ouest-grenoblois_06	Cité Mistral	tube	Trafic

Etude PDU ligne B et A480 en 2007



Code du site	Nom du site	Type mesures	Environnement du site
SMTC_2007_ligneB_10	CEA parking (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneB_11	CEA prox A480 (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_01	Quai du Drac (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_02	Pont du Drac (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_03	Théâtre de création	MOB et tube	Observation spécifique – Influence A480
SMTC_2007_ligneA480/RS_04	Bouchayet- Viallet	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_05	Square des fusillés (T)	tube	Trafic
SMTC_2007_ligneA480/RS_06	Cité Mistral	tube	Trafic

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

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

Sites fixes de mesures d'ASCOPARG en 2007		
<p>Le Rondeau Echirrolles Typologie du site de mesures : <i>Proximité automobile (Référence Rocade Sud)</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ CO ■ PM₁₀, PM_{2.5} ■ C₆H₆
<p>Grenoble Boulevards Typologie du site de mesures : <i>Proximité automobile</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ CO ■ PM₁₀
<p>Les stations " trafic " sont situées à proximité immédiate du trafic automobile et représentent donc le niveau maximum d'exposition à la pollution liée au trafic automobile.</p>		
<p>Grenoble les Frênes Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ PM₁₀, PM_{2.5} ■ C₆H₆ (+ HAP¹) ■ SO₂ ■ O₃ ■ Métaux lourds
<p>Fontaine les Balmes Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ PM₁₀ ■ SO₂ ■ O₃
<p>Saint-Martin d'Hères Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ PM₁₀ ■ SO₂ ■ O₃
<p>Une station " urbaine " permet de suivre l'exposition moyenne de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dans les centres urbains.</p>		

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

<p>Voreppe Volouise Typologie du site de mesures : <i>Périurbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ NOx ■ 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 ($\mu\text{g.m}^{-3}$)**, 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.

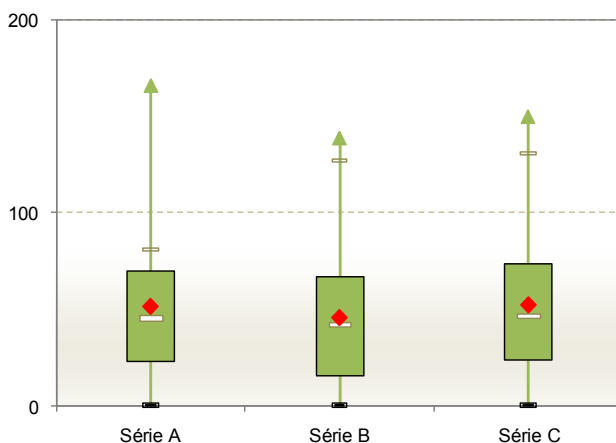
- **Moyenne horaire** = moyenne arithmétique des valeurs quart-horaires mesurées par l'analyseur (Une moyenne horaire est valide si au moins 3 valeurs quart-horaires qui la composent le sont).
- **Moyenne journalière** = moyenne arithmétique des valeurs horaires de 0 à 23 heures (Une moyenne journalière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

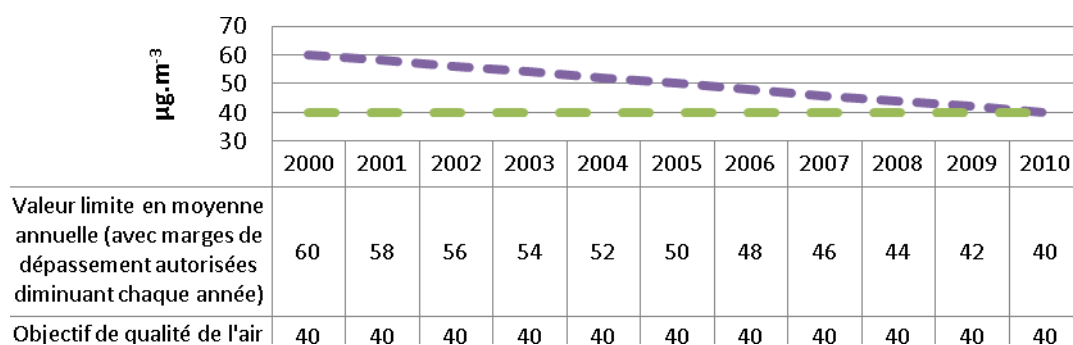
La réglementation définit pour le dioxyde d'azote (NO₂) plusieurs valeurs à respecter :

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, aldéhydes, métaux lourds et HAP

Parmi les 83 polluants mesurés, seuls 13 composés possèdent des valeurs de références :

Sur l'ensemble des 41 COV mesurés, 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 $\mu\text{g.m}^{-3}$** .

Pour 4 autres COV, il existe quelques valeurs de références dans d'autres pays ou des valeurs guides recommandées par l'OMS¹, établies pour des expositions à plus ou moins long terme :

- ✓ **1,3 Butadiène** : **Objectif de qualité** au Royaume-Uni fixé à **2,25 $\mu\text{g.m}^{-3}$** en moyenne annuelle
- ✓ **Tétrachloroéthylène** : **Valeur guide** préconisée par l'OMS de **250 $\mu\text{g.m}^{-3}$** en moyenne annuelle
- ✓ **Toluène** : **Valeur guide** préconisée par l'OMS de **260 $\mu\text{g.m}^{-3}$** en moyenne sur 7 jours
- ✓ **1,2-Dichloroéthane** : **Valeur guide** préconisée par l'OMS de **700 $\mu\text{g.m}^{-3}$** en moyenne sur 24h

Pour les Aldéhydes, il n'existe aucune valeur réglementaire en air ambiant.

En revanche, pour le **Formaldéhyde**, il existe deux **valeurs guides en air intérieur** recommandées par l'AFSSET², correspondant respectivement à des expositions à court et long termes :

- ✓ **50 $\mu\text{g.m}^{-3}$** pour une exposition sur 2 heures
- ✓ **10 $\mu\text{g.m}^{-3}$** pour une exposition en moyenne annuelle

Pour les Métaux Lourds (ou Eléments Traces Métalliques) et les HAP, il existe des valeurs réglementaires³ dans l'air ambiant pour certains d'entre eux :

- ✓ **Arsenic** : **valeur cible** fixée à **6 ng.m^{-3}** en moyenne annuelle
- ✓ **Cadmium** : **valeur cible** fixée à **5 ng.m^{-3}** en moyenne annuelle
- ✓ **Nickel** : **valeur cible** fixée à **20 ng.m^{-3}** en moyenne annuelle
- ✓ **Plomb** : **valeur limite** de **500 ng.m^{-3}** en moyenne annuelle
- ✓ **Benzo(a)pyrène** : **valeur cible** fixée à **1 ng.m^{-3}** en moyenne annuelle

Pour les autres métaux lourds, en l'absence de seuils réglementaires, les valeurs prises pour référence sont les valeurs guides recommandées par l'OMS à plus ou moins long terme, pour quelques composés :

- ✓ **Manganèse** : 150 ng.m^{-3} en moyenne annuelle
- ✓ **Vanadium** : 1000 ng.m^{-3} sur 24h.

¹ OMS Organisation Mondiale de la Santé

² AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

³ Directives Européennes (1999/30/CE et nouvellement 2008/50/CE), reprise en droit français par le décret, n°2008-1152, du 7 novembre 2008 et 4^{ème} Directive fille européenne (2004/107/CE), reprise en droit français par le Décret du 12 octobre 2007 (n°2007-1479)

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des valeurs de références existantes pour ces 13 polluants :

Légende des valeurs de références		
Valeur limite		
Valeur cible		
Objectif de qualité de l'air		
Valeur guide (OMS)		
Valeur guide air intérieur (AFFSET)		

Unité	Famille	Polluant	Valeurs de références			
			Long terme	Moyen et court terme		
			1 an	7j	24h	2h
µg.m-3	COV	Benzène	5 - 2			
		1,3-Butadiène	2,25			
		1,2-Dichloroéthane			700	
		Tétrachloroéthylène	250			
		Toluène		260		
	Aldéhydes	Formaldéhyde	10			50
ng.m-3	Métaux Lourds	Arsenic	6			
		Cadmium	5			
		Nickel	20			
		Plomb	500			
		Manganèse	150			
		Vanadium			1000	
	HAP	Benzo (a)pyrène	1			

Valeurs de référence pour 13 polluants prélevés dans le cadre de l'étude ouest Grenoblois

ANNEXE 6 : Le modèle SIRANE

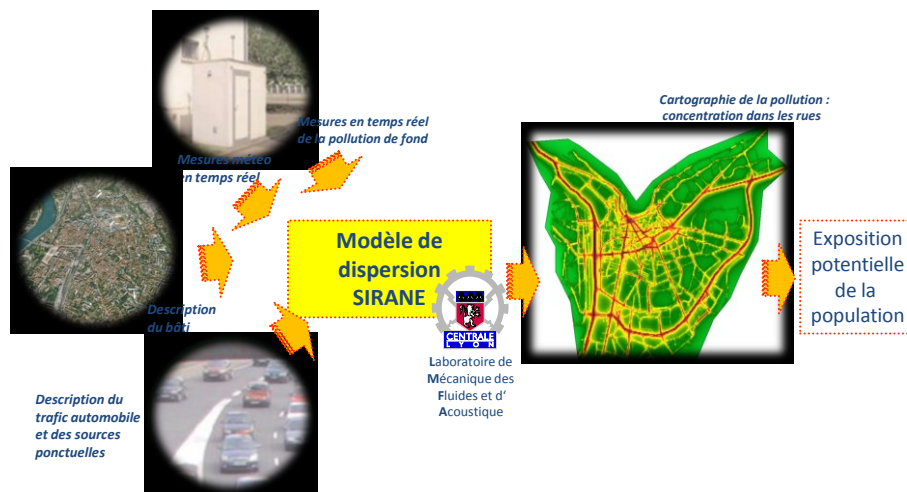
Le modèle SIRANE est développé au Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique de l'Ecole Centrale de Lyon. Les travaux de recherche qui ont conduit au développement de ce modèle ont été réalisés dans le cadre de la thèse de L.Soulhac¹.

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 NO₂ O₃)
- Modélisation de la dispersion des particules
- Modélisation du lessivage par les précipitations



Principe de fonctionnement de la modélisation avec SIRANE

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

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

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

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

ANNEXE 7 : Résultats des mesures

Les données météorologiques

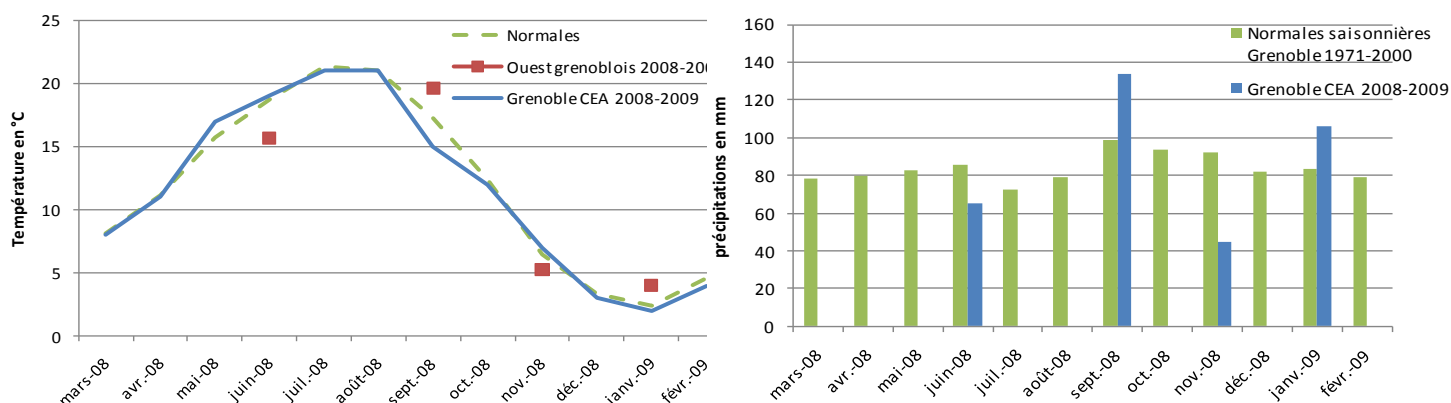
Température et pluviométrie en 2008

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 entre mars 2008 et février 2009 sur la station **de Grenoble CEA avec les normales saisonnières de la station météo France de Saint-Martin d'Hères (1971-2000)**.



Température moyenne mensuelle et pluviométrie mensuelle entre mars 2008 et février 2009 (en rouge les campagnes de mesures, en vert les normales saisonnières, en bleu la température moyenne mensuelle de Grenoble CEA)

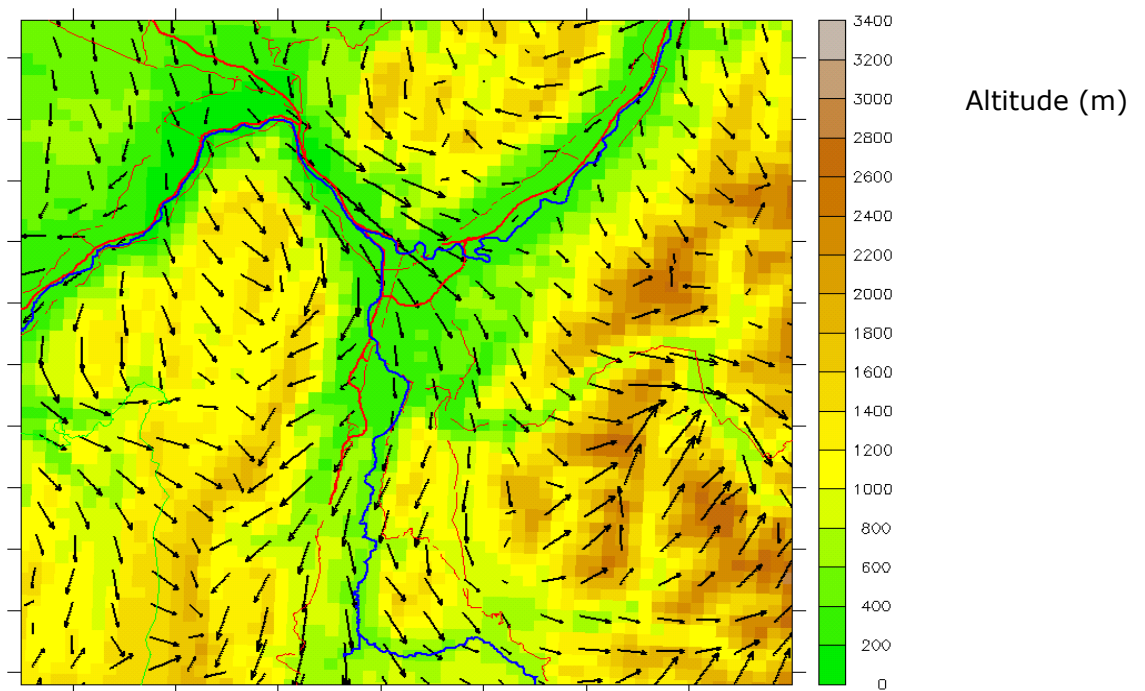
Lors de la campagne 1 (printemps), les températures sont inférieures aux normales saisonnières alors que pour les campagnes 2 (été) et 4 (hiver) elles sont supérieures. Seules les températures relevées lors de la campagne 3 (automne) sont proches des normales saisonnières.

Les précipitations, ont été assez importantes lors des campagnes d'été (134 mm) et d'hiver (105 mm). Celles observées pendant la campagne de printemps sont plus faibles, cependant elles représentent 75% des pluies mensuelles. Seules les précipitations observées lors de la campagne automnale semblent conformes aux normales saisonnières (égales à environ 50 % des pluies mensuelles).

Les précipitations favorables au lessivage de l'atmosphère ont été assez importantes pour 2 (hiver-été) des 4 campagnes de mesures.

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).

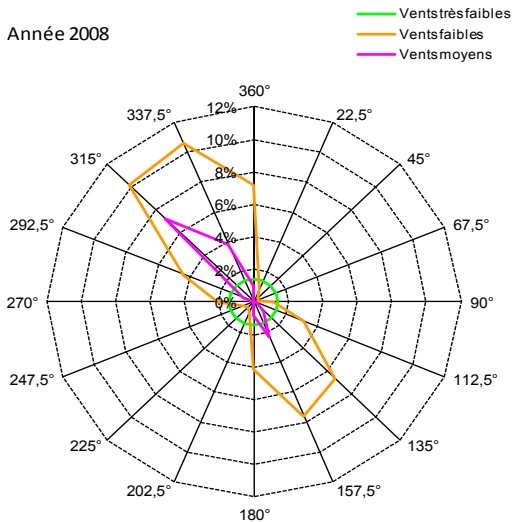


Champ de vent (vecteurs) au sol le 21 août 2008 à 16 h calculé avec le modèle PREVALP et les mesures météo aux stations.

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 - classes non cumulées

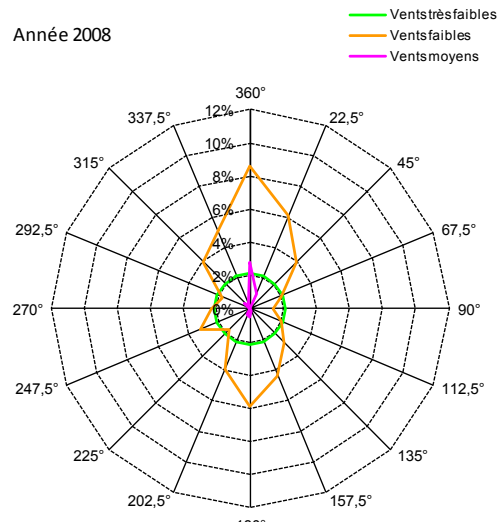
Année 2008



CEA 2008-09

Rose des vents - classes non cumulées

Année 2008

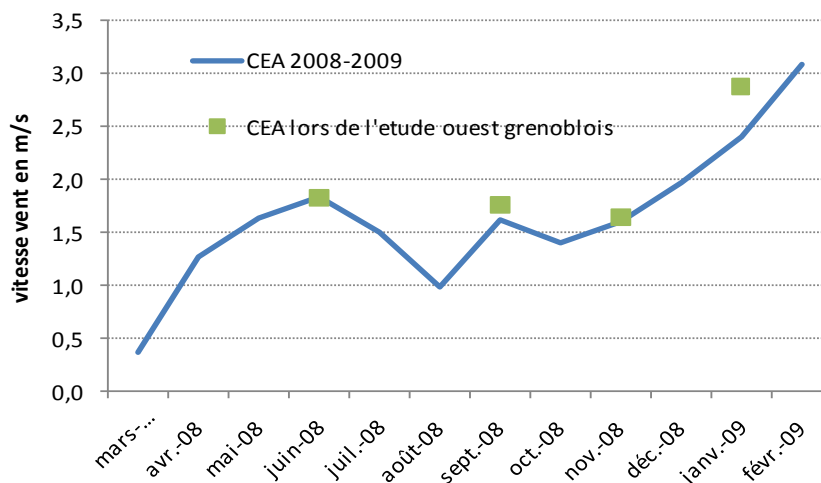


A480-2008

Rose des vents sur le site du CEA (à gauche) et sur le site à proximité de l'A480 (à droite)

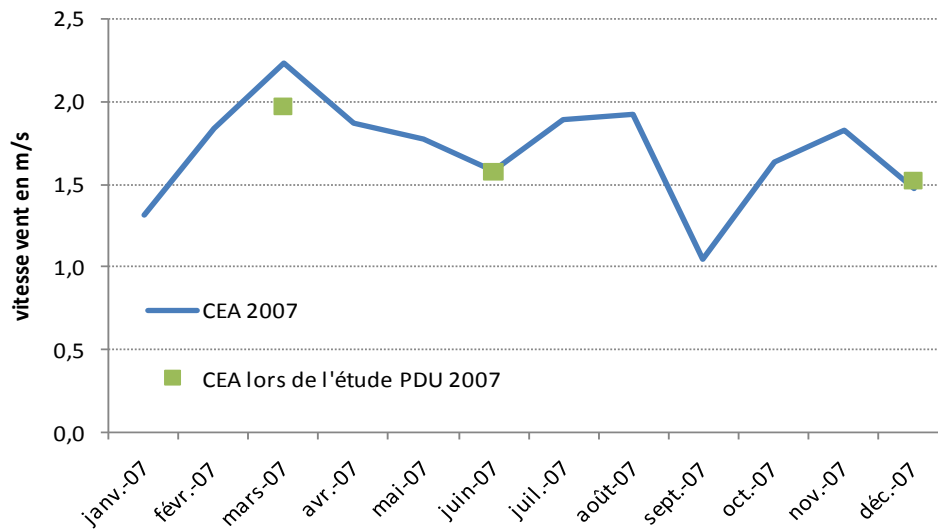
La station du CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique) se situe au nord ouest de l'agglomération de Grenoble. Dans ce secteur, le vent est canalisé par la vallée allant de Voreppe à Grenoble ce qui explique une direction du vent plutôt orientée nord-ouest. Sur le site d'étude localisé un peu plus au sud, la direction du vent est plutôt orientée selon l'axe nord-sud.

Le graphique ci-après représente la vitesse moyenne mensuelle du vent de la station Grenoble CEA (en bleu) entre mars 08 et février 2009. Les points (en vert) pour la même station de Grenoble CEA correspondent aux moyennes enregistrées pour chacune des 4 campagnes de mesures.

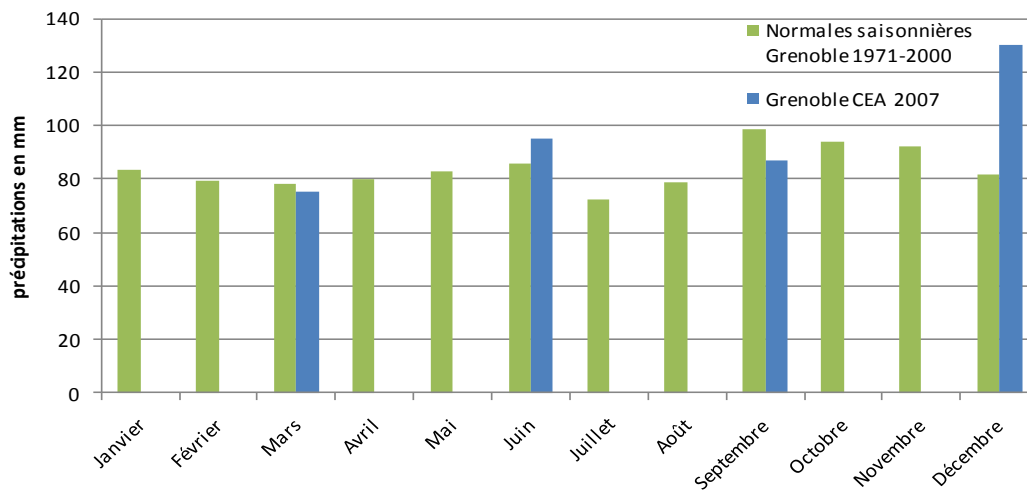


La vitesse de vent observée pendant les trois premières campagnes de mesures est faible (entre un et deux m/s) ces périodes ont donc été peu favorables à la dispersion des polluants par le vent. **La dernière campagne de mesure (hivernale) a connu de meilleures conditions de dispersion de la pollution avec une vitesse de vent moyenne proche de trois m/s.**

Vitesse du vent et pluviométrie en 2007



La vitesse du vent observée pendant les trois campagnes de mesures (printemps, été, hiver)¹ est faible (entre un et deux m/s), donc peu favorable à la dispersion des polluants.



Les précipitations ont été assez importantes lors de la campagne hivernale 2007 (130 mm). Pour les autres campagnes de mesures, les précipitations ne sont pas négligeables.

¹ Absence de données pour la campagne automnale

Résultats des prélèvements par canisters pour les Composés Organiques Volatils (COV)

Technique de mesure		Prélèvements (canisters)						
Durée moyenne de chaque prélèvement		24 h						
Nombre de prélèvements		23	24	25	65	36		
COV ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		Nom de l'étude et des sites de prélèvement						
		Ouest grenoblois - Prox auto	Sud lyonnais - Prox auto	Nord Grenoblois - urbain de fond	Référence [Fond Urbain]	Sud grenoblois - Prox indus		
FAMILLE	COV	Prox A480	Prox A7 (2007-2008)	Polygone scientifique (2008-2009)	Grenoble les Frênes (2008-2009)	Pont-de-Claix (2006-2007)	Valeurs de référence (moy. annuelle)	Valeurs de référence (7j ou 24h)
Alcanes	éthane	2,6	4,2	4,0	3,3	7,4		
	isobutane	1,0	2,4	1,3	1,5	1,1		
	iso-octane	0,6	1,0	0,5	0,5	0,7		
	isopentane	2,3	3,8	3,1	2,4	2,2		
	n-butane	2,4	4,9	2,8	3,0	2,2		
	n-heptane	0,3	0,5	0,4	0,2	1,1		
	n-hexane	0,3	0,6	0,3	0,3	0,9		
	n-pentane	1,0	1,7	1,2	1,0	2,0		
	octane	0,2	0,3	0,3	0,2	0,7		
	propane	2,3	9,1	3,1	2,9	3,3		
Alcènes/Alcynes	1,3-butadiène	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1		
	1-butène	0,2	0,6	0,3	0,2	0,2		
	1-hexène	0,2	0,1	0,2	0,1	1,5	2,25	
	1-pentène	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1		
	acétylène	0,8	1,0	1,1	0,8	1,2		
	cis-2-butène	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2		
	cis-2-pentène	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
	éthylène	1,7	3,3	2,5	2,2	4,0		
	isoprène	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2		
	propène	0,8	2,2	0,8	0,7	0,5		
	trans-2-butène	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1		
	trans-2-pentène	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1		700
Aromatiques	1,2,3-triméthylbenzène	0,4	0,4	0,5	0,4	1,0		
	1,2,4-triméthylbenzène	0,8	1,0	0,7	0,6	1,5	2 ou 5	
	1,3,5-triméthylbenzène	0,2	0,3	0,2	0,1	0,5		
	benzène	1,0	1,9	1,2	1,0	2,7		
	éthylbenzène	1,0	1,0	0,8	0,6	1,9		
	m+p-xylène	3,3	2,5	2,5	1,6	4,5		
	o-xylène	1,0	1,0	0,8	0,6	2,1		
	styrène	0,5	5,7	1,0	0,6			260
	toluène	3,8	4,0	3,5	2,9	15,4		
	Trichloroéthylène	1,0		1,1	1,2	0,6	250	
chlorés	1,1,1-Trichloroéthane	0,4	1,7	0,4	0,6	0,3		
	1,1,2-trichloroéthane	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0		
	1,1-dichloroéthane	0,3	1,4	0,4	0,3	0,0		
	1,2-dichloroéthane	1,0	1,7	1,3	1,2	3,7		
	1,2-dichloroéthylène	0,2	0,4	0,3	0,4	0,0		
	1,4-Dichlorobenzène	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0		
	chlorobenzène	0,2	0,2	0,6	0,4	4,6		
	Tétrachloroéthylène	0,9	2,0	0,7	0,4	1,1		
	Tétrachlorométhane	0,6	0,6	0,6	0,6	5,3		
Alcanes	Total	13,2	28,5	16,9	15,1	21,6		
Alcènes/Alcynes	Total	4,6	8,8	6,2	5,0	8,2		
Aromatiques	Total	13,0	17,9	12,2	9,6	30,0		
chlorés	Total	4,2	8,4	4,9	4,5	15,2		

Résultats des prélèvements pour les aldéhydes

Technique de mesure	Prélèvements (cartouches)	Tubes passifs	Prélèvements (cartouches)	Prélèvements (cartouches)	Tubes passifs	Tubes passifs	Prélèvements (cartouches)	
Durée moyenne de chaque prélèvement	8h	7 jours	8h	8h	7 jours	7 jours	8h	
Nombre de prélèvements	25	6	24	25	6	54	36	
ALD ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Nom de l'étude et des sites de prélèvement							
	Ouest grenoblois	Ouest grenoblois	Sud lyonnais	Nord Grenoblois	Nord Grenoblois	[Référence Fond Urbain]	Sud grenoblois - Prox indus	
	Prox A480	Prox A480	Prox A7 - Prox auto	Urbain - Polygone scientifique	Urbain - Polygone scientifique	Grenoble les Frênes (2008-2009)	Pont-de-Claix (2006-2007)	Valeurs de référence Air intérieur (moy. annuelle)
Formaldéhyde	2,1	2,2	3,9	2,8	2,7	2,1	3,0	10
Acétaldéhyde	0,9	1,5	2,3	1,6	1,9	1,4	1,4	
Propionaldéhyde	0,2	0,4	0,4	0,2	0,6	0,5	0,3	
Butyraldéhyde	0,5	1,4	0,3	0,2	1,4	1,6	0,3	
Benzaldéhyde	0,4	0,2	0,7	0,5	<LD	0,2	1,4	
Isovaléraldéhyde	0,3	0,3	0,3	<LD	<LD	0,2	<LD	
Valéraldéhyde	0,1	0,3	0,1	<LD	0,5	0,2	<LD	
Acroléine	0,3	0,2	0,3	<LD	0,3	0,4	-	

Résultats des prélèvements pour les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Technique de mesure	Prélèvements (filtres + mousses)					
Durée moyenne de chaque prélèvement	24 h					
Nombre de prélèvements	24	24	24	125	36	
HAP (ng.m ⁻³)	Nom de l'étude et des sites de prélèvement					
	Ouest grenoblois	Sud lyonnais - Prox auto	Nord grenoblois	[Référence Fond Urbain]	Sud grenoblois - Prox indus	
HAP	Prox A480	Prox A7	Urbain - Polygone scientifique	Grenoble les Frênes [2008-2009]	Pont-de-Claix (2006-2007)	Valeurs de référence (moy. annuelle)
2-méthylfluoranthène	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2-méthylnaphthalène	0,2	0,8	0,4	0,3	0,4	
Acénaphthène	0,1	0,3	0,8	0,1	0,2	
Anthracène	0,5	1,3	0,7	0,3	0,5	
Benzo(a)anthracène	0,3	0,9	0,3	0,3	0,3	
Benzo(a)pyrène	0,4	1,0	0,5	0,4	0,5	1
Benzo(b)fluoranthène	0,6	1,6	0,8	0,7	0,7	
Benzo(e)pyrène	0,6	0,8	0,8	0,6	0,5	
Benzo(g,h,i)pérylène	0,5	1,0	0,5	0,4	0,6	
Benzo(j)fluoranthène	0,4	0,8	0,3	0,5	0,3	
Benzo(k)fluoranthène	0,2	0,5	0,3	0,2	0,3	
Chrysène	0,5	1,6	0,6	0,5	0,5	
Dibenzo(a,h)anthracène	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	
Fluoranthène	2,6	6,3	5,2	2,1	2,1	
Fluorène	1,0	2,1	2,7	0,9	1,1	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,4	0,9	0,5	0,4	0,5	
Naphthalène	0,5	1,7	0,7	0,6	0,8	
Phénanthrène	6,8	15,0	16,5	5,7	5,7	
Pyrène	2,3	4,5	3,2	1,6	1,7	
HAP Totaux	18	41	35	16	17	

Résultats des prélèvements pour les Métaux Lourds (Eléments Traces Métalliques)

Technique de mesure	Prélèvements (filtres)					
Durée moyenne de chaque prélèvement	7 jours					
Nombre de prélèvement	8	8	8	47	36	
Métaux Lourds (ng.m ⁻³)	Nom de l'étude et des sites de prélèvements					
	Ouest grenoblois	Sud lyonnais	Nord Grenoblois	[Référence Fond Urbain]	Sud grenoblois - Prox indus	
	Prox A480	Prox A7 - Prox auto	Urbain - Polygone scientifique	Grenoble les Frênes (2008-2009)	Pont-de-Claix (2006-2007)	Valeurs de référence (moy. annuelle)
Antimoine	3,0	11,1	3,2	1,9	NM	
Arsenic	0,6	0,6	0,7	0,7	0,2	6
Baryum	6,7	23,9	10,5	6,3	NM	
Cadmium	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	5
Chrome	3,0	12,3	4,4	2,8	NM	
Cobalt	1,1	0,3	0,8	0,5	NM	
Cuivre	23,1	87,8	34,1	11,1	NM	
Manganèse	10,6	20,0	19,2	9,1	13,3	
Mercure	0,1	0,1	0,1	0,1	NM	
Nickel	1,5	3,5	2,7	2,3	14,2	20
Plomb	13,3	16,5	11,3	7,5	16,8	250
Thallium	0,1	0,1	0,1	0,1	NM	
Vanadium	0,9	2,1	1,4	1,6	2,2	
Zinc	40,9	89,0	59,1	42,1	NM	
Chrome VI (ng.m ⁻³)	0,05	0,18	0,09	0,08	NM	

NM : Elément Non Mesuré