


# Etat initial de la qualité de l'air en 2011 sur le tracé de la future ligne de Tram E



**CONTRAT D'AXE LIGNE E (GRENOBLE – LE FONTANIL)**

[www.air-rhonealpes.fr](http://www.air-rhonealpes.fr)



**Diffusion : janvier 2013**

Siège social : 3 allée des Sorbiers – 69500 BRON

Tel : 09 72 26 48 90 - Fax : 09 72 15 65 64

[contact@air-rhonealpes.fr](mailto:contact@air-rhonealpes.fr)





Air Rhône-Alpes est issu du rapprochement de 6 associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'Air (Air-APS, AMPASEL, ASCOPARG, ATMO Drôme-Ardèche, COPARLY, SUP'AIR). Cette régionalisation a eu lieu le 1<sup>er</sup> janvier 2012 et a eu lieu suite aux orientations prises par le Grenelle de l'Environnement et transcrites par Décret Ministériel (2010-1268 du 22 octobre 2010).

## CONDITIONS DE DIFFUSION

Air Rhône-Alpes est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable des Transports et du Logement (*décret 98-361 du 6 mai 1998*) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'Etat français et de l'article L.220-1 du Code de l'environnement. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement.

Air Rhône-Alpes communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site [www.air-rhonealpes.fr](http://www.air-rhonealpes.fr)

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Air Rhône-Alpes. Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © Air Rhône-Alpes - 2013 « Etat initial de la qualité de l'air en 2011 sur le tracé de la future ligne de tram E »

Les données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

Par ailleurs, Air Rhône-Alpes n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Air-Rhône-Alpes :

- depuis le formulaire de contact sur le site [www.air-rhonealpes.fr](http://www.air-rhonealpes.fr)
- par mail : [contact@air-rhonealpes.fr](mailto:contact@air-rhonealpes.fr)
- par téléphone : 09 72 26 48 90

Un questionnaire de satisfaction est également disponible en ligne à l'adresse suivante <http://www.surveymonkey.com/s/ecrits/> pour vous permettre de donner votre avis sur l'ensemble des informations mis à votre disposition par l'observatoire Air Rhône-Alpes.

«Cette étude a reçu le concours financier du « Syndicat Mixte des Transports en Commun (SMTC) ».

# Sommaire



## Contenu

Introduction .....	5
<b>1. Méthodologie.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. Les sites de mesures .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2. Périodes de mesures .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3. Représentativité des périodes de mesures .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Bilan synthétique par polluant sur la zone d'étude vis-à-vis de la réglementation .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Faits marquants : zoom sur certains polluants-étude spatiale et temporelle des niveaux sur la zone d'étude. ....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Les émissions sur la zone d'étude .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. Dioxyde d'azote : d'une étude globale à l'identification de zones en dépassement des valeurs limites réglementaires .....</b>	<b>16</b>
Les caractéristiques typiques de la zone d'étude .....	16
Un impact différent en fonction des saisons .....	18
Identification des points sensibles .....	19
Variation des concentrations de NO <sub>2</sub> autour de l'axe du tramway .....	21
<b>3.3. Le benzène .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4. Population exposée au NO<sub>2</sub> en 2011 vis-à-vis des seuils réglementaires .....</b>	<b>25</b>
<b>3.5. Les particules PM10 : un enjeu plus global .....</b>	<b>28</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>32</b>
ANNEXE 1 : Description technique des moyens de mesures.....	34
ANNEXE 2 : La modélisation de la qualité de l'air.....	36
ANNEXE 3 : Les valeurs réglementaires .....	38
ANNEXE 4 : Les unités statistiques employées .....	41
ANNEXE 5 : Identification des sites de mesures en 2011 .....	42
ANNEXE 6 : Sites fixes de mesures d'AIR Rhône-Alpes pris en référence pour l'étude.....	43
ANNEXE 7 : Redressement statistique des poussières .....	45
ANNEXE 8 : NO <sub>2</sub> Résultats de modélisation complémentaires.....	46
Décroissance des concentrations de NO <sub>2</sub> autour du tracé du futur tram E .....	46



# Résumé



La ligne E de tramway reliera en 2014 Grenoble et Fontanil-Cornillon, en desservant les communes de Saint-Martin le Vinoux et de Saint-Egrève. Elle participera à l'amélioration de l'accès nord-ouest de l'agglomération grenobloise. La mise en place de cette ligne de tramway s'inscrit dans un nouveau dispositif « le contrat d'axe » qui vise à améliorer l'articulation entre les transports en commun et l'urbanisation des secteurs desservis.

En 2007, un état initial de qualité de l'air et des simulations ont été réalisés dans le cadre de l'étude préalable du tram E. Les résultats montraient que la qualité de l'air était globalement bonne sur l'ensemble du tracé de la ligne E, entre St Martin le Vinoux et le Fontanil, malgré quelques points sensibles proches du trafic.

Des mesures complémentaires à celles de 2007, ont été effectuées en 2011 sur le tracé de la ligne E, dans le cadre du dispositif contrat d'axe accompagnant la mise en place du tramway. L'objectif étant d'élargir l'évaluation initiale de la qualité de l'air de 2007 au secteur grenoblois ainsi qu'à certains espaces urbains environnants l'axe du tramway, appartenant à la zone d'intensification urbaine du contrat d'axe.

Les résultats de mesures en 2011, confirment le fait que les niveaux de polluants observés entre St-Martin le Vinoux et le Fontanil sont modérés. Malgré l'influence du trafic automobile mesurée sur quelques sites proches de la voirie, ces secteurs ne sont pas soumis à des dépassements généralisés des valeurs limites pour les polluants réglementés (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>). En revanche, le secteur de Grenoble présente un enjeu majeur du point de vue de la qualité de l'air. Les niveaux mesurés le long du cours Jean Jaurès à Grenoble et au niveau de l'esplanade porte de France, montrent une très forte influence du trafic automobile sur la qualité de l'air pour cette partie du tracé et des dépassements généralisés des valeurs limites le long des axes routiers en question.

Enfin, cette étude a permis d'évaluer qu'environ 1/3 des riverains habitant à moins de 50 mètres de la future ligne de tram E (soit 2500 personnes sur 7600) sont exposés à des concentrations en NO<sub>2</sub> supérieures ou égales à la valeur limite 2010 (40 µg.m<sup>-3</sup>). Les cartographies modélisées de polluants indiquent que les personnes exposées sont localisées essentiellement sur la portion du tracé de la ligne E qui traverse Grenoble.

Les mesures seront reconduites en 2014 et 2017 afin de suivre l'influence des modifications de l'urbanisme et du transport sur la qualité de l'air dans le périmètre du contrat d'axe. Les outils de modélisation seront également de bons indicateurs pour évaluer les impacts de la mise en œuvre du contrat d'axe, sur la qualité de l'air et sur l'exposition des populations habitant à proximité de l'axe du tramway.



# Introduction



La ligne E de tramway reliera en 2014 Grenoble et Fontanil-Cornillon, en desservant les communes de Saint-Martin le Vinoux et de Saint-Egrève. Elle participera à l'amélioration de l'accès nord-ouest de l'agglomération grenobloise. La mise en place de cette ligne de tramway s'inscrit dans un nouveau dispositif « le contrat d'axe » qui vise à améliorer l'articulation entre les transports en commun et l'urbanisation des secteurs desservis.

AIR RHONE-ALPES mène depuis plusieurs années des travaux en partenariat avec le SMTC visant à étudier l'influence des déplacements sur la qualité de l'air et l'exposition des populations à la pollution atmosphérique. C'est ainsi qu'en 2007, un état initial et des simulations de la qualité de l'air ont été réalisées dans le cadre de l'étude préalable du Tram E « Grenoble-Le Fontanil ». Cette première étude avait montré que la qualité de l'air était globalement bonne sur le tracé de la ligne E malgré trois points sensibles (route de Lyon, pont de Vence et carrefour Karben). En revanche, les projections produites par le SMTC concernant différents scénarii d'urbanisation le long de la ligne E, montraient qu'une urbanisation dense le long de la future ligne de tram pourrait entraîner une augmentation du trafic sur le tracé et par conséquent une hausse des émissions de polluants.

Des mesures complémentaires à celles de 2007, ont été effectuées en 2011 sur le tracé de la ligne E, dans le cadre du dispositif contrat d'axe accompagnant la mise en place du tramway. Cette étude regroupe 27 sites de mesures dont une station mobile, sélectionnés en fonction des enjeux identifiés (report de trafic, mutation urbaine, implantation de parking relais...) sur 5 secteurs (Karben-Bonnais, Pont de Vence, St Martin le Vinoux, Esplanade Porte de France, Grenoble). Des mesures de bruit et de comptages routiers ont été effectuées en parallèle. Certaines données trafic ont été exploitées dans ce rapport.

La présente étude a ainsi pour principaux objectifs :

- D'élargir l'évaluation initiale de la qualité de l'air de 2007 au secteur grenoblois ainsi qu'à certains espaces urbains environnants l'axe du tramway, appartenant à la zone d'intensification urbaine du contrat d'axe.

Le contrat d'axe s'inscrit dans le cadre global de l'observatoire des déplacements de l'agglomération grenobloise. Son objectif est d'évaluer les impacts de la mise en place de la ligne E et des projets d'aménagements associés, notamment sur l'environnement. En premier lieu, les mesures seront reconduites en 2014 afin de suivre l'influence des modifications de l'urbanisme et du transport sur la qualité de l'air dans le périmètre du contrat d'axe. Puis en 2017, afin d'établir un bilan de la qualité de l'air après la mise en place de la ligne de tram (comparaison 2011-2017).

- De cartographier la qualité de l'air sur le tracé du tram et d'estimer les populations exposées à des niveaux de polluants supérieurs à la réglementation.

C'est ainsi que le domaine d'étude du modèle sirane<sup>1</sup> a été étendu au nord-ouest de l'agglomération. La zone d'étude bénéficie pour l'année 2011, de cartographies de concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et particules (PM<sub>10</sub>) qui permettent de compléter les mesures réalisées sur le terrain. Ces cartographies, couplées

---

<sup>1</sup> Modèle de qualité de l'air opérationnel sur l'agglomération grenobloise

aux calculs d'exposition des populations permettront de suivre l'influence des modifications de l'environnement (habitat, voirie) sur la qualité de l'air.

Après la présentation de la méthodologie de l'étude, les résultats sont organisés autour de deux parties : une première fournit un bilan synthétique par polluants vis-à-vis de la réglementation avant que les faits marquants, l'étude spatiale et temporelle des niveaux de polluants soient présentés dans une seconde.





# 1. Méthodologie

## 1.1. Les sites de mesures

Les sites de mesures de cette étude ont été choisis en complémentarité avec les sites déjà évalués lors de l'étude préalable 2007 et afin d'évaluer le secteur de Grenoble. Cette étude regroupe 27 sites de mesures entre le Fontanil-Cornillon et Grenoble. Ces points sont répartis sur 5 secteurs (Karben-Bonnais, Pont de Vence, St Martin le Vinoux, Esplanade Porte de France, Grenoble) situés dans le tissu urbain du contrat d'axe. Ces sites ont été sélectionnés en partenariat avec l'AURG<sup>2</sup>, en fonction des enjeux identifiés sur chaque zone (report de trafic, mutation urbaine, implantation de parking relais...) et des contraintes techniques liées aux travaux de mise en place du tram (modification voiries...).

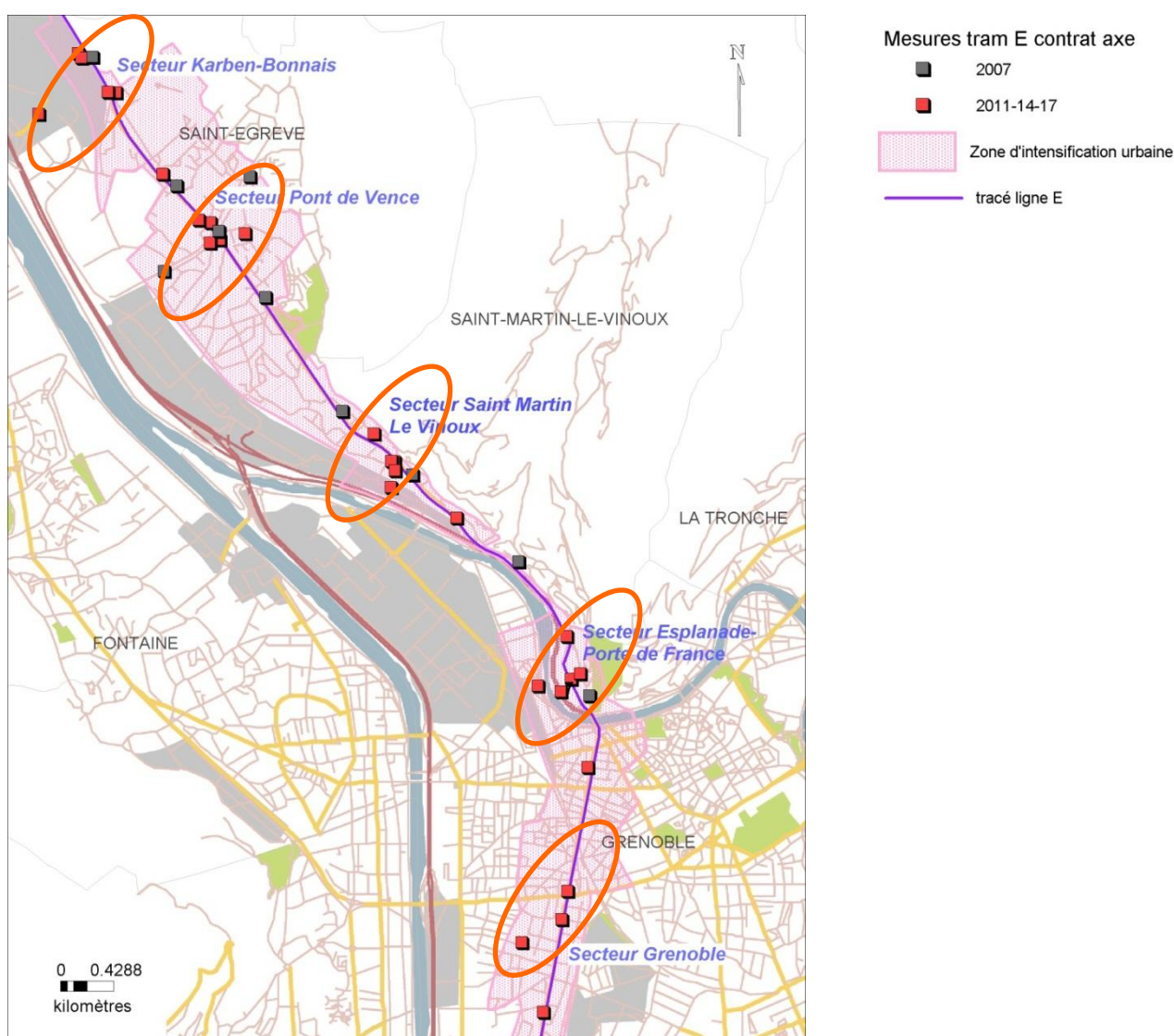


FIGURE 1 : LOCALISATION DES SITES DE MESURES LE LONG DU TRACE DE LA LIGNE E

Carte réalisée à partir :

- Données AIR-RA 2007-2011
- AURG
- BD carto IGN, 2003
- Magellan géomatique 1999

<sup>2</sup> Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise

Des mesures de comptages routiers et de bruit ont été effectuées en parallèle. Cinq points de comptages routiers, sélectionnés en partenariat avec ITEC Etudes, ont été corrélés aux mesures de qualité de l'air.

### Mesures en continu avec un laboratoire mobile

Comme en 2007, une station mobile équipée d'analyseurs a permis de suivre l'évolution des principaux polluants réglementés. Les concentrations mesurées sont déclinées sur un pas de temps horaire ou journalier, tout comme les stations fixes de surveillance de la qualité de l'air. En 2007, l'emplacement de cette station a été choisi afin d'être représentatif de l'ensemble de la zone d'étude qui en premier lieu, n'intégrait pas le secteur de Grenoble. En 2011, celle-ci a été implantée dans le même secteur (quartier Saint-Robert à Saint-Egrève, le long de la D1075), pour établir une comparaison et utiliser ces mesures pour valider le modèle de qualité de l'air SIRANE (cf.annexe 2). Elle a été légèrement déplacée (400 mètres) par rapport à l'étude de 2007 (le Chatelet-St-Egrève) pour des raisons techniques (alimentation électrique) liées aux travaux du tram.


<p><b>Typologie du site</b>  <b>St Robert</b>  <b>Saint-Egrève</b></p> <p>Périurbain avec  influence trafic  (RD 1075)</p>	<p><b>Polluants mesurés</b></p> <p>Oxydes d'azote (NO, NO<sub>2</sub>)  Poussières (PM10)  Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)  Monoxyde de carbone (CO)  Ozone (O<sub>3</sub>)</p>	
--	--	---

FIGURE 2 : PRESENTATION DU SITE DE MESURE PAR LABORATOIRE MOBILE

### Stations de référence

Les mesures effectuées par le laboratoire mobile sont comparées à celles des stations fixes du réseau de l'agglomération grenobloise dont les statistiques sont connues pour l'ensemble d'une année et servent de référence. Cette comparaison, en fonction de la typologie et/ou de la situation géographique, permet d'évaluer au mieux les concentrations de polluants mesurées sur le site d'étude.





FIGURE 3 : IMPLANTATION DES STATIONS FIXES SERVANT DE REFERENCE POUR L'ETUDE

### *Echantillonnage spatial avec tubes passifs*

Le dispositif a été complété avec des mesures par tubes à diffusion passive, permettant d'étudier la répartition spatiale des concentrations en NO<sub>2</sub> (dioxyde d'azote) et BTX (Benzène, Toluène, xylène), dans différents environnements (fond périurbain, périurbain influencé trafic ou proximité automobile), et d'évaluer les moyennes annuelles de ces polluants sur l'ensemble de la zone d'étude.

Le tableau récapitulatif de l'ensemble des sites est présenté en annexe 5.

27 sites étaient équipés avec des tubes NO<sub>2</sub> et parmi eux, 14 avec des tubes pour mesurer le benzène. En effet les niveaux de benzène présentent généralement une variation spatiale moindre par rapport au dioxyde d'azote (d'où un nombre de tubes plus restreint).

## 1.2. Périodes de mesures

En raison de la forte variabilité de la qualité de l'air sur un territoire, mais aussi dans le temps<sup>3</sup>, les mesures doivent être également réparties dans l'année avec un **minimum de 8 semaines de mesures**, soit 14% de l'année (directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008). Dans ces conditions, les mesures sont considérées comme représentatives de la qualité de l'air d'une année et elles peuvent être comparées avec les normes en vigueur.

<sup>3</sup> Le comportement des polluants atmosphériques locaux est fortement lié aux conditions climatiques et donc aux saisons

### Calendrier des mesures en 2011

Dans le cadre de cette étude, 8 semaines de mesures (4 campagnes de 2 semaines) ont été réalisées en 2011, chaque campagne étant caractéristique d'une saison. **La présente étude 2011 est ainsi conforme à ces exigences de représentativité.**

Campagne	Saison	Début	Fin
1	Printemps	07/03/2011	23/03/2011
2	Eté	14/06/2011	04/07/2011
3	Automne	15/09/2011	30/09/2011
4	Hiver	07/12/2011	26/12/2011
<b>Année de référence 2011</b>		01/01/2011	31/12/2011

FIGURE 4 : CALENDRIER DES MESURES EN 2011

## 1.3. Représentativité des périodes de mesures

### Représentativité annuelle

Même si cet échantillonnage respecte les exigences de la directive (14 % de l'année), il est nécessaire de vérifier si les mesures effectuées sont représentatives de l'année de référence de l'étude (2011). Cette vérification se fait en utilisant les données de stations fixes de référence de l'agglomération grenobloise. La moyenne calculée pendant les 8 semaines de mesures correspondant à une étude est comparée à la moyenne annuelle (moyenne des 12 mois de mesures de la station fixe).

Le graphique suivant compare les moyennes de NO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> calculées pour les **stations fixes**<sup>4</sup> lors des périodes de mesures (8 semaines de mesures) avec la moyenne annuelle (calculée sur les 365 jours de mesures de la station fixe).

<sup>4</sup> Saint-Martin d'Hères, Fontaine les Balmes, Grenoble les Frênes, Le Rondeau, Grenoble Boulevard, Grenoble Périurbain Sud, Grésivaudan périurbain, Charavines

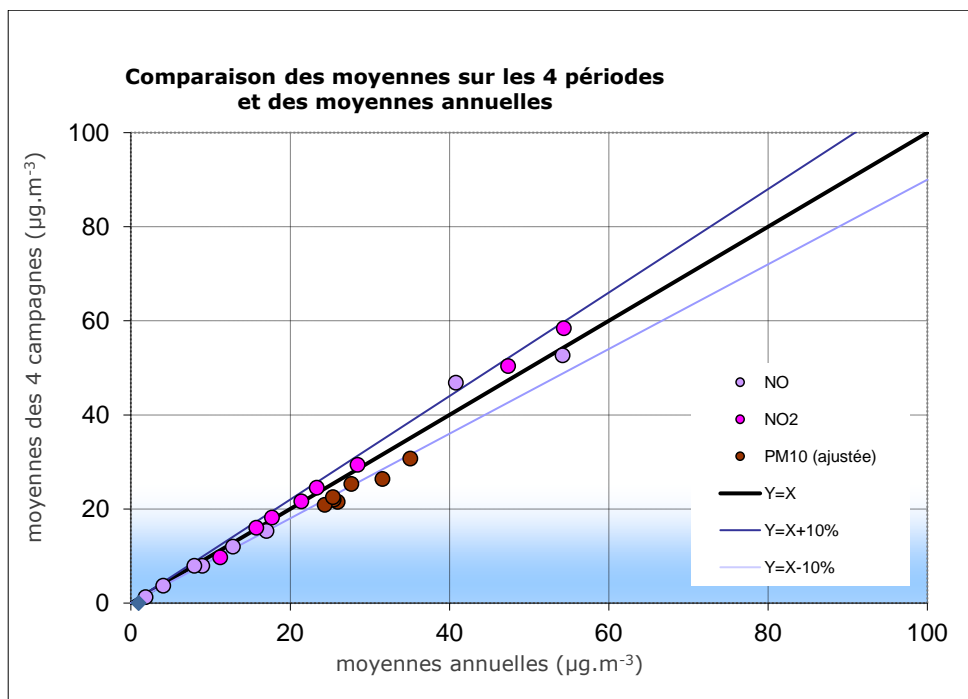


FIGURE 5 : COMPARAISON DES MOYENNES SUR LES 4 PÉRIODES DE MESURES ET DES MOYENNES ANNUELLES

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

**Pour les particules**, les moyennes des 4 campagnes présentent des valeurs légèrement sous-estimées par rapport à la valeur annuelle réelle. **Les moyennes sur 8 semaines ont donc été redressées pour améliorer l'estimation de la moyenne annuelle.**<sup>5</sup>

## 2. Bilan synthétique par polluant sur la zone d'étude vis-à-vis de la réglementation

Cette partie présente un bilan synthétique des niveaux mesurés sur le site d'étude de St-Egrève (localisé le long de la RD 1075 quartier Saint-Robert) vis-à-vis des valeurs réglementaires (objectif de qualité, valeurs limites, seuil d'information), sur le long, moyen, ou court terme (moyenne annuelle, journalière ou horaire).

<sup>5</sup> Redressement linéaire à partir des données des stations de référence (cf annexe 7)

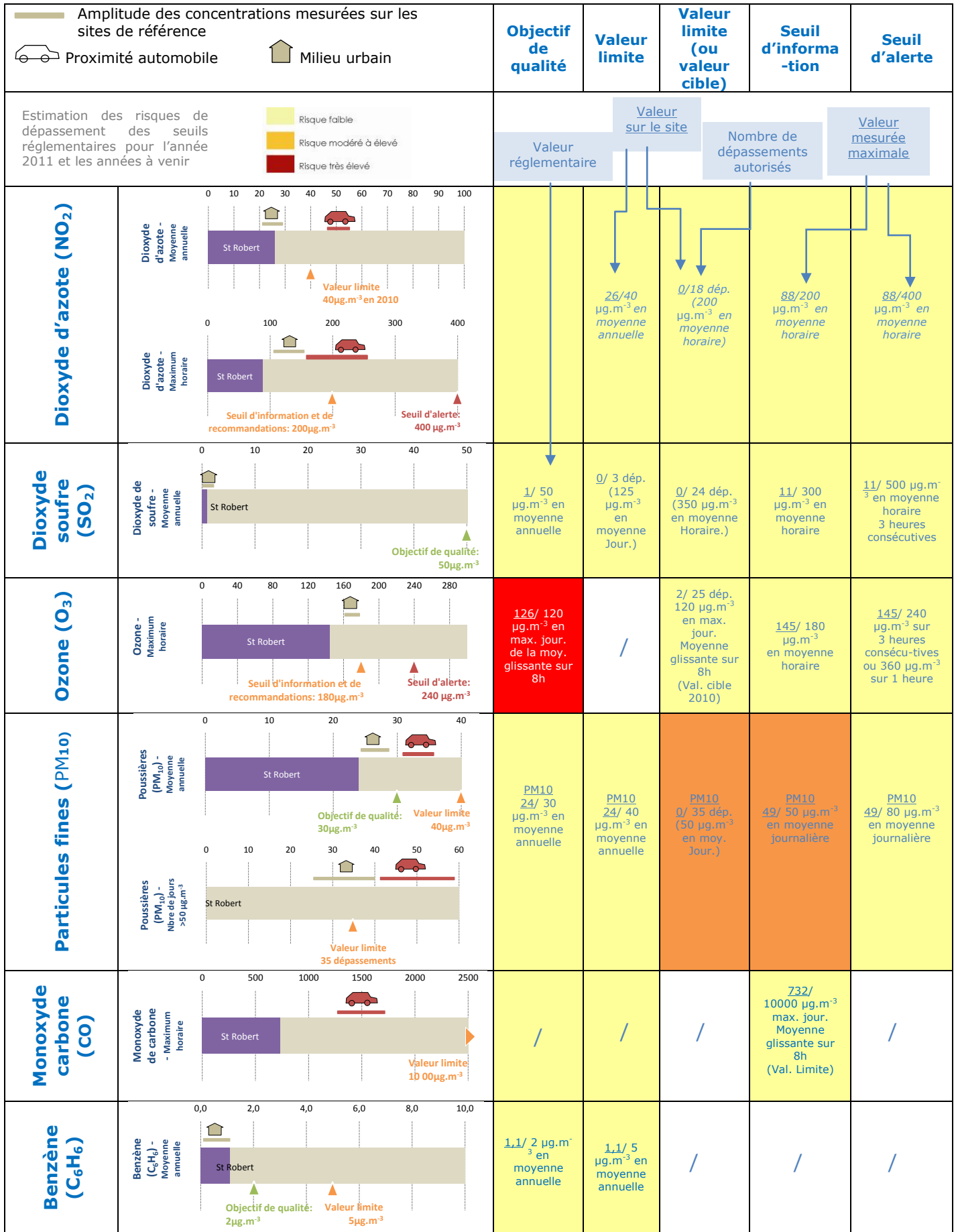


FIGURE 6 : BILAN PAR POLLUANTS VIS-A-VIS DE LA REGLEMENTATION

### Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) :

Sur le site de St-Egrève, la moyenne annuelle estimée à partir des campagnes de mesures est égale à 26 µg.m<sup>-3</sup>. La concentration moyenne annuelle sur ce site respecte donc la valeur limite fixée à 40 µg.m<sup>-3</sup> en 2011. Aucun seuil réglementaire en ce qui concerne ce polluant, n'a été dépassé pendant la période d'étude sur ce site.

### Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) :

Les faibles concentrations mesurées en dioxyde de soufre ne laissent présager aucun dépassement des valeurs réglementaires. Les teneurs moyennes sont similaires aux autres sites urbains de l'agglomération grenobloise.

### Ozone (O<sub>3</sub>) :

Durant les quatre campagnes de mesures, le site d'étude a enregistré comme sur les sites urbains des Frênes et de Fontaine les Balmes, 2 jours de dépassements du 120 µg.m<sup>-3</sup> sur 8 heures. Sur l'ensemble de l'année 2011, ces deux sites comptent respectivement un nombre de dépassement égal à 9 et 15. **L'objectif de qualité (120 µg.m<sup>-3</sup> sur 8 heures) n'est pas respecté pour ces sites en 2011**, cependant le risque de dépassement de la valeur cible sur une période de mesure plus longue semble faible (la réglementation autorise 25 dep./an en moy sur 3 ans).

Aucun jour de dépassement du seuil d'information (180 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne horaire) n'a été observé sur les sites de fond urbain durant l'année 2011. Les niveaux d'ozone observés pendant l'étude sur le site de Saint-Egrève étant comparables à ceux relevés sur ces sites de références, il n'y a pas de risque de dépassement de ce seuil sur le site d'étude sur l'ensemble de l'année.

### Particules (PM<sub>10</sub>) :

La moyenne annuelle estimée en particules fines à partir des 4 campagnes de mesures (moyenne redressée pour être représentative de la moyenne annuelle) est égale à 24 µg.m<sup>-3</sup>. Cette moyenne respecte donc la valeur limite fixée à 40 µg.m<sup>-3</sup> mais se rapproche de l'objectif de qualité fixé à 30 µg.m<sup>-3</sup>.

Il existe également une **valeur limite pour la protection de la santé humaine** en moyenne journalière fixé à 50 µg.m<sup>-3</sup> (la réglementation autorise jusqu'à 35 dépassements par an).

Nombre de dépassement observés	Mesures Permanentes										Evaluation
	Saint-Martin d'Hères		Grenoble les Frênes		Fontaine les Balmes		Le Rondeau		Grenoble Boulevard		Tram E St-Egrève
	8 sem	2011	8 sem	2011	8 sem	2011	8 sem	2011	8 sem	2011	8 sem
50 µg.m <sup>-3</sup> en moyenne journalière (valeur limite)	0	39	1	40	0	25	3	57	1	42	0

FIGURE 7 : STATISTIQUES JOURNALIERES DES PM<sub>10</sub> SUR LE SITE DE ST EGREVE ET LES SITES DE REFERENCES

Durant les quatre campagnes de mesures, le site d'étude n'a pas enregistré de dépassements de cette valeur limite en moyenne journalière. Un seul dépassement (station de Grenoble les Frênes) a été observé sur les stations de fond pendant la même période. En revanche, sur l'ensemble de l'année 2011 la majorité d'entre-elles ne respectent pas cette valeur limite. **En conséquence, le risque de dépassement de ce seuil sur l'ensemble de l'année de référence pour le site de St-Egrève existe.**

### Monoxyde de carbone (CO) :

Les niveaux moyens en monoxyde de carbone mesurés sur le site de St-Egrève sont équivalents à ceux observés sur les stations de proximité automobile de Grenoble.

Les niveaux de monoxyde de carbone sont conformes à la valeur réglementaire (10 000 µg.m<sup>-3</sup>) sur 8 heures.

### Benzène (C6H6) :

Les niveaux de benzène ( $1,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) mesurés sur le site d'étude sont équivalents à ceux de la station de fond de Grenoble les Frênes et sont inférieurs aux valeurs réglementaires.

## 3. Faits marquants : zoom sur certains polluants-étude spatiale et temporelle des niveaux sur la zone d'étude.

Cette partie présente les faits marquants relevés pendant la période d'étude sur l'ensemble du tracé. Ainsi certains polluants qui de part leurs niveaux nécessitent une étude approfondie, sont détaillés plus précisément dans les paragraphes suivants. L'ensemble des données et graphiques concernant la totalité des mesures effectuées pour cette étude sont présentées en annexe.

### 3.1. Les émissions sur la zone d'étude <sup>6</sup>

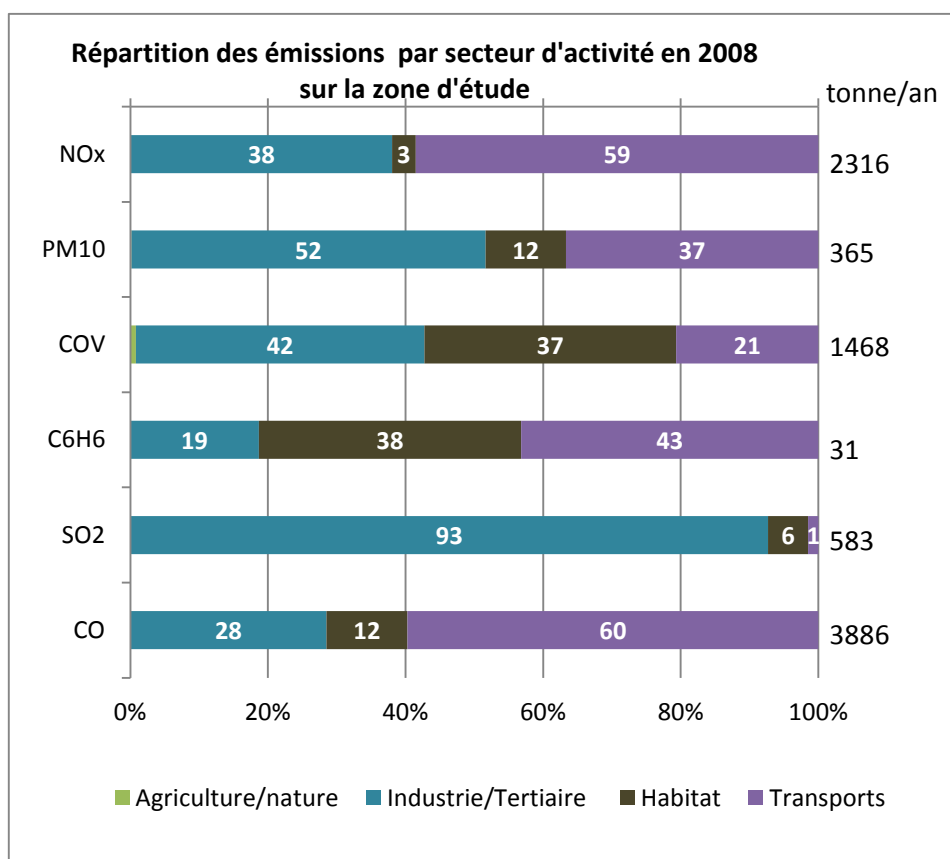


FIGURE 8 : REPARTITION DES EMISSIONS PAR SECTEUR D'ACTIVITE SUR LA ZONE D'ETUDE

**Le transport routier sur la zone d'étude contribue pour près de 60% dans les émissions de NOx et de CO en 2008** (figure 8). Les PM10 sont émises en majorité (52%) par le secteur de l'industrie/tertiaire. Le transport arrive juste derrière avec 37%

<sup>6</sup> Commune de Grenoble, St-Martin-Vinoux, St Egrève, le Fontanil



des émissions. Le secteur de l'industrie/tertiaire est également le principal émetteur de SO<sub>2</sub> et de COV avec respectivement 93% et 42% des émissions. Le trafic automobile représente une plus faible part des émissions de ces deux polluants. En revanche, l'inventaire des émissions spécifiques au benzène montre que **le principal secteur émetteur de benzène sur la zone d'étude est le transport routier (43% en 2008)**, suivi du résidentiel tertiaire en particulier du fait du chauffage individuel au bois (38%). La cartographie suivante représente les émissions de NOx en 2008 (tonnes/an) autour de la ligne E.

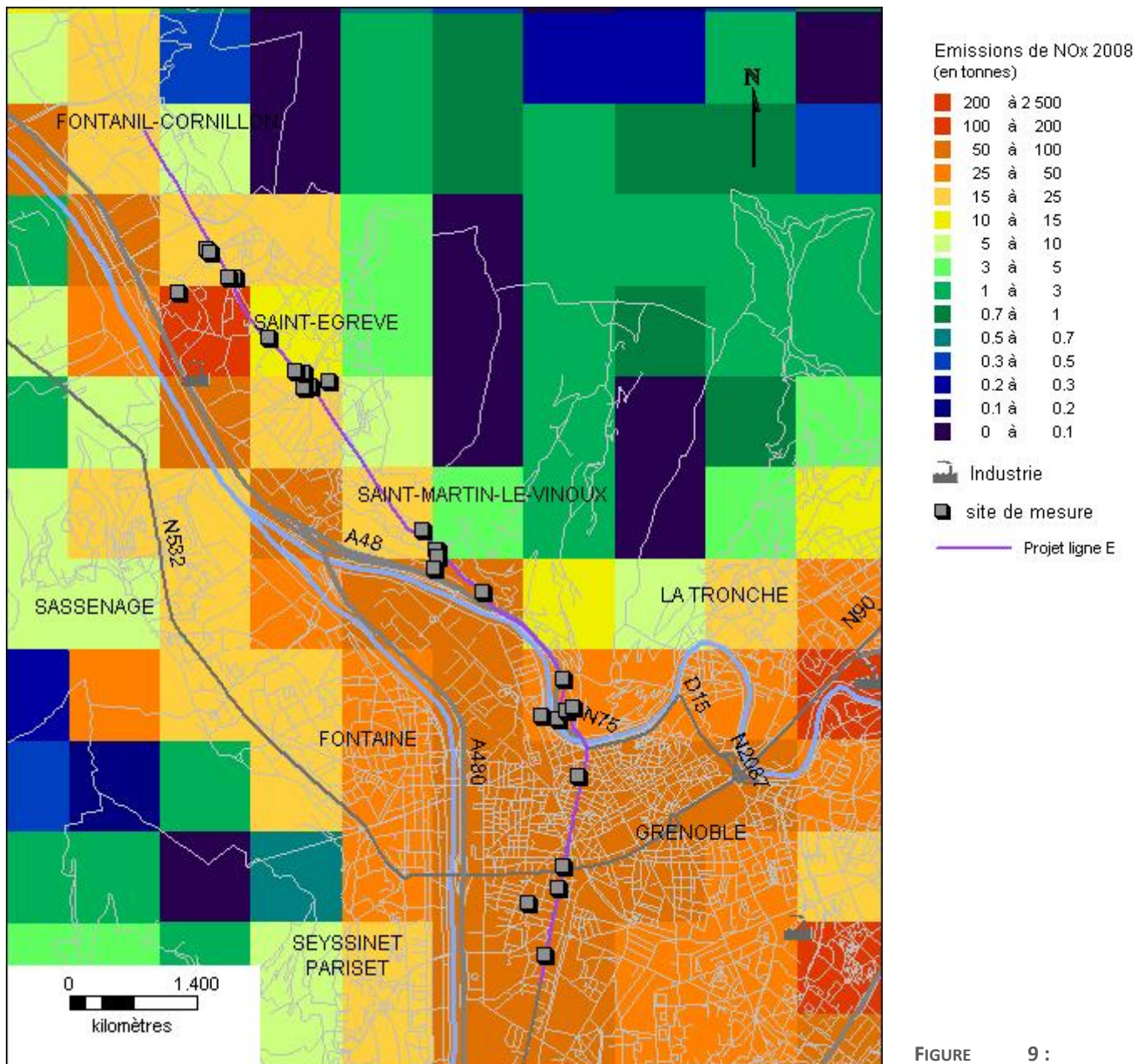


FIGURE 9 : CADASTRE DES DES

EMISSIONS DE NOx SUR LA ZONE D'ETUDE (AIR RHONE-ALPES, EMISSIONS 2008 VERSION 2011-1)

Sur la zone d'étude, les NOx sont majoritairement émis par le trafic routier en raison de la proximité de l'A48 et de la présence de la départementale 1075. Les émissions sont plus élevées en se dirigeant vers Grenoble, en lien avec la densité de population et du

trafic. Il est à noter que la source industrielle (cimenterie) localisée à Saint-Egrève constitue également une source ponctuelle d'émissions de NOx importante.

## 3.2. Dioxyde d'azote : d'une étude globale à l'identification de zones en dépassement des valeurs limites réglementaires

### Les caractéristiques typiques de la zone d'étude

L'emplacement de la station mobile a été choisi afin d'être représentatif de l'ensemble de la zone d'étude qui en premier lieu (étude 2007), n'intégrait pas le secteur de Grenoble. Les graphiques suivants comparent les concentrations moyennes annuelles et maximales de dioxyde d'azote mesurées sur les stations fixes en 2011 avec celles estimées sur le site d'étude à St-Egrève en 2007 et 2011. Les distances sur le graphique ont été estimées par rapport au centre de la voie.

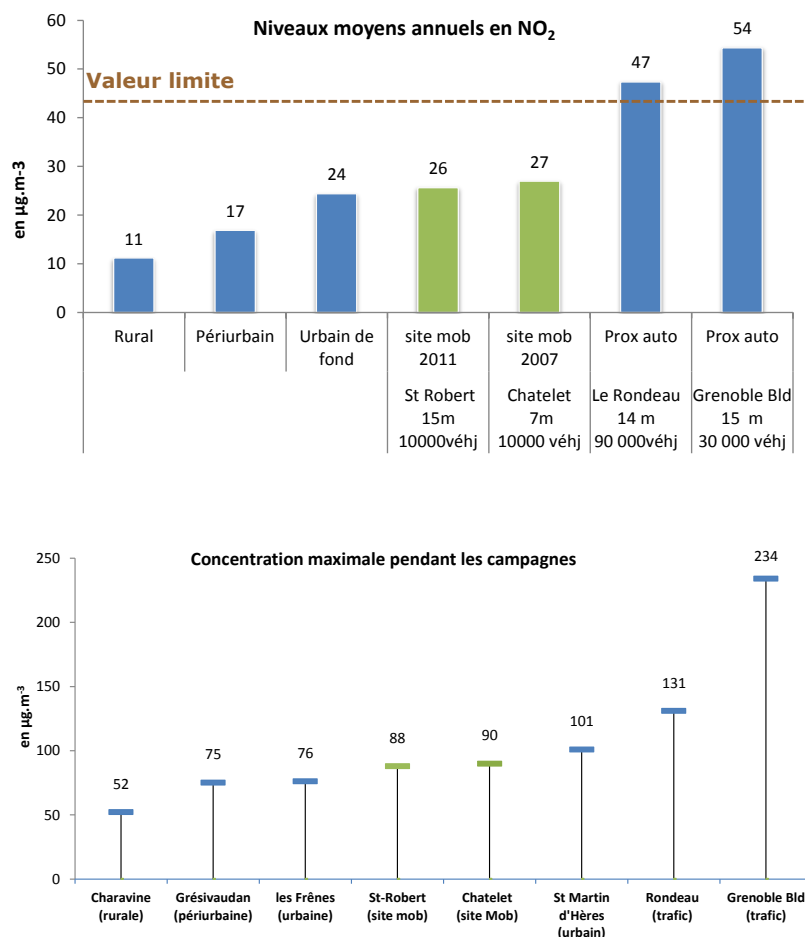


FIGURE 10 : CONCENTRATIONS MOYENNES ET MAXIMALES POUR LE NO<sub>2</sub>

Comme en 2007, les niveaux moyens en NO<sub>2</sub> observés sur le site d'étude à St-Egrève sont équivalents à ceux observés sur les sites urbains de fond de l'agglomération grenobloise. Malgré la proximité automobile du site d'étude (10 mètres de la RD1075), les maximums observés en 2011 ainsi qu'en 2007 sont équivalents à ceux observés en zone urbaine à Grenoble.

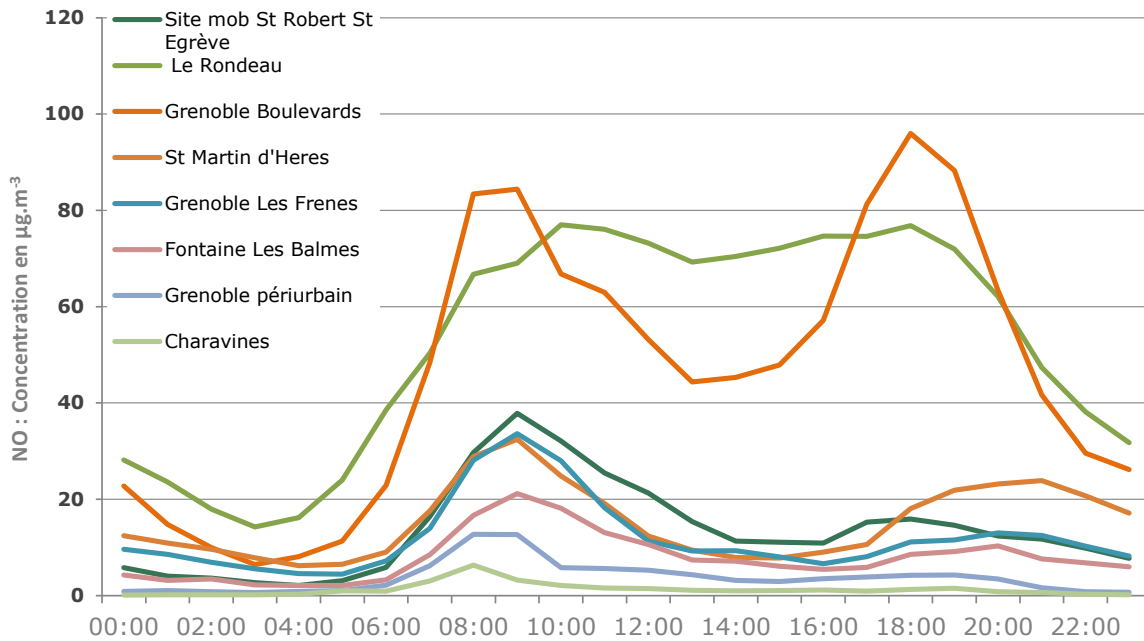


FIGURE 11 : PROFIL MOYEN HORAIRE DU NO SUR LE SITE D'ETUDE ET LES STATIONS FIXES DE L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

L'évolution journalière des concentrations en NO met en évidence les pointes notamment du début de matinée (07-09h) 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.

### Trafic journalier Av. Générale de Gaulle St -Egrève

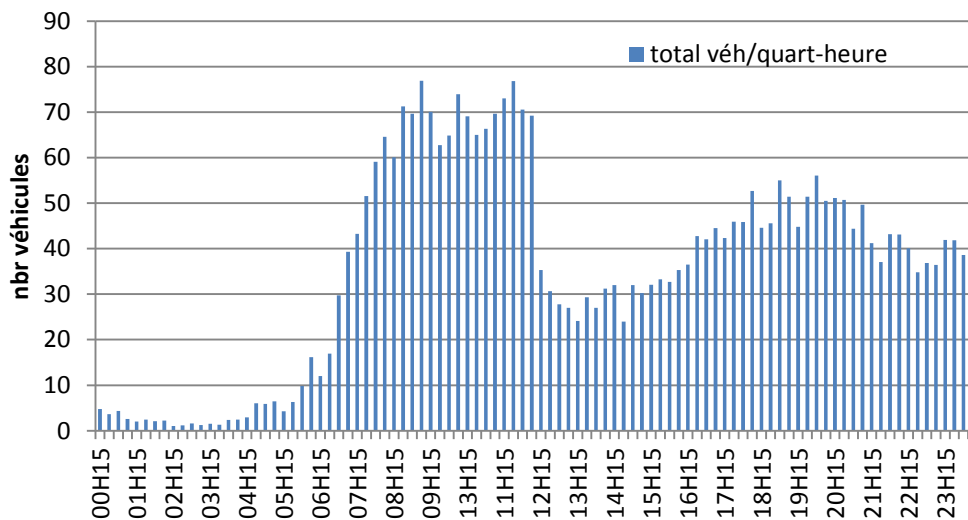


FIGURE 12 : PROFIL DU TRAFIC MOYEN JOURNALIER A PROXIMITE DU SITE D'ETUDE A ST EGREVE.

Le profil journalier des concentrations de NO<sup>7</sup> du site d'étude est comparable au profil du trafic moyen journalier du point de comptage situé à proximité, le long de la RD 1075 à Saint-Egrève, ce qui montre l'influence du trafic automobile sur la qualité de l'air mesuré dans ce secteur. Toutefois il s'apparente plus au profil d'une station de fond que d'une

<sup>7</sup> La mesure du monoxyde d'azote dans l'environnement est un bon traceur de l'influence directe des sources de pollution d'origine automobile



station trafic. L'écart de concentration de NO entre les sites s'explique notamment par une plus faible intensité du trafic à proximité du site d'étude (environ 10 000 véh/j contre environ 30 000 à 90 000 véh/jours sur les sites grenoblois). Ces résultats peuvent également s'expliquer par la configuration de l'avenue Général de Gaulle à Saint-Egrève (assez large et dégagée) qui est favorable à la dispersion des polluants.

**Les niveaux en dioxyde d'azote sont donc caractérisés comme urbains avec une influence locale du trafic bien visible mais d'intensité modérée.**

### Un impact différent en fonction des saisons

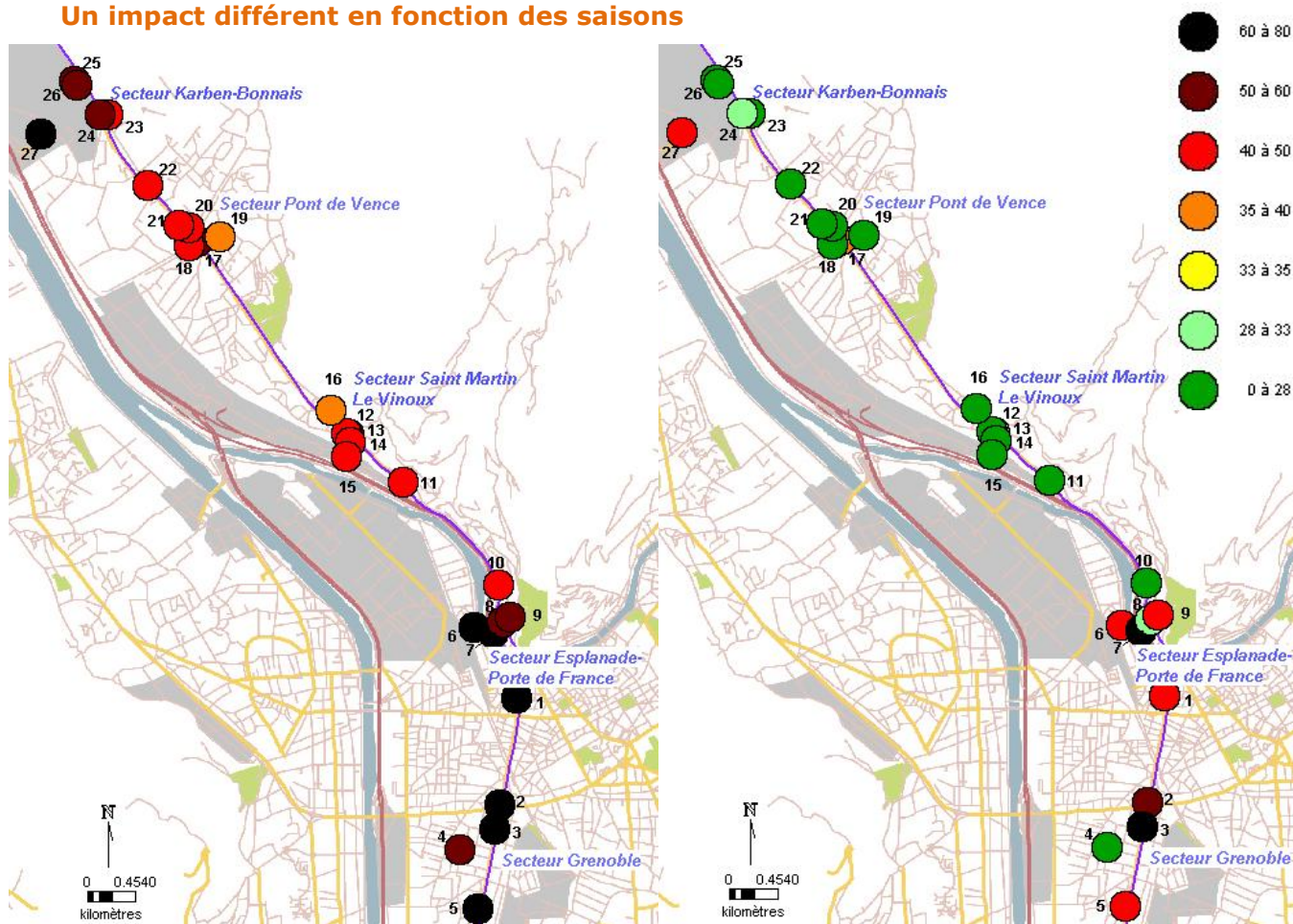


FIGURE 13 : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS SAISONNIERES DE NO<sub>2</sub> (A GAUCHE CONCENTRATIONS MOYENNES HIVERNALES, A DROITE CONCENTRATIONS MOYENNES ESTIVALES)

En moyenne, les concentrations de NO<sub>2</sub> mesurées pendant la période hivernale sont plus élevées que pendant la période estivale.

En hiver, les variations de concentrations entre les sites sont moins marquées qu'en période estivale. Même si les niveaux sont plus élevés en proximité trafic, les phénomènes de pollution touchent l'ensemble de la zone d'étude. Ce constat est lié aux mauvaises conditions de dispersion pendant la période hivernale : en situation de forte stabilité atmosphérique et de présence d'inversion de température, les polluants peuvent se retrouver piégés au sol dans les basses couches de l'atmosphère et s'accumuler.

En revanche, pendant la période estivale, il existe de plus fortes variations de concentrations entre les différents sites. **Les sites à proximité du trafic sur le secteur de Grenoble (point 1, 2, 3 et 5) et de porte de France (points 6, 7 et 9)**

**présentent des valeurs élevées toutes périodes confondues.** Des niveaux importants de dioxyde d'azote sont également observés sur l'ensemble de l'année sur le site (n° 27) localisé à proximité de l'A480 et sur le site à proximité du carrefour du Pont de Vence (n°17).

### Identification des points sensibles

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

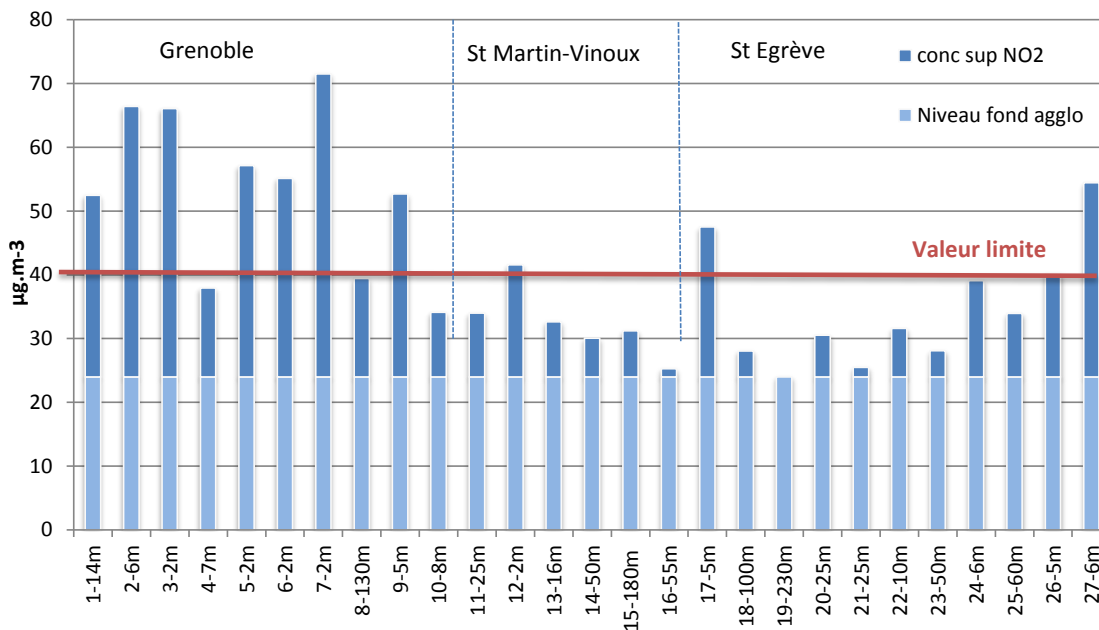


FIGURE14 : CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE NO<sub>2</sub> SUR LA ZONE D'ÉTUDE

D'un point de vue réglementaire, parmi les 27 sites évalués, 10 ont dépassé la valeur limite de 40 µg.m<sup>-3</sup>. Il s'agit de points de mesures situés en proximité automobile à moins de 15 mètres de la voie ou proche de carrefour. Pour la majorité (hormis les sites 12 et 17), les concentrations observées sont supérieures à 50 µg.m<sup>-3</sup>.

La figure suivante présente la variation spatiale des concentrations de NO<sub>2</sub> et permet d'identifier 2 secteurs très sensibles : Grenoble et Esplanade-Porte de France et des points sensibles proches du trafic ou de carrefours importants.

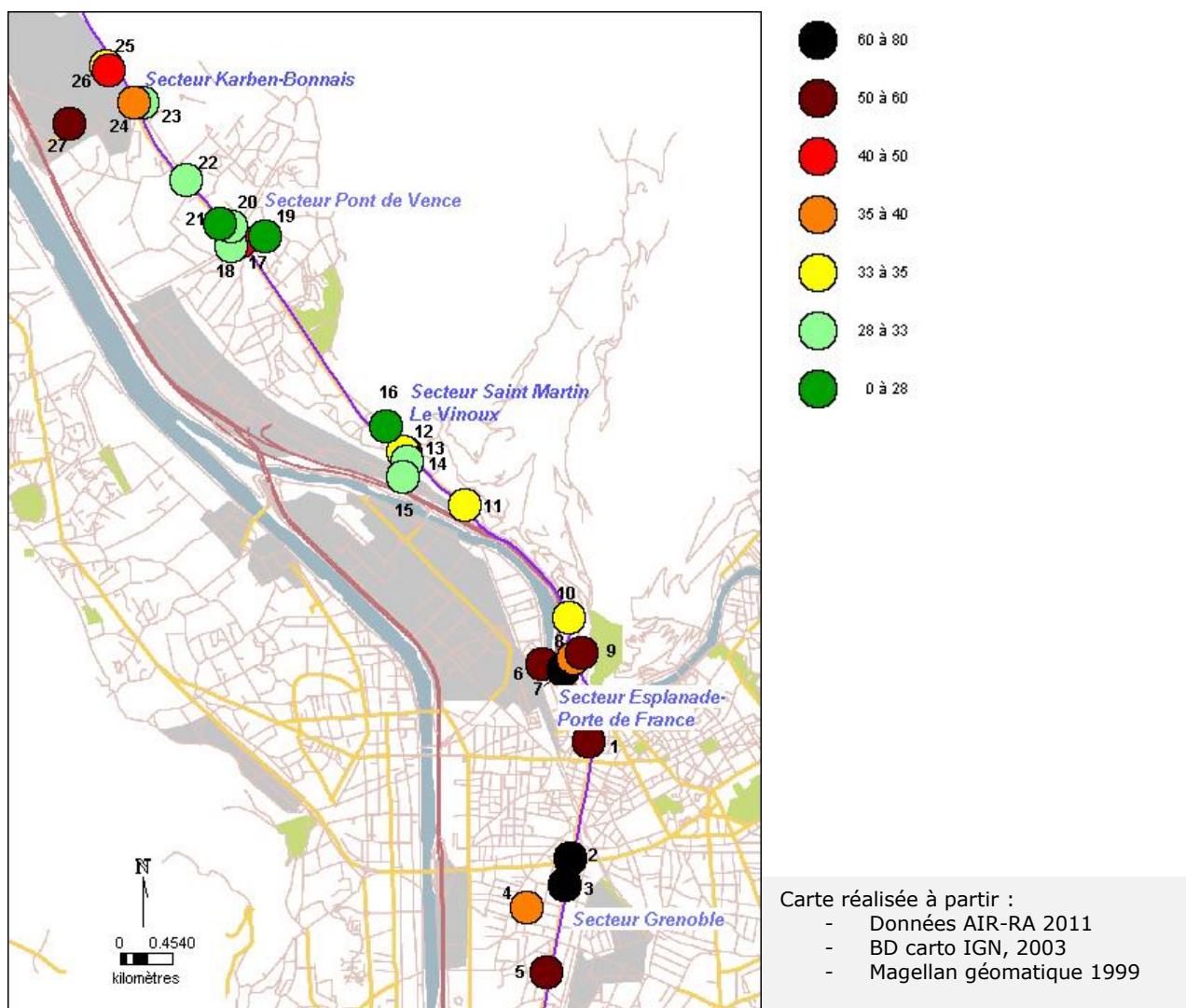


FIGURE 15 : VARIATION SPATIALE DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE NO<sub>2</sub> SUR LA ZONE D'ETUDE

Les concentrations annuelles estimées de NO<sub>2</sub> sur l'ensemble du tracé sont comprises entre 22 µg.m<sup>-3</sup> (les Charmettes à Saint-Egrève) et 72 µg.m<sup>-3</sup> (Esplanade à Grenoble). **Les niveaux les plus élevés (entre 66 et 72 µg.m<sup>-3</sup>) sont observés sur les sites localisés le long du cours Jean-Jaurès à Grenoble (site 2 et 3) et de l'esplanade (site 7) à proximité de l'A48.** Ces résultats montrent une forte influence du trafic automobile sur la qualité de l'air pour cette partie du tracé. Ces niveaux importants s'expliquent notamment par l'intensité du trafic à proximité (environ 21 000 véh/jour sur les sites localisés cours Jean Jaurès et environ 40 000 véh/jour sur le site localisé à proximité de la RN481 ou A48). Ces niveaux élevés s'expliquent également par l'effet « canyon » (bâtiments hauts et continus de part et d'autre de la rue) qui ne favorise pas la dispersion des polluants et par la présence de carrefours sensibles en terme d'écoulement du trafic. Par exemple, la place Hubert Dubedout est traversée par 50 000 véh/jour et le trafic écoulé au carrefour entre la RD 1090 (Bd.Foch) et la RD1532 (Bd vallier) est du même ordre de grandeur.

Plus généralement, des niveaux de NO<sub>2</sub> plus faibles sont observés au niveau des communes de St-Martin le Vinoux, de Saint-Egrève et du Fontanil. Même si ceux-ci ont en moyenne des concentrations supérieures au niveau de fond de l'agglomération grenobloise (environ 20%), ils se rapprochent plus des niveaux mesurés sur les sites



urbains grenoblois que de ceux observés en proximité automobile. Cet écart de concentrations de NO<sub>2</sub> entre les sites de Grenoble et les communes périphériques est lié à une plus faible intensité du trafic (2 fois moins élevé que sur Grenoble). Cette différence s'explique également par une meilleure fluidité du trafic et notamment par la configuration de la RD1075 (assez large et dégagée) qui est plus favorable à la dispersion des polluants, et par un vent dispersif plus présent sur ce secteur

Toutefois, ces résultats montrent également l'influence du trafic automobile sur la qualité de l'air mesuré à proximité de cet axe. En effet, les sites proches du trafic (site 12 à Saint Martin Vinoux) et de carrefours importants présentent des concentrations de NO<sub>2</sub> parfois supérieures à la valeur limite de 2010 (40 µg.m<sup>-3</sup>). Des niveaux compris entre 40 et 55 µg.m<sup>-3</sup> ont été observés sur les sites à proximité du carrefour du pont de Vence (point 17), carrefour Karben (point 26) et de l'avenue de San Marino (point 27-proximité A48) où les trafics sont également plus élevés (11 500 véh/j carrefour du pont de Vence et 27 500 véh/j échangeur A48 av. San Marino).

### Variation des concentrations de NO<sub>2</sub> autour de l'axe du tramway

Les mesures ont été complétées pour le NO<sub>2</sub> par les résultats de modélisation qui apportent une information sur la variation spatiale des niveaux. Ainsi, un transect transversal à l'axe du futur tram a été réalisé à partir du modèle sirane sur chaque zone (Jean Jaurès Grenoble, Esplanade Porte de France, St Martin le Vinoux, Pont de Vence, Karben-Bonnais). **Les niveaux moyens de NO<sub>2</sub> calculés à partir du modèle confirment les résultats de mesure avec des profils plus élevés sur les secteurs de Grenoble et de l'esplanade et des concentrations plus faibles au niveau des communes de Saint-Martin le Vinoux et de Saint-Egrève.**

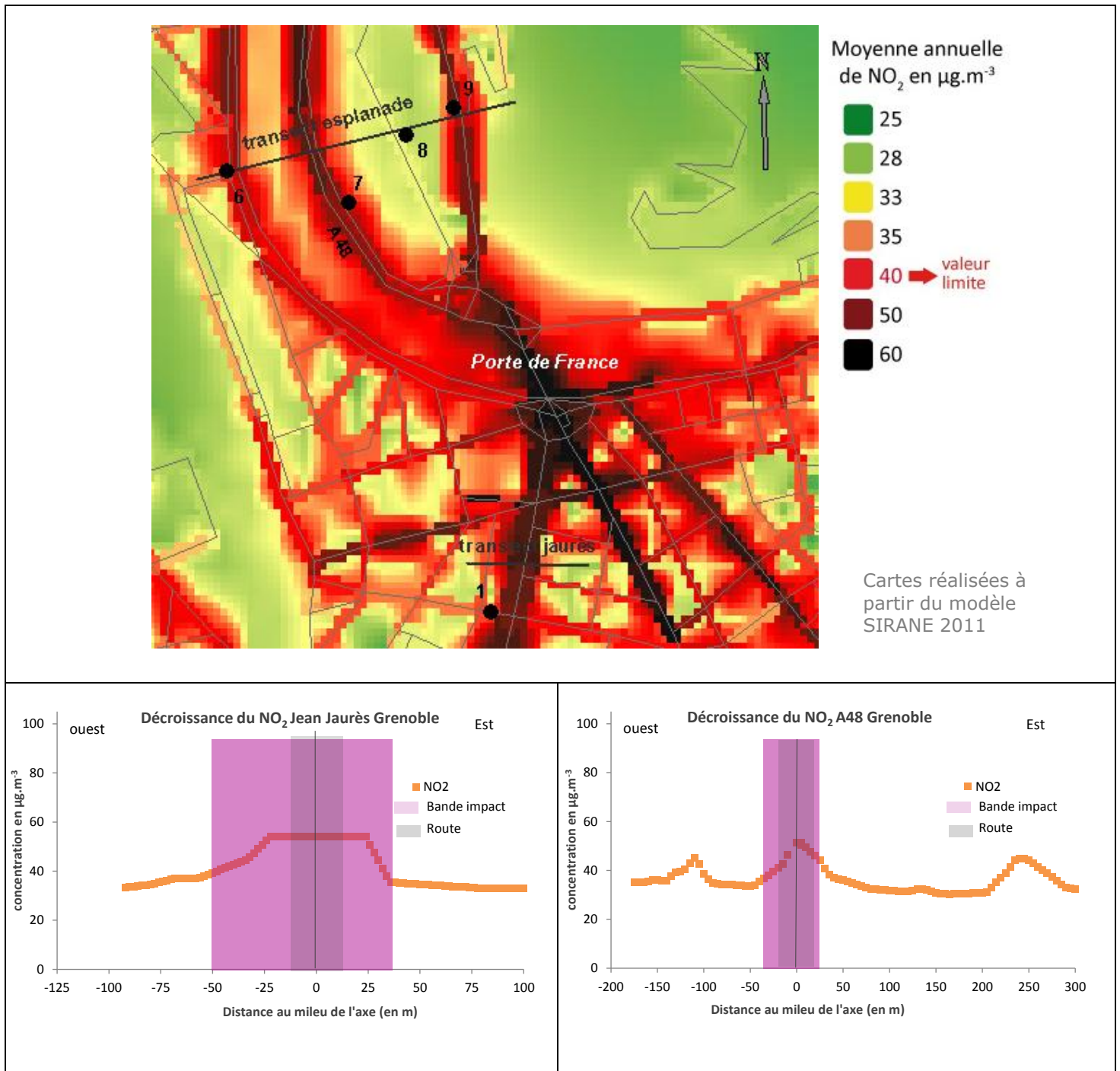


FIGURE16 : DECCROISSANCE DES CONCENTRATIONS DE NO<sub>2</sub> AUTOUR DE L'AXE DU FUTUR TRAM

A proximité du cour Jean Jaurès à Grenoble, les concentrations de NO<sub>2</sub> sont encore supérieures au seuil réglementaire de 40 µg.m<sup>-3</sup>, à une distance qui varie, entre **30 et 50 mètres** selon le côté de l'axe considéré et selon le lieu considéré sur le cours. Dans ce type d'environnement, la continuité et la hauteur du bâti (effet canyon) est défavorable à la dispersion des polluants.

Les habitations construites à moins de 30 mètres du centre de la voie sont donc soumises à des moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> dépassant le seuil réglementaire.

Le transect réalisé à proximité de l'A48 au niveau de l'esplanade montre que les concentrations de NO<sub>2</sub> sont supérieures au seuil réglementaire de 40 µg.m<sup>-3</sup> à une distance d'environ **25-30 mètres**. Une décroissance des concentrations de NO<sub>2</sub> est

observée en s'éloignant de l'axe, toutefois, les niveaux mesurés à 100 ou 150 mètres restent élevés (environ 30% supérieurs au niveau de fond urbain) puis augmentent lorsqu'on se rapproche des 2 axes routiers (quai de l'Isère rive gauche et route de Lyon).

A proximité du Pont de Vence et du carrefour Karben à Saint-Egrève (cf annexe 8), les niveaux de NO<sub>2</sub> sont supérieurs au seuil réglementaire de 40 µg.m<sup>-3</sup> à une distance d'environ 5-10 mètres ce qui met en évidence une plus faible influence du trafic automobile dans ces secteurs. Seules les habitations les plus proches de l'axe seront donc impactées par les dépassements de seuil. Le transect réalisé à proximité de la D1075 à Saint-Martin le Vinoux montre que les concentrations de NO<sub>2</sub> sont inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé.



### 3.3. Le benzène

La figure suivante illustre les concentrations moyennes annuelles de benzène mesurées le long du tracé sur 13 sites.

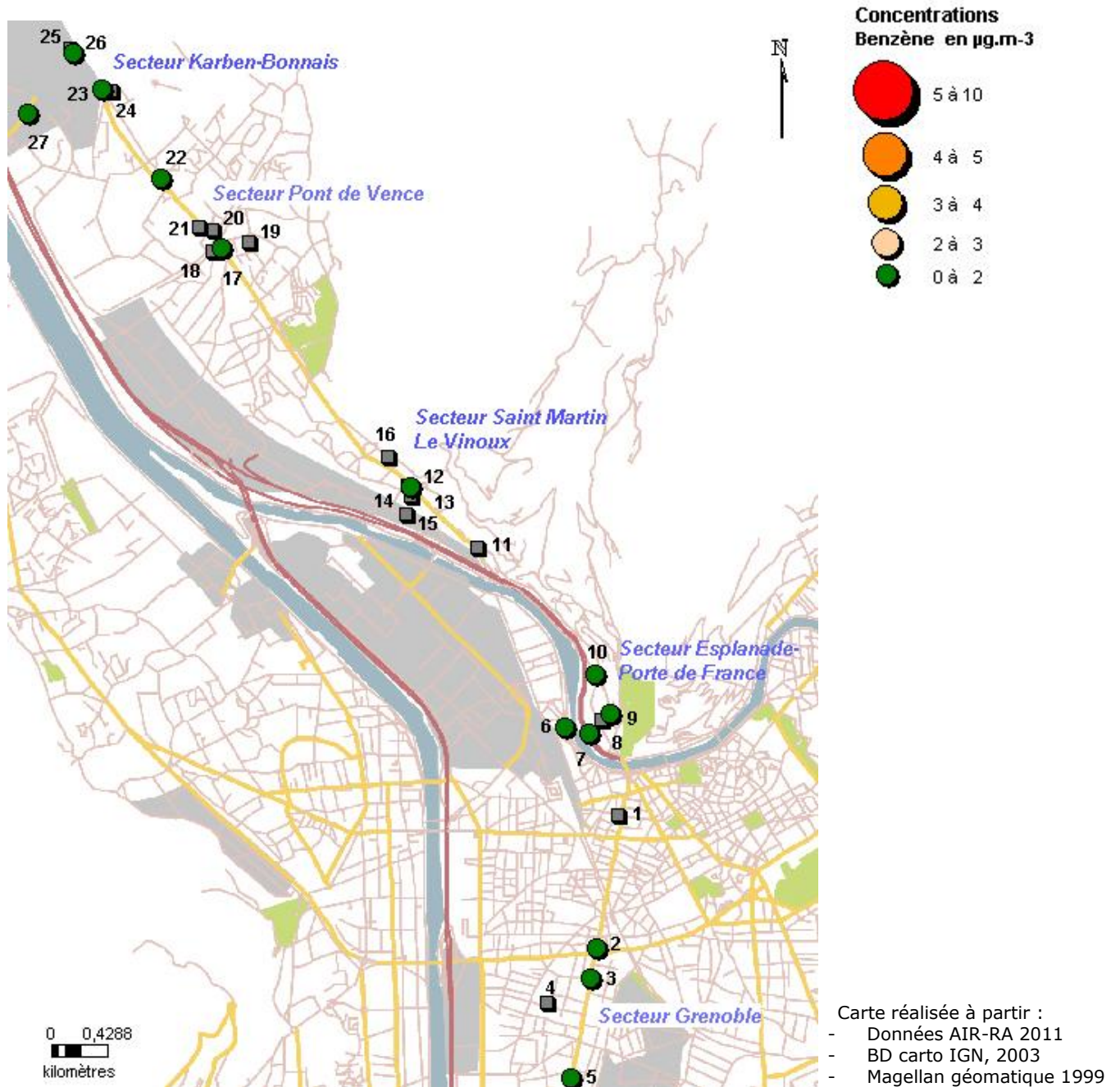


FIGURE 25 : VARIATION SPATIALE DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE BENZENE SUR LA ZONE D'ETUDE

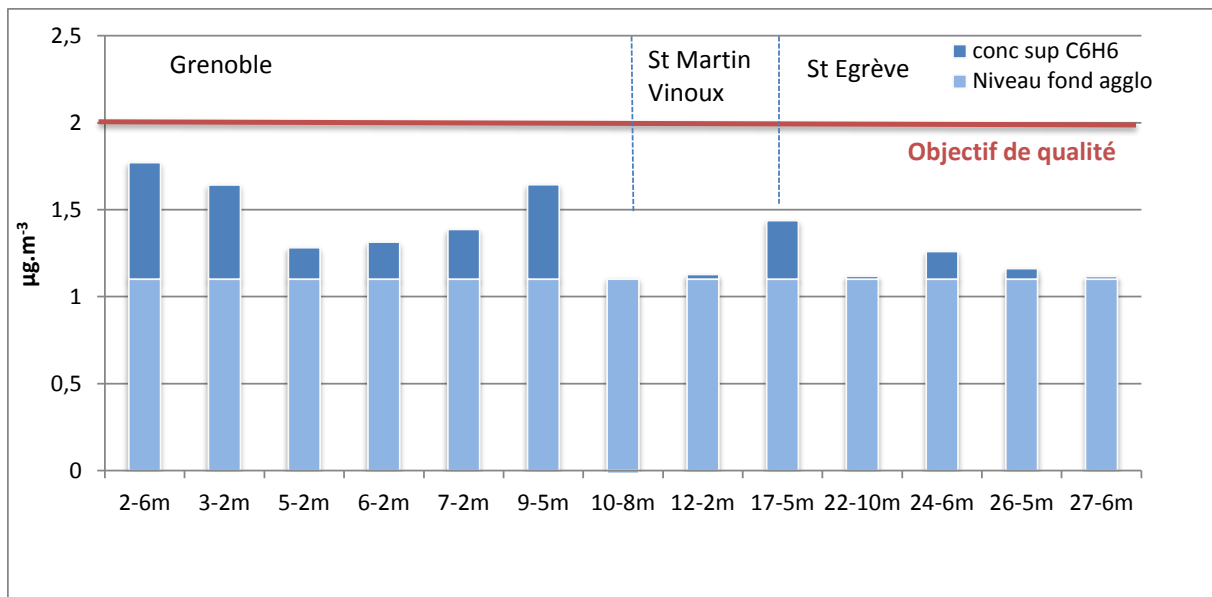


FIGURE 26 : CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE BENZENE SUR LA ZONE D'ETUDE

Comme pour le NO<sub>2</sub>, les concentrations de benzène mesurées sur le tracé de la ligne E, sont plus élevées lorsqu'on se dirige vers Grenoble et sur les sites localisés au niveau de carrefour. L'influence du trafic automobile sur les niveaux de benzène est bien présente mais modérée compte tenu des concentrations observées. Particulièrement les sites localisés le long du cours Jean Jaurès (site 2 et 3), de l'esplanade (site 9) et du carrefour du pont de Vence (site 17) sont les plus influencés avec des niveaux qui sont proches de l'objectif de qualité (2 µg.m<sup>-3</sup>).

### 3.4. Population exposée au NO<sub>2</sub> en 2011 vis-à-vis des seuils réglementaires

Le croisement des données modélisées de concentrations de NO<sub>2</sub> (SIRANE) avec les données de population disponibles (estimées à partir données INSEE 2007) permet de calculer le pourcentage de population exposée à des concentrations supérieures à un seuil réglementaire. Dans le cadre de la mise en place de la ligne E, le domaine SIRANE a été étendu en premier lieu vers le sud de l'agglomération jusqu'à Pont de Claix puis au nord ouest jusqu'au Fontanil-Cornillon.

#### Exposition globale sur l'ensemble de l'agglomération grenobloise

En 2011, environ **5 %** de la population étudiée (19 000 personnes sur un total de 390 000) **sont exposées** à des valeurs supérieures à **la valeur limite annuelle** pour la protection de la santé concernant le **dioxyde d'azote (40 µg.m<sup>-3</sup>)**.

#### Exposition autour du tracé de la future ligne de tram E et par zones

Les résultats précédents ont montré que pour le NO<sub>2</sub> la zone d'influence du trafic pouvait s'étendre jusqu'à 50 mètres de la voirie. Ils ont également mis en évidence une plus forte pollution au NO<sub>2</sub> au niveau de la zone d'intensification urbaine du contrat d'axe, dans le secteur de Grenoble. Pour cette étude, le calcul d'exposition a donc été réalisé sur les zones suivantes :

- Bande de 50 mètres autour du tracé de la future ligne de tram ;
- Zone d'intensification urbaine du contrat d'axe ;



- Zoom sur les secteurs de Grenoble, St Martin d'Hères, Saint-Egrève, le Fontanil situés dans le tissu urbain du contrat d'axe.

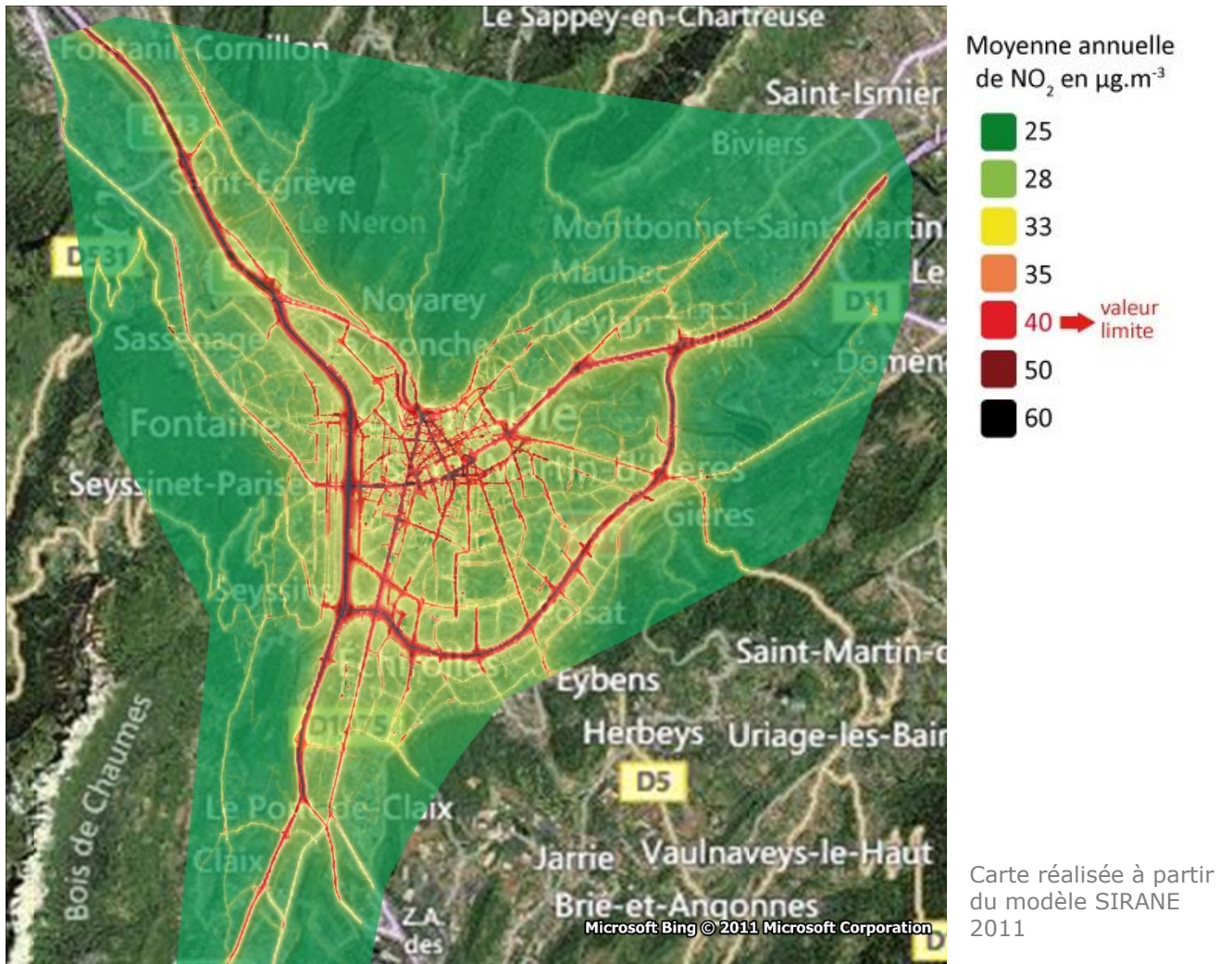


FIGURE 17 : CONCENTRATION MOYENNES DE NO<sub>2</sub> SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE



## Présentation des zones pour le calcul de l'exposition moyenne de la population au NO<sub>2</sub> autour du tracé de la ligne de tram E

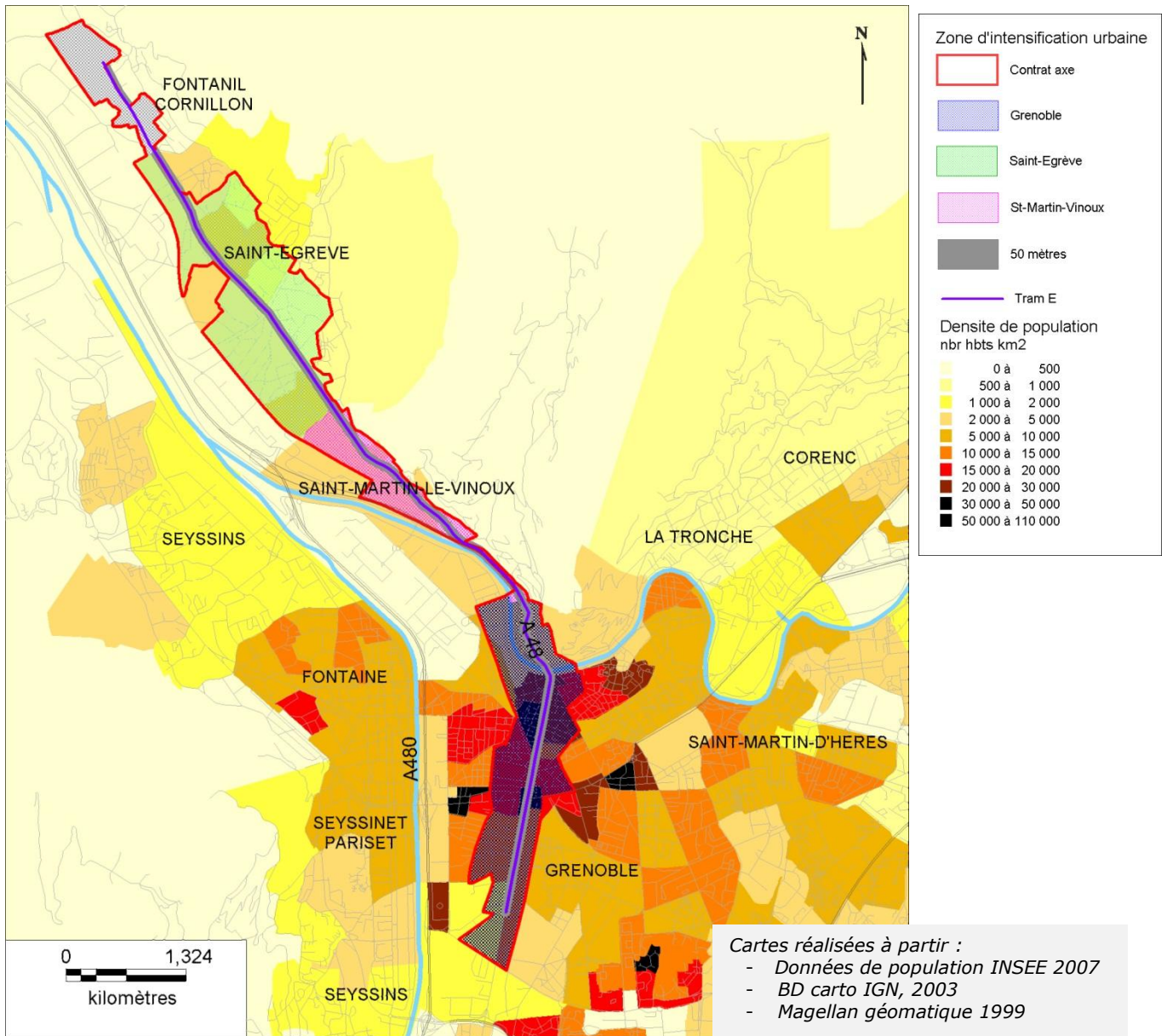


FIGURE18 : SECTEURS DEFINIS POUR LE CALCUL DE L'EXPOSITION DE LA POPULATION AU NO<sub>2</sub>

Sur le tracé de la future ligne de tram E, les résultats de ces calculs montrent qu'1/3 des personnes habitant à moins de 50 m de la voirie existante en 2011, (2500 personnes sur 7600) sont exposées à des concentrations de dioxyde d'azote supérieures à la valeur limite (40 µg.m<sup>-3</sup>).

Secteur étudié	Population totale	> 40	Part	Part
		NO2 moy	exposée en %	non exposée en %
Zone 50m	7598	2494	33	67
Zone d'intensification	49834	<b>5865</b>	12	88
Grenoble	35646	<b>5865</b>	16	84
St-Martin le Vinoux	3629	0	0	100
St-Egrève	9931	0	0	100
Le Fontanil	674	0	0	100

FIGURE 19 : POPULATION POTENTIELLEMENT EXPOSEE AU NO<sub>2</sub> SUR LA ZONE D'ETUDE

Au niveau de la zone d'intensification urbaine du contrat d'axe (cf carte précédente), le pourcentage de population potentiellement exposée à des concentrations supérieures à la valeur limite est égal à 12%. **Ces personnes exposées sont localisées sur la portion du tracé qui traverse Grenoble** où la densité de population et le trafic sont importants. En effet, dans ce secteur, environ une personne sur 6 est potentiellement exposée à des concentrations supérieures à la valeur limite. Parmi ces personnes, 42 % sont localisées à moins de 50 mètres de la voirie. En **revanche sur la portion du tracé comprise entre Saint-Martin le Vinoux et le Fontanil, le nombre de personnes potentiellement exposées à des concentrations supérieures à la valeur limite est nul.**

Pour les futurs projets d'urbanisme sur ces secteurs, il est par conséquent important de prendre en compte les recommandations<sup>8</sup> issues des études préalables sur le projet de tram E, afin de ne pas exposer de nouvelles populations aux dépassements de valeurs réglementaires.

### 3.5. Les particules PM10 : un enjeu plus global

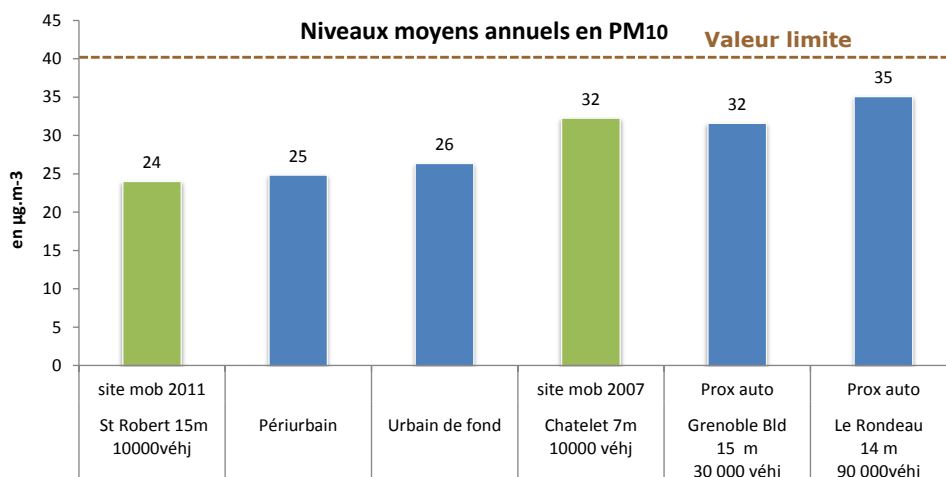


FIGURE 20 : POPULATION POTENTIELLEMENT EXPOSEE AU NO<sub>2</sub> SUR LA ZONE D'ETUDE

Les niveaux moyens de PM10 mesurés sur le site de St-Egrève sont comparables à ceux mesurés en milieu périurbain. **Les niveaux de PM10 mesurés sur le site d'étude à St-Egrève sont moins élevés en 2011 qu'en 2007 (-25%).** Cette diminution s'observe également sur les stations de proximité automobile (-20%) et de fond (-10%).

<sup>8</sup> Cf. rapport projet de requalification de la ligne de bus 3 en ligne de tram E : <http://www.atmo-rhonealpes.org>

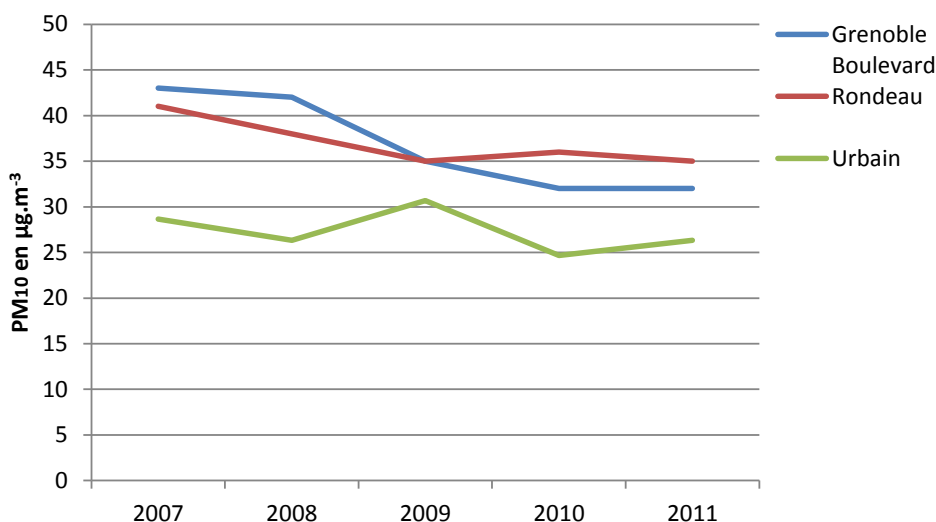


FIGURE 21 : EVOLUTION DES MOYENNES ANNUELLES EN PM10 AU NIVEAU DE L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

La diminution des concentrations moyennes de PM10 entre 2007 et 2011 sur le site d'étude est comparable à celle observée sur les sites de proximité automobile sur la même période. Elle semble donc liée à l'amélioration générale de la qualité de l'air et notamment aux progrès réalisés dans la motorisation. Les nouvelles normes toujours plus contraignantes (EURO 4, EURO 5) ont permis de réduire les émissions de chaque véhicule à l'unité.

Par contre, la valeur limite journalière de 50 µg.m<sup>-3</sup> est toujours dépassée plus de 35 jours (nombre de dépassements autorisés) toutes les années sur les stations de proximité automobile. Cette valeur limite est également dépassée assez fréquemment sur les stations de fond.

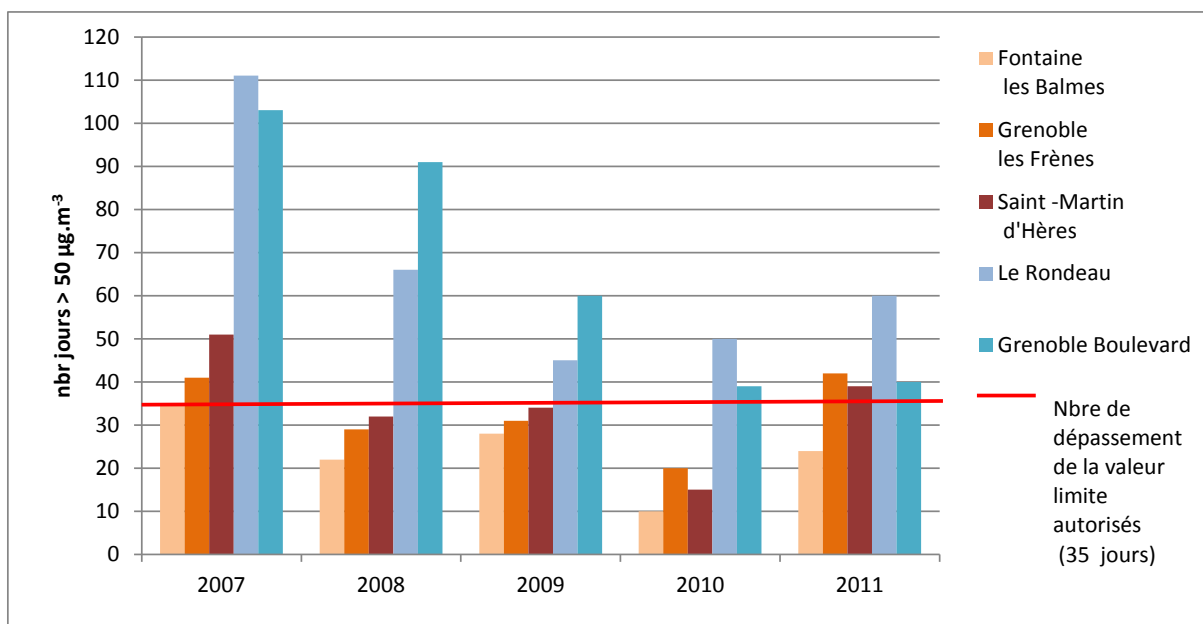
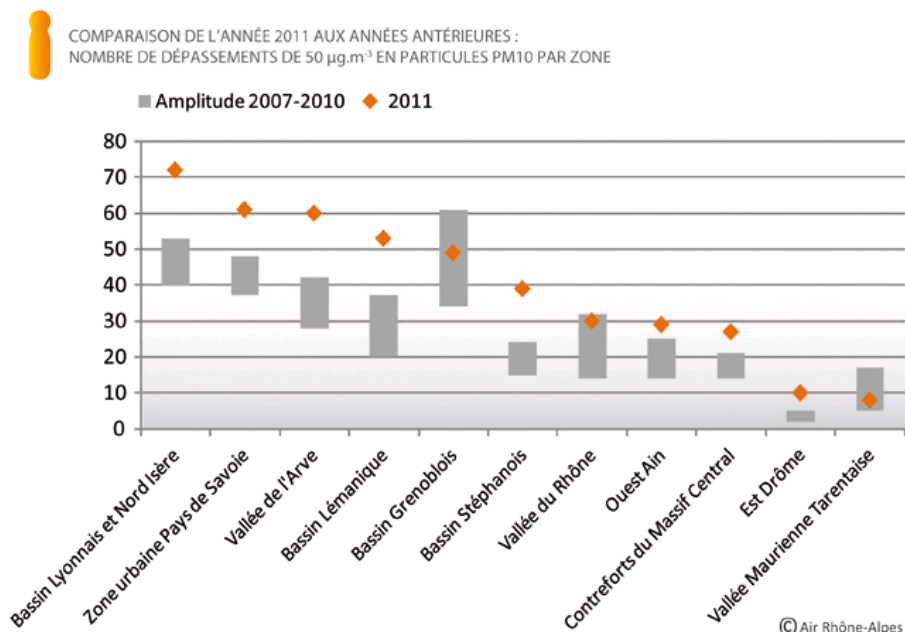


FIGURE 22 : EVOLUTION DES MOYENNES JOURNALIERES EN PM10 AU NIVEAU DE L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

Notamment, en 2011, les sites de proximité automobile et la majorité des sites de fond (à l'exception de Fontaine les Balmes) ne sont pas conformes à cette valeur réglementaire. Les résultats de modélisation montrent qu'en 2011, les dépassements de

cette valeur limite<sup>9</sup> pour les particules PM<sub>10</sub> concernent une grande partie de l'agglomération grenobloise. **100 % de la population étudiée** (environ **390 000 grenoblois**) **ont été** exposés à des niveaux supérieurs à **la valeur limite annuelle de PM<sub>10</sub>** (50 µg.m<sup>-3</sup> à ne pas dépasser plus de 35 j par an). Il est probable que cette valeur limite ait été dépassée **sur l'ensemble de l'année 2011 sur le site d'étude de Saint-Egrève.**

Le graphique ci-dessous montre qu'en Rhône-Alpes, **l'année 2011** présente le plus grand nombre de jours de dépassement de ce seuil par rapport aux années précédentes (2007 à 2010), à l'exception de Grenoble qui a connu une année 2007 très défavorable. Ce constat est lié en partie aux conditions météorologiques (particulièrement stables et froides) qui ont été à l'origine d'épisodes de pollution aux particules fines très persistants.



En effet en 2010, les résultats de modélisation (cf cartes suivantes), montrent qu'**aucun dépassement de cette valeur limite pour les PM<sub>10</sub>** (50 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an) **n'est observé sur le secteur de Saint-Martin Vinoux** (cartographies non disponibles sur les secteurs de Saint-Egrève et du Fontanil en 2010)<sup>10</sup>. **En 2010, au niveau de l'agglomération grenobloise, seulement 1 % de la population étudiée** (3400 personnes sur un total de 390 000) sont exposés à des niveaux supérieurs à **la valeur limite annuelle de PM<sub>10</sub>** (50 µg.m<sup>-3</sup> à ne pas dépasser plus de 35 j par an).

**Malgré les plus faibles niveaux de particules observés en 2010 par rapport à 2011, cette valeur réglementaire n'est pas respectée le long du cours Jean Jaurès à Grenoble et au niveau de l'esplanade. Ces cartographies confirment le fait que ces secteurs sont très sensibles du point de vue de la qualité de l'air.**

<sup>10</sup> Le domaine d'étude SIRANE a été étendu au nord ouest de l'agglomération à partir de 2011.



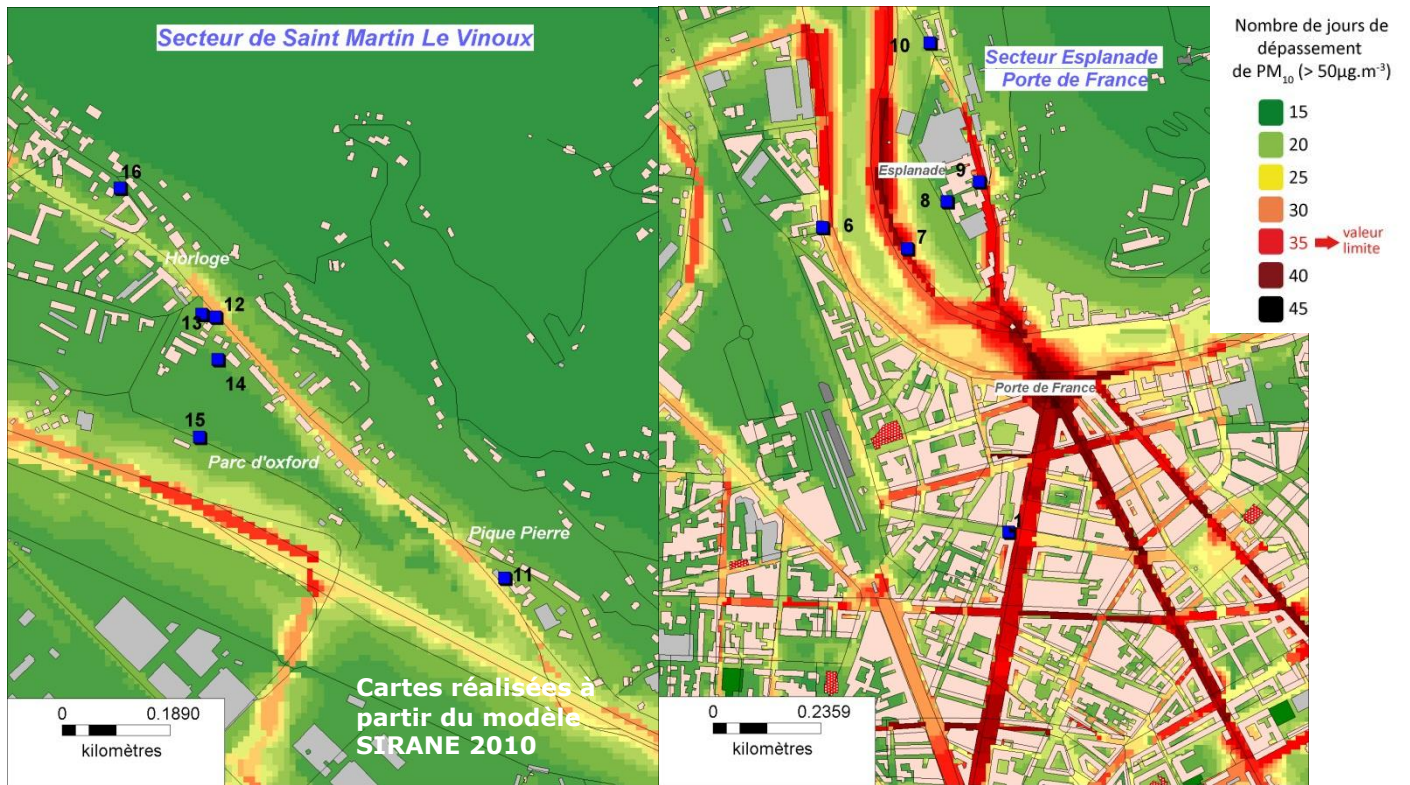


FIGURE 24 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT DE  $PM_{10}$  AU NIVEAU DE L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE EN 2010 SUR LES SECTEURS DE SAINT-MARTIN VINOUX ET GRENOBLE

## Conclusion



Ce rapport a permis d'évaluer la qualité de l'air en 2011 sur l'ensemble du tracé de la future ligne de tram E Grenoble-Le Fontanil.

**Des niveaux élevés de dioxyde d'azote (entre 66 et 72  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) sont observés le long du cours Jean Jaurès à Grenoble et au niveau de l'esplanade-porte de France. En effet sur cette partie du tracé, les niveaux en moyenne annuelle pour le  $\text{NO}_2$  ne respectent pas la valeur limite (40  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ). Ces résultats montrent une forte influence du trafic automobile sur la qualité de l'air pour cette partie du tracé.** Ces niveaux élevés s'expliquent par l'effet canyon des bâtiments qui ne favorise pas la dispersion des polluants (la zone d'influence du trafic s'étend jusqu'à 50 mètres de la voirie), et par la présence de carrefours sensibles en termes d'écoulement du trafic.

Les résultats des modélisations montrent également que des dépassements de la valeur limite en moyenne journalière pour les  $\text{PM}_{10}$  sont observés fréquemment le long du cours Jean Jaurès à Grenoble et au niveau de l'esplanade porte de France. **Ces secteurs sont particulièrement sensibles du point de vue de la qualité de l'air pour le dioxyde d'azote mais également pour les particules  $\text{PM}_{10}$ .**

**Plus généralement, des niveaux de polluants plus faibles sont observés au niveau des communes de St-Martin le Vinoux, de Saint-Egrève et du Fontanil.** En effet, sur cette partie du tracé du futur tram E, les concentrations mesurées sont pour la plupart des polluants équivalentes ou légèrement supérieures (environ 20%) au niveau de fond de l'agglomération grenobloise. Les niveaux modérés observés semblent liés à l'intensité moyenne du trafic de la N75 (2 fois moins élevée qu'à Grenoble) mais également à la configuration de la rue qui est favorable à la dispersion des polluants (rue ouverte).

Sur le site d'étude de Saint-Egrève, pour la majorité des polluants, les niveaux moyens observés en 2011, respectent les valeurs réglementaires. **En revanche, sur ce site comme sur l'ensemble de l'agglomération grenobloise, il existe un risque important de dépassement de la valeur limite en moyenne journalière pour les  $\text{PM}_{10}$  sur l'ensemble de l'année 2011.**

Des concentrations plus faibles sont observées entre Saint-Martin le Vinoux et le Fontanil, par rapport à Grenoble. **Les résultats de  $\text{NO}_2$  montrent néanmoins l'influence du trafic automobile sur la qualité de l'air dans ces secteurs au niveau des sites proches du trafic et de carrefours importants. En effet, trois points sensibles, localisés carrefour du pont de Vence, carrefour Karben et avenue de San Marino présentent des concentrations de  $\text{NO}_2$  supérieures à la valeur limite annuelle. Malgré l'influence du trafic automobile observée à proximité de la voirie, ces secteurs ne constituent pas actuellement comme Grenoble, des zones en dépassement des valeurs limites pour les polluants réglementés.**

Enfin, cette étude a permis d'évaluer qu'environ 1/3 des riverains habitant à moins de 50 mètres de la future ligne de tram E (soit 2500 personnes sur 7600) sont exposés à des concentrations en  $\text{NO}_2$  supérieures ou égales à la valeur limite 2010 (40  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ). Les cartographies modélisées de polluants indiquent que les personnes exposées sont localisées essentiellement sur la portion du tracé de la ligne E qui traverse Grenoble.

Bien que les niveaux de pollution soient moins importants en s'éloignant de Grenoble entre Saint-Martin le Vinoux et le Fontanil, **ces résultats montrent qu'il convient d'être prudent sur les futurs projets d'urbanisme dans ces secteurs. En effet**





**toute urbanisation en proximité de voirie sera susceptible d'exposer de nouvelles populations à un air non conforme à la réglementation française.** Ces outils de modélisation fourniront de bons indicateurs pour évaluer les évolutions liées à la mise en œuvre du contrat d'axe, sur la qualité de l'air et sur l'exposition des populations habitant à proximité de l'axe tramway.

## ANNEXE 1 : Description technique des moyens de mesures

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

Dans le cadre d'études ponctuelles, la surveillance de la qualité de l'air est réalisée à partir de laboratoires mobiles (remorque, camion), équipés d'analyseurs équivalents à ceux du réseau fixe d'AIR RHONE-ALPES, pour la mesure en continu des polluants réglementés ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{CO}$ ...). Des mesures hebdomadaires réalisées par tubes à diffusion passive qui fournissent une information sur la variation spatiale des concentrations de polluants complètent généralement ce dispositif.

### 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 ( $\text{NO}_x$  :  $\text{NO}$  et  $\text{NO}_2$ )
- Les poussières en suspension de taille inférieure à 10 microns ( $\text{PM}_{10}$ )
- Le monoxyde de carbone ( $\text{CO}$ )
- Le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ )
- L'ozone ( $\text{O}_3$ )

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



La remorque laboratoire



Vue intérieure

PHOTOS D'UNE REMORQUE LABORATOIRE

### Mesures par échantillonnage passifs

Par définition, l'échantillonnage passif est basé sur le transfert de matière d'une zone à une autre sans mouvement actif de l'air. Le contact de l'air à analyser avec le milieu réactif (ex du charbon actif pour le benzène et le toluène) est dans ce cas induit par convection naturelle et diffusion (Loi de Fick).

Cette méthode qui donne une moyenne sur plusieurs jours (correspondant à la durée d'exposition du tube), moins onéreuse que les mesures par analyseurs (mesure horaire en automatique et en continu), présente l'avantage de pouvoir multiplier les points de mesures.

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

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



Tubes BTX



Tubes  $NO_2$

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

Afin de pouvoir les comparer avec les analyseurs une standardisation des données à  $20^\circ C$  a été réalisée. Il est à noter que cette technique des échantillonneurs passive a tendance à surestimer les concentrations de polluants<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Rapport : Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote ADEME, LCSQA, fédération Atmo, septembre 2002

## ANNEXE 2 : La modélisation de la qualité de l'air

En complément des mesures effectuées dans le cadre de cette étude, nous utilisons la cartographie des niveaux moyens annuels de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) réalisée à l'aide du **modèle SIRANE** (cf. description du modèle paragraphe suivant) et actualisée pour l'année 2011. Cette modélisation, qui reconstitue les concentrations en air ambiant du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), permet d'estimer les niveaux moyens annuels en tout point de la zone d'étude et d'évaluer l'exposition de la population à ce polluant. Les techniques appliquées pour le calcul d'exposition des populations ont été affinées<sup>12</sup> par rapport à celles utilisées les années précédentes. Tout comme le domaine sur lequel ce calcul a été réalisé, le domaine SIRANE a été étendu en premier lieu vers le sud de l'agglomération jusqu'à Pont de Claix puis au nord ouest jusqu'au Fontanil-Cornillon.

**Le modèle SIRANE<sup>13</sup> est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle de la rue ou d'un quartier** (échelle de l'ordre de 10 mètres), qui permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones urbaines constituées essentiellement de rues bordées de bâtiments.

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

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

- Phénomènes de rue-canyon (confinement des polluants entre les bâtiments)
- Echange des polluants au niveau des carrefours
- Transport des polluants au-dessus des toits
- Prise en compte des caractéristiques du vent extérieur (vitesse, direction, turbulence, stabilité thermique)
- Modélisation de transformations chimiques simples (cycle de Chapman NO<sub>2</sub> O<sub>3</sub>)
- Modélisation de la dispersion des particules
- Modélisation du lessivage par les précipitations

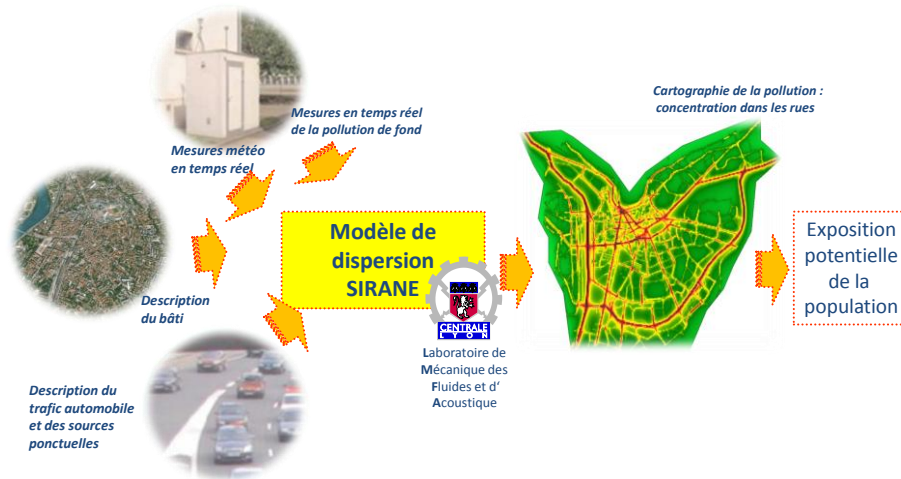
---

<sup>12</sup> Affectation d'une population à chaque bâtiment d'habitation.

<sup>13</sup> 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



Principe de fonctionnement de la modélisation avec SIRANE

**En données d'entrées**, ce modèle a notamment besoin, de données d'émissions (issues du trafic et éventuellement de sources ponctuelles), de données météorologiques (vitesses et directions de vent, température, nébulosité, précipitations) et de données de pollution de fond (mesurées par une station fixe du réseau).

- *données météorologiques*

L'année 2011 a été simulée sur Grenoble en utilisant **les mesures météorologiques de Pont de Claix** (station météo d'AIR Rhône-Alpes).

- *données d'émissions*

Les données de trafic sur la ville de Grenoble sont issues de la modélisation DAVISUM réalisée par l'AURG<sup>[1]</sup> pour le compte du SMTC sur la base de l'enquête ménage de 2002<sup>[2]</sup>. **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 2010 a été utilisé, tandis que le calcul des émissions a été réalisé en utilisant la méthode COPERT 4, puis elles ont ajustées avec l'année 2011.**

La traduction de volumes de trafic en émissions se fait par des facteurs d'émissions issus de **COPERT 4** (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport). Ce travail mené conjointement par plusieurs organismes de recherche européens, a abouti à des formules mathématiques permettant d'estimer les émissions de différents polluants selon différentes catégories de véhicules, en fonction de leur vitesse ou des conditions de circulation (ville, campagne, autoroute).

- *données de pollution de fond*

**La pollution de fond utilisée comme donnée d'entrée du modèle SIRANE est la moyenne des mesures réalisées à partir des trois stations de fond de Grenoble les Frênes, Fontaine les Balmes et de St-Martin d'Hères<sup>14</sup>.**

[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.

<sup>14</sup> La moyenne sur le site de St-Martin d'Hères est chaque année légèrement plus élevée que sur les autres sites de référence, ce qui peut-être lié à la présence d'un parking à proximité du site.



## ANNEXE 3 : 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 (PDU<sup>15</sup>, 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.

---

<sup>15</sup> PDU : Plan de Déplacements Urbains ; PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

## Valeurs réglementaires concernant le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

La réglementation définit pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) plusieurs valeurs à respecter :

La réglementation fixe pour le dioxyde d'azote un **objectif de qualité** à 40 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne annuelle. Elle fixe aussi une **valeur limite pour la protection de la santé** qui correspond au seuil de 40 µg.m<sup>-3</sup>.

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

Principales valeurs réglementaires concernant le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

*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 (NO<sub>2</sub> + NO en équivalent NO<sub>x</sub>).*

*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 (PM<sub>10</sub>) plusieurs valeurs à respecter :

Seuils réglementaires	Valeur à respecter en µg .m <sup>-3</sup>	Période de calcul
<b>Seuil d'information et de recommandations</b>	50 depuis janv 2011	Moyenne sur 24h
<b>Seuil d'alerte</b>	80 depuis janv 2011	Moyenne sur 24h
<b>Valeur limite pour la protection de la santé humaine</b>	50	Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
	40	Moyenne annuelle
<b>Objectif de qualité</b>	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.

## Valeurs réglementaires concernant les COV

Seul le **Benzène** est réglementé au niveau européen, avec une **valeur limite pour la protection de la santé** fixée à **5  $\mu\text{g.m}^{-3}$**  pour 2010.

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 $\mu\text{g.m}^{-3}$	<b>5 <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math></b>

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

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

## ANNEXE 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.

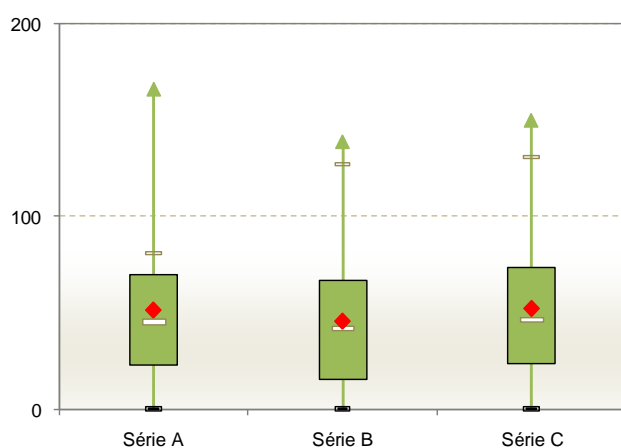
- **Moyenne horaire** = moyenne arithmétique des valeurs quart-horaires mesurées par l'analyseur (Une moyenne horaire est valide si au moins 3 valeurs quart-horaires qui la composent le sont).
- **Moyenne journalière** = moyenne arithmétique des valeurs horaires de 0 à 23 heures (Une moyenne journalière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

- ✓ Le 1<sup>er</sup> quartile (P25) et le 3<sup>ème</sup> 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 : Identification des sites de mesures en 2011

Code du site	Nom du site	Type mesures
2011_ASC_CA_TRAM_E_01	Crédit Agricole Lorraine Grenoble	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_02	Ancien autopont Grenoble	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_03	Axis quartier latin Grenoble	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_04	Jardin du 8 mai 1945 Grenoble	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_05	Securite sociale Liberation Grenoble	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_06	Ecole Claude Bernard Grenoble	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_07	Panneau 90 Autoroute A48 Grenoble	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_08	Esplanade Grenoble	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_09	Coiffeur Musto Grenoble	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_10	Proximité PR esplanade Grenoble	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_11	Pique Pierre St Martin Vinoux (SMV)	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_12	Prox maison des mois SMV	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_13	Maison des mois SMV	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_14	Gymnase espace Bergonzoli SMV	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_15	Chemin de l'étang SMV	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_16	Rue du 26 mai 1945 SMV	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_17	Bureau tabac Pont de Vence St Egrève	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_18	Tastevin Pont de Vence St Egrève	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_19	La musardiere St Egrève	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_20	Maison de la maintenance St Egrève	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_21	Impasse St Egrève	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_22	Parking Saint Robert St Egrève	Station mobile + Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_23	Medecin Puech St Egrève	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_24	Résidence le Vercors St Egrève	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_25	Parking relais Karben St Egrève	Tube NO <sub>2</sub>
2011_ASC_CA_TRAM_E_26	Carrefour karben St Egrève	Tube NO <sub>2</sub> / BTX
2011_ASC_CA_TRAM_E_27	Cap 38 Carrefour Saint Egrève	Tube NO <sub>2</sub> / BTX



## ANNEXE 6 : Sites fixes de mesures d'AIR Rhône-Alpes pris en référence pour l'étude

Sites fixes de mesures d'AIR Rhône-Alpes en 2011		
<p><b>Le Rondeau</b> Echirolles Typologie du site de mesures : <i>Proximité automobile</i> (Référence Rocade Sud)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NOx</li> <li>■ CO</li> <li>■ PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub></li> <li>■ C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></li> </ul>
<p><b>Grenoble Boulevards</b> Typologie du site de mesures : <i>Proximité automobile</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NOx</li> <li>■ CO</li> <li>■ PM<sub>10</sub></li> </ul>
<p>Les stations " <b>trafic</b> " sont situées à proximité immédiate du trafic automobile et représentent donc le niveau <b>maximum</b> d'exposition à la pollution liée au trafic automobile.</p>		
<p><b>Grenoble les Frênes</b> Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NOx</li> <li>■ PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub></li> <li>■ C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (+ HAP<sup>16</sup>)</li> <li>■ SO<sub>2</sub></li> <li>■ O<sub>3</sub></li> <li>■ Métaux lourds</li> </ul>
<p><b>Fontaine les Balmes</b> Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NOx</li> <li>■ PM<sub>10</sub></li> <li>■ O<sub>3</sub></li> </ul>
<p><b>Saint-Martin d'Hères</b> Typologie du site de mesures : <i>Fond urbain</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NOx</li> <li>■ PM<sub>10</sub></li> <li>■ SO<sub>2</sub></li> <li>■ O<sub>3</sub></li> </ul>
<p>Une station " <b>urbaine</b> " permet de suivre l'exposition moyenne de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dans les centres urbains.</p>		

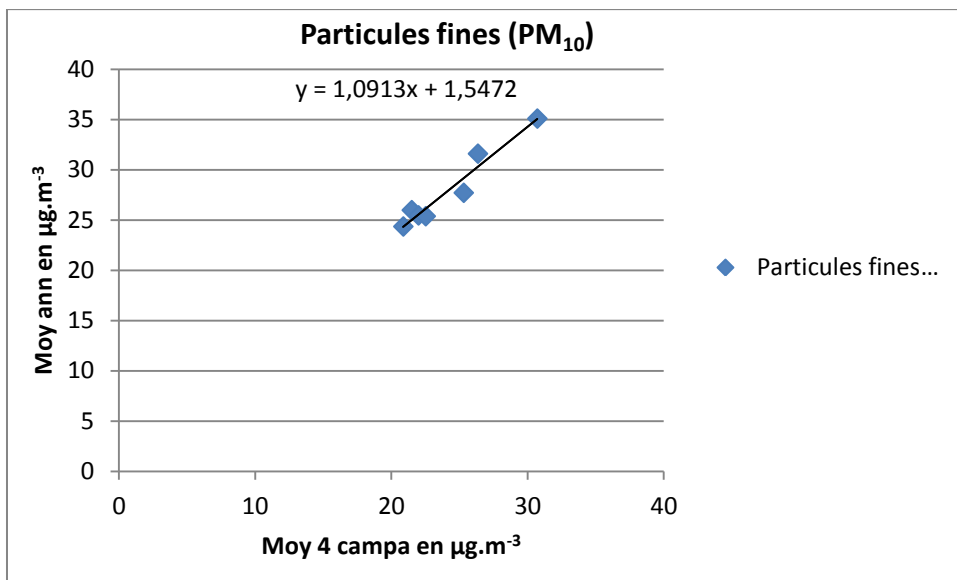
<sup>16</sup> HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (exemple de HAP : le benzo[a]pyrène)



## ANNEXE 7 : Redressement statistique des poussières

Pour une meilleure estimation de la moyenne annuelle, les moyennes sur 8 semaines de  $PM_{10}$ , ont été redressées à partir des données des stations de référence, sur le site d'étude du tram E à saint Egrève ( $+3 \mu\text{g.m}^{-3}$ ).

- ✓ Ajustement linéaire pour la correction des données  $PM_{10}$  sur le site **d'étude tram E** :
- ✓ **a** = 1,0913
- ✓ **b** = 1,5472
- ✓ **x** = 21 et **y** = 24



## ANNEXE 8 : NO<sub>2</sub> Résultats de modélisation complémentaires Décroissance des concentrations de NO<sub>2</sub> autour du tracé du futur tram E

