

# Étude de la qualité de l'air sur la colline de la Croix-Rousse

## Rapport de synthèse

2007-2008



*Novembre 2008*





# Résumé

---

En 2007, COPARLY a décidé d'intégrer spécifiquement la problématique des tunnels lyonnais à sa stratégie de surveillance de la qualité de l'air de l'agglomération lyonnaise.

En accord avec le Grand-Lyon, une première étude a été réalisée en 2007/2008, axée sur le tunnel traversant la colline de la Croix-Rousse, avec pour objectif de cartographier la pollution sur l'ensemble des quartiers d'habitation de la Croix-Rousse et de mettre en place une méthodologie transposable pour étudier d'autres tunnels de l'agglomération.

**Dans un premier temps**, cette méthodologie s'est appuyée sur des mesures sur la colline et à l'intérieur du tunnel de la Croix-Rousse.

Les campagnes de mesures se sont déroulées entre mai 2007 et janvier 2008, avec une première approche, basée sur l'utilisation de tubes passifs, apportant une connaissance sur la répartition spatiale de la pollution moyenne, et une deuxième approche, basée sur la mesure automatique avec des laboratoires mobiles, permettant d'étudier les variations temporelles des concentrations de plusieurs polluants.

79 polluants ont été ciblés : les polluants « classiques » réglementés, des Métaux Lourds, des Composés Organiques Volatils (COV, dont le Benzène et le 1,3-Butadiène et des composés chlorés), des Aldéhydes (dont le Formaldéhyde) et des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP, dont le Benzo(a)pyrène).

Pour les mesures avec les tubes passifs, 67 sites ont été utilisés pour couvrir l'ensemble de la zone de la Croix-Rousse, dont plus d'une vingtaine répondaient à des demandes spécifiques (de la part des Mairies et des associations de riverains,...).

Concernant les mesures temporelles avec les laboratoires mobiles, deux sites ont été choisis pour réaliser des campagnes de mesures sous les retombées potentielles des cheminées d'extraction du tunnel, dans l'enceinte de l'école Providence des Trinitaires (au pied de la cheminée n°1, du côté Saône) et dans la cour de l'IUFM-Sud (rue de la Tourette, non loin de la cheminée n°3, centrale). Un troisième laboratoire mobile a été implanté durant un an, spécifiquement pour l'étude, pour mesurer le fond urbain sur le plateau de la Croix-Rousse (dans une cour de l'IUFM-Nord, en face de la rue Philippe de la Salle).

Les résultats ont été comparés aux valeurs réglementaires et analysés pour faire un bilan de l'état de la qualité de l'air sur le secteur de la Croix-Rousse en 2007.

**Dans un second temps**, ces résultats ont servi à alimenter et valider un outil de modélisation de la qualité de l'air (modèle SIRANE), dont les améliorations techniques pour prendre en compte les contraintes liées au relief (vent, émissions,...) ont été confiées à l'Ecole Centrale de Lyon.

Les mesures combinées aux travaux de modélisation ont permis de réaliser des cartographies pour évaluer un état initial de la qualité de l'air pour 2007, en tous points de la Croix-Rousse, pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et les particules fines (PM<sub>10</sub>).

Le modèle SIRANE a également permis d'étudier deux scénarii prospectifs :

- 2013 « au fil de l'eau » tenant compte uniquement des évolutions attendues sur le parc roulant et sur la voirie dans la zone d'étude.
- 2013 « Tunnel rénové », tenant compte des évolutions attendues avec le projet de rénovation du tunnel de la Croix-Rousse.

Les résultats montrent notamment que le projet de rénovation du tunnel n'a pas d'impact négatif sur la qualité de l'air de la zone, mais également que certaines valeurs réglementaires ne seront *a priori* toujours pas respectées aux abords des zones d'entrée/sortie du tunnel, ni sur les grands axes de la Croix-Rousse.

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ZONE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>MATERIELS ET METHODE .....</b>	<b>10</b>
3.1	METHODOLOGIE POUR L'IMPLANTATION DES SITES .....	10
3.2	POLLUANTS MESURES .....	14
3.3	CALENDRIER DES CAMPAGNES.....	14
3.4	CALCUL DES EMISSIONS .....	14
3.5	MODELISATION.....	15
3.5.1	<i>Modélisation en têtes de tunnel et dans les cheminées du tunnel .....</i>	<i>15</i>
3.5.2	<i>Modélisation de l'impact du tunnel sur la pollution atmosphérique.....</i>	<i>15</i>
3.6	REPRESENTATIVITE DES MESURES .....	15
3.7	EVENEMENTS REMARQUABLES : FERMETURES DU TUNNEL .....	16
<b>4</b>	<b>SYNTHESE DES RESULTATS DE MESURES .....</b>	<b>17</b>
4.1	MESURES EN CONTINU ET PRELEVEMENTS EN AIR AMBIANT .....	17
4.1.1	<i>Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) .....</i>	<i>17</i>
4.1.2	<i>Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) .....</i>	<i>17</i>
4.1.3	<i>Particules fines (PM<sub>10</sub>) .....</i>	<i>18</i>
4.1.4	<i>Ozone (O<sub>3</sub>).....</i>	<i>19</i>
4.1.5	<i>Métaux Lourds (ML) .....</i>	<i>20</i>
4.1.6	<i>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).....</i>	<i>20</i>
4.1.7	<i>Composés Organiques Volatils (COV) .....</i>	<i>21</i>
4.2	MESURES DANS LE TUNNEL ET EN SORTIE DE CHEMINEE.....	22
4.3	RESULTATS CARTOGRAPHIQUES DES MESURES PAR TUBES PASSIFS .....	23
4.3.1	<i>Dioxyde d'azote.....</i>	<i>23</i>
4.3.2	<i>Benzène .....</i>	<i>23</i>
4.3.3	<i>Formaldéhyde .....</i>	<i>24</i>
4.3.4	<i>Tableau des valeurs mesurées par tubes passifs sur chaque site.....</i>	<i>28</i>
<b>5</b>	<b>SYNTHESE DES RESULTATS DE LA MODELISATION .....</b>	<b>30</b>
5.1	CARTOGRAPHIES DU QUARTIER EN 2007.....	30
5.2	TENDANCES A L'HORIZON 2013 : 2 SCENARII .....	30
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>38</b>

# 1 Contexte et objectifs de l'étude

L'étude de la qualité de l'air à Lyon ne peut s'envisager aujourd'hui sans prendre en compte la problématique des tunnels du centre ville. Ces axes de transit incontournables induisent en effet, de par leurs configurations spécifiques, des phénomènes complexes de concentration et de dispersion des émissions automobiles.

Par ailleurs, la demande d'information de la population sur la qualité de l'air est croissante et les riverains interrogent les autorités et les élus sur l'incidence environnementale de ces tunnels (pollutions sonore et atmosphérique).

Ces différents éléments ont amené COPARLY à intégrer cette spécificité lyonnaise dans la surveillance globale de la qualité de l'air.

Pour 2007, les travaux concernaient en priorité la colline de Croix-Rousse et l'étude programmée s'est appuyé dans un premier temps sur des mesures en air extérieur et à l'intérieur du tunnel de la Croix-Rousse.

Dans un second temps, les résultats ont servi à alimenter et valider un modèle de dispersion à l'échelle de la rue (SIRANE) dont les améliorations techniques pour prendre en compte les contraintes liées au relief (vent, émissions,...) ont été confiées à l'Ecole Centrale de Lyon. Ce modèle incluait également les résultats d'une autre étude de modélisation spécifique au tunnel, qui a été confiée à un bureau d'étude spécialisé (Fluid'Alp), pour quantifier la pollution émise dans l'environnement au niveau des entrées/sorties de tunnel et des cheminées d'extraction.

Au final, ces travaux combinant ainsi mesures et modélisation ont permis de cartographier la pollution atmosphérique sur l'ensemble de la colline de la Croix-Rousse.

Le modèle SIRANE amélioré a également été utilisé de manière prospective pour évaluer la qualité de l'air à l'horizon 2013.

Le présent rapport constitue une synthèse de l'étude, qui présente le bilan de la qualité de l'air, avec les principales valeurs de concentrations de polluants comparées aux stations de référence et aux valeurs réglementaires en vigueur, et les résultats de modélisation pour trois scénarii étudiés :

- 2007, état initial de référence
- 2013, « au fil de l'eau »
- 2013, avec le projet de rénovation du tunnel par le Grand-Lyon

Pour ceux qui le souhaitent, trois autres rapports sont disponibles sur Internet :

[www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org)

- le rapport complet et plus technique de l'étude de qualité de l'air, qui présente en détail le matériel et la méthodologie mis en œuvre par COPARLY pour cette étude, ainsi que toutes les analyses réalisées sur les résultats de mesures.
- deux rapports spécifiques, présentant le détail des méthodologies et résultats des travaux de modélisation, l'un rédigé par l'Ecole Centrale de Lyon et l'autre par Fluid'Alp.

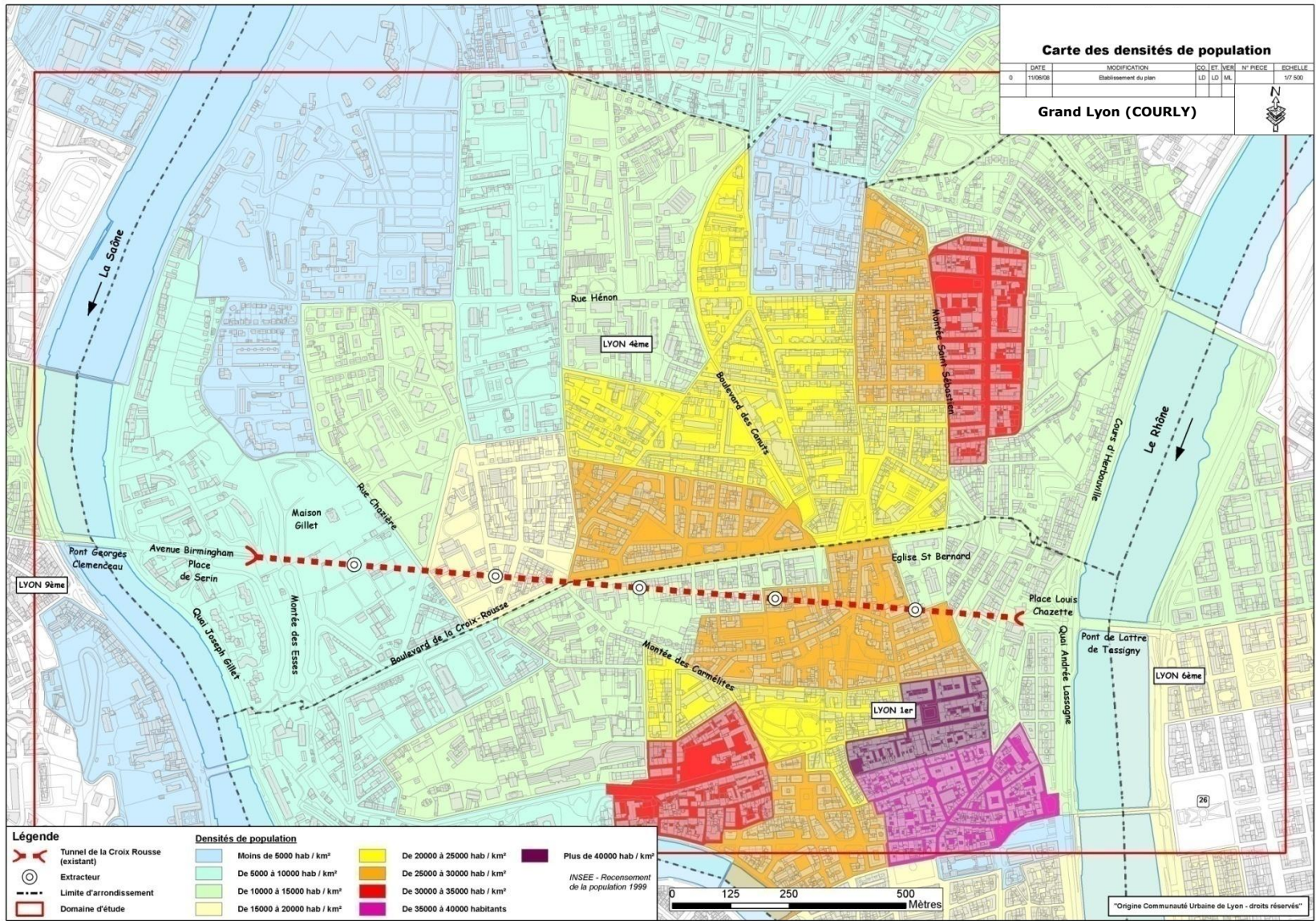
## 2 Zone géographique de l'étude

La situation géographique de l'agglomération lyonnaise avec plusieurs reliefs au nord et la présence au sud d'une zone d'activité industrielle importante, contribue à faire de Lyon une ville à l'atmosphère sensible. Même si les vents dominants sont majoritairement orientés sur l'axe nord-sud, les conditions de dispersion des polluants sont influencées par une topographie particulière, avec la présence du Rhône, de la Saône et de nombreuses collines (Croix-Rousse, Fourvière, Sainte-Foy, Côtière de l'Ain...).

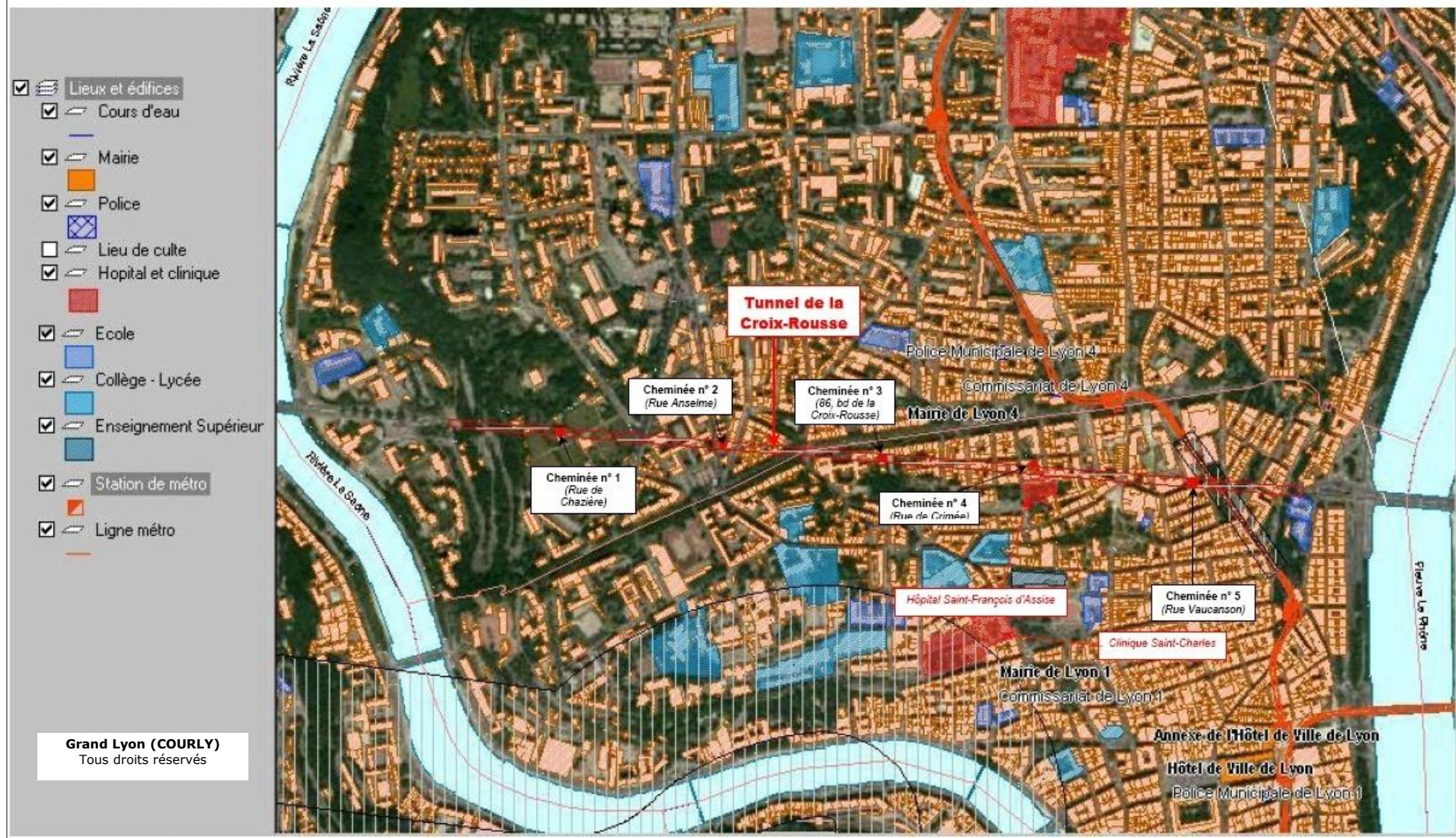
La Croix-Rousse est un quartier historique située au nord de la presqu'île de Lyon, bordée à l'est par le Rhône et à l'ouest par la Saône. L'altitude sur le plateau est en moyenne à 80 m au dessus du centre-ville. La densité de population y est importante (9 437 hab/km<sup>2</sup> en moyenne), légèrement supérieure à celle de Lyon (9 302 hab/km<sup>2</sup> en moyenne) et assez hétérogène (comprise entre 5 000 et 40 000 hab/km<sup>2</sup>). Le secteur ouest du quartier ainsi que les entrées/sorties du tunnel (les « têtes ») se caractérisent par des densités de population bien moindres que le reste de la zone d'étude.

Le tunnel de la Croix-Rousse traverse la colline de part en part, permettant une liaison directe entre le 9<sup>ème</sup> arrondissement (Vaise) et le 6<sup>ème</sup> arrondissement, sur un trajet rectiligne de 1752 m de long. L'accès se fait depuis les quais du Rhône ou les quais de Saône. Il se caractérise par un trafic routier sans poids-lourds, accueillant environ 50 000 véhicules par jour. Il possède cinq puits (ou « usines ») de ventilation équidistants, dont les cheminées ressortent sur le plateau à hauteur des toits d'immeubles.

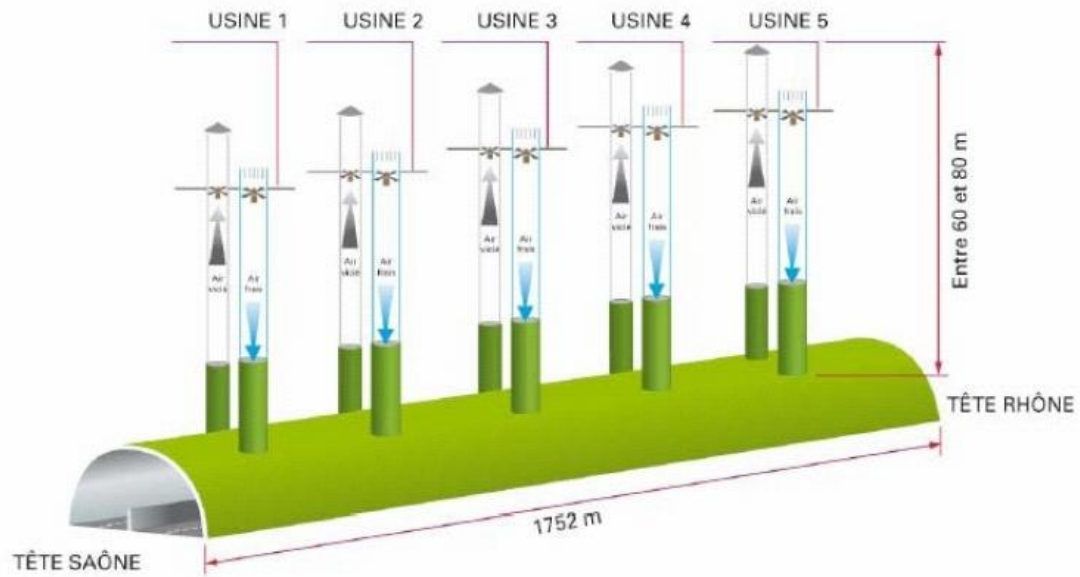
A noter que le Grand-Lyon prévoit une rénovation souterraine dans les prochaines années avec le percement d'un deuxième tube réservé exclusivement à la circulation des transports en commun et des modes « doux ».



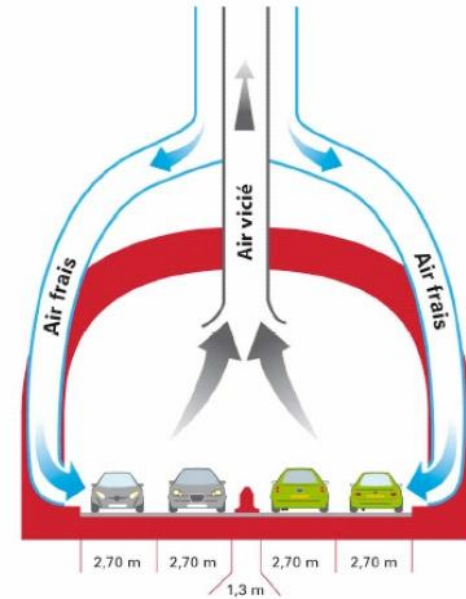
**TUNNEL DE LA CROIX-ROUSSE**  
 IMPLANTATION DES CHEMINEES DE VENTILATION – Représentation générale







**Tunnel de la Croix-Rousse  
(coupe longitudinale en perspective)**



**Trafic et aération dans le tunnel (Coupe transversale)**

## 3 Matériels et méthode

### 3.1 Méthodologie pour l'implantation des sites

La méthodologie adoptée pour cette étude s'appuie sur les travaux habituels de COPARLY pour étudier la qualité de l'air en zone urbaine, avec une approche spécifique pour évaluer l'impact du tunnel et valider les travaux de modélisation :

- Une première approche, basée sur l'utilisation de tubes passifs, apporte une connaissance sur la **répartition spatiale de la pollution moyenne** sur une période de plusieurs jours. Les tubes ont été répartis selon un quadrillage couvrant la zone concernée par l'étude. Les campagnes de mesures répétées sur différentes saisons ont permis une vision qualitative et quantitative des niveaux de polluants primaires (dioxyde d'azote, benzène, toluène, aldéhydes,...).
- Une deuxième approche, basée sur la mesure automatique avec des laboratoires mobiles, permet d'étudier les **variations temporelles** des concentrations de plusieurs polluants avec des mesures en continu (pas de temps horaires) ou bien avec des prélèvements (sur 24h ou 1 semaine).

Deux sites ont été choisis pour réaliser ces mesures, sous les retombées potentielles des cheminées d'extraction du tunnel (voir plan plus loin):

- « **Trinitaires** » : dans l'enceinte de l'Ecole Providence des Trinitaires, au pied de la cheminée n°1 (la plus proche de la tête côté Saône)

- « **IUFM\_Sud** » : dans l'enceinte de l'IUFM (côté sud - rue de la Tourette), au pied de la cheminée n°3 (cheminée centrale).

Les mesures et prélèvements ont été réalisés durant 8 semaines réparties sur 4 saisons en même temps que les campagnes de mesures par tubes passifs. Les résultats ont été comparés à d'autres stations fixes du réseau de surveillance de COPARLY, et notamment à la station de référence urbaine « Lyon Centre ».

Un troisième laboratoire mobile a été implanté de manière semi-fixe, spécifiquement pour l'étude, pour mesurer le fond urbain sur le plateau de la Croix-Rousse. Ce site de référence pour la zone d'étude (appelé « **IUFM\_Nord** ») est resté implanté pratiquement un an, comprenant les 8 semaines de l'étude.

Parallèlement à ces trois sites, des analyseurs d'oxydes d'azote (NO, NO<sub>2</sub>) et de monoxyde de carbone (CO) ont été installés dans un local technique pour effectuer des mesures dans le tunnel et dans l'une de ses cheminées.

Des appareils de mesure de vitesse et direction de vent ont également été installés dans le tunnel et sur les deux ponts en sortie de tunnel.

Les cartes suivantes présentent les emplacements des sites tubes, ceux des sites mobiles ainsi qu'une vue d'ensemble des stations fixes de référence du réseau de COPARLY.

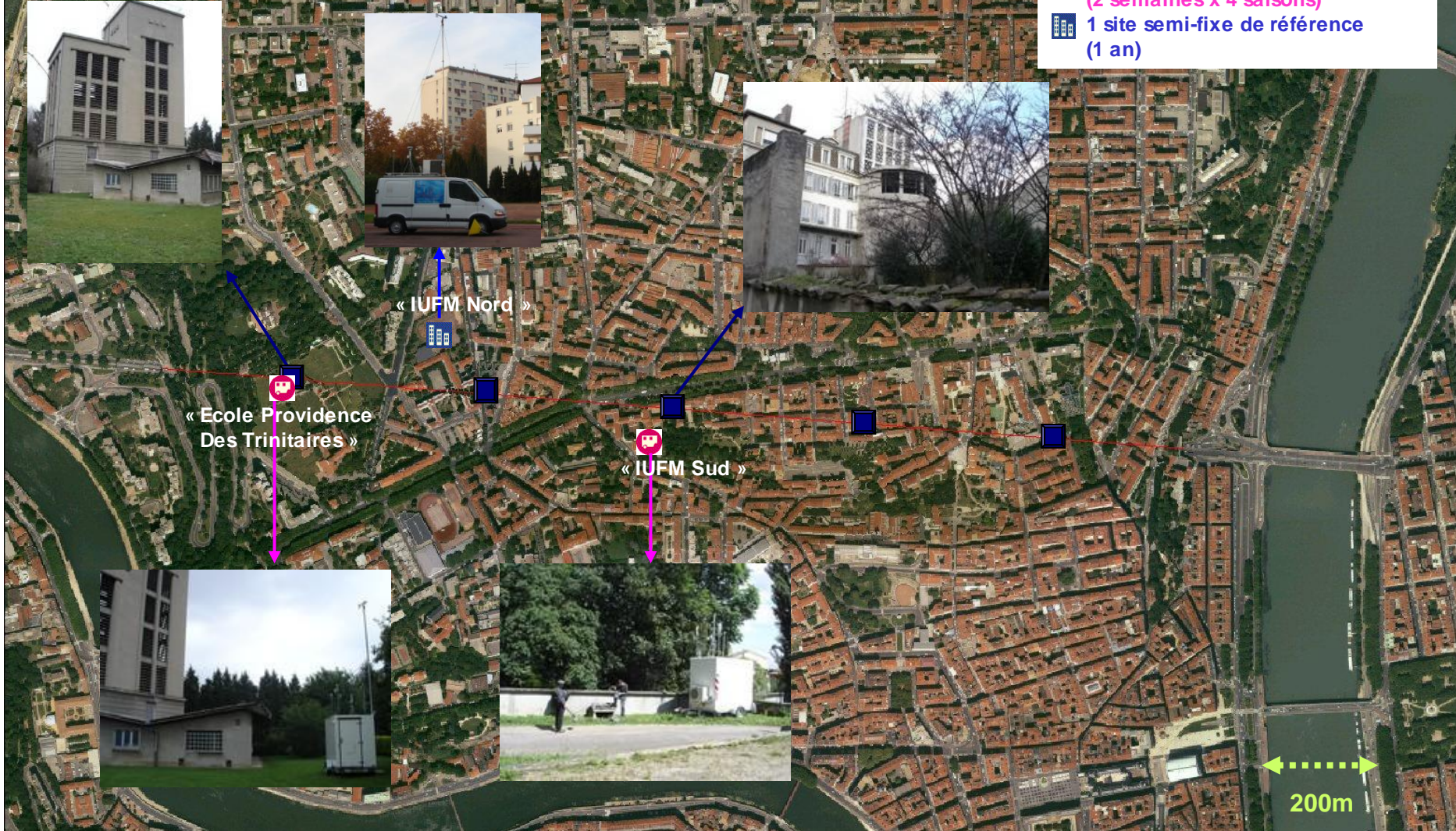
## SITES TUBES PASSIFS



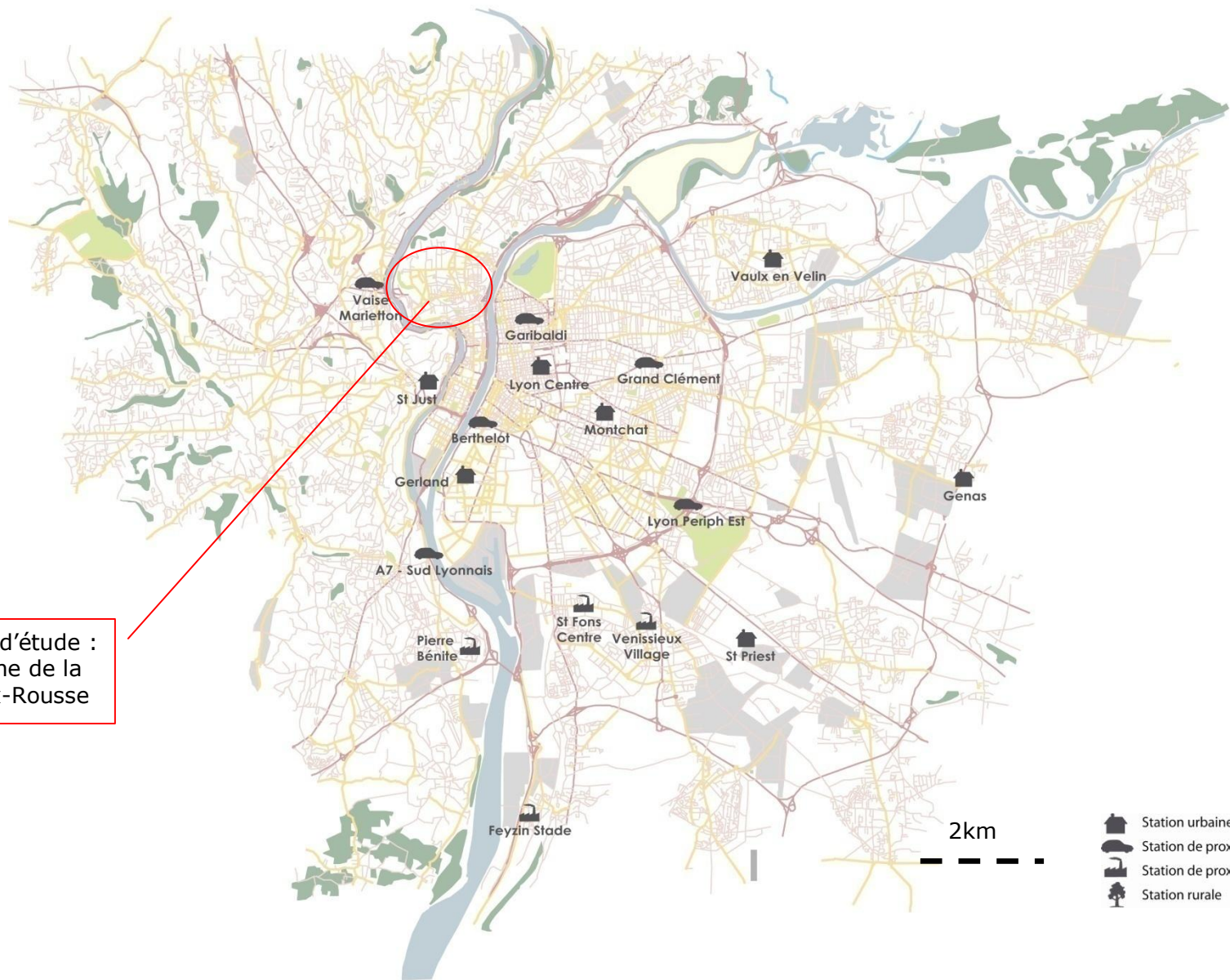
© Mappy

## SITES LABORATOIRES MOBILES

- 2 sites laboratoires mobiles (2 semaines x 4 saisons)
- 1 site semi-fixe de référence (1 an)



Zone d'étude :  
colline de la  
Croix-Rousse



**STATIONS FIXE DU RESEAU COPARLY (2007)**

### 3.2 Polluants mesurés

Les composés retenus pour cette étude ont été choisis en fonction de la réglementation et des émissions potentielles du trafic automobile.

#### 79 polluants mesurés

- ✓ **6** polluants « classiques », dont la plupart sont réglementés : NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, CO et Ozone.
- ✓ **6** Métaux Lourds (ML): Arsenic, Cadmium, Nickel, Plomb, Chrome et Zinc
- ✓ **7** Aldéhydes (ALD), dont le Formaldéhyde
- ✓ **19** Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), dont le Benzo(a)pyrène
- ✓ **41** autres Composés Organiques Volatils (COV):
  - 31 précurseurs de l'ozone, dont le Benzène et le 1,3-Butadiène
  - + 10 composés chlorés

*Plusieurs de ces polluants ont une toxicité reconnue par les différents organismes de santé publique.*

Les concentrations de ces composés ont été comparées aux normes actuellement en vigueur dans l'Union Européenne.

### 3.3 Calendrier des campagnes

Dans la mesure du possible, les prélèvements ont été réalisés **simultanément sur les deux sites mobiles**, afin de permettre une meilleure étude des corrélations et la comparaison des mesures entre elles.

Le calendrier des campagnes s'est étalé entre 2007 et 2008 :

- 1<sup>ère</sup> campagne (Printemps) : du 21 mai au 4 juin 2007
- 2<sup>ème</sup> campagne (Eté) : du 21 août au 4 septembre 2007
- 3<sup>ème</sup> campagne (Automne) : du 7 novembre au 21 novembre 2007
- 4<sup>ème</sup> campagne (Hiver) : du 9 janvier au 23 janvier 2008

### 3.4 Calcul des émissions

L'un des éléments fondamentaux nécessaire pour évaluer l'incidence d'une source de pollution sur l'environnement est la caractérisation précise de ses émissions. Dans ce domaine, COPARLY travaille depuis 2000 sur la réalisation d'un inventaire spatialisé des émissions sur le département du Rhône et la Côte-d'Azur de l'Ain. Les collaborations mises en place à ce titre avec des organismes spécialisés dans le transport et la pollution automobile permettent une évaluation précise des émissions des tunnels et la réalisation d'un cadastre fin.

Le modèle d'émissions développé dans le cadre de cette étude est fondé sur des données de trafic ainsi que la composition du parc roulant. Le modèle intègre aussi les phénomènes de surémissions à froid lors des démarrages. La problématique des surémissions liées aux pentes des voies de circulation est prise en compte pour décrire finement les émissions de la zone d'étude.

Le calcul des émissions prend en compte les données de trafic les plus récentes et un parc roulant représentatif de l'année 2007. Un état prospectif à l'horizon 2013 a été calculé à partir de données de trafic prévues à cette échéance (fournies par le Grand

Lyon) et d'une estimation du parc roulant (données nationales ADEME). A noter que le scénario 2013 étudié intègre la construction du pont Schuman et le développement du quartier de Vaise. Ces données d'émissions ont servi à alimenter les modélisations décrites ci-après.

## 3.5 Modélisation

### 3.5.1 Modélisation en têtes de tunnel et dans les cheminées du tunnel

La modélisation des quantités de polluant émises par les têtes de tunnel et par les cheminées d'aération a été effectuée dans le cadre d'une collaboration avec un bureau d'étude (FLUID'ALP) spécialisé dans la modélisation des écoulements en tunnel en fonction des différents régimes de ventilation.

Les résultats de ces travaux ont été intégrés dans le modèle SIRANE pour étudier l'impact du tunnel et sont détaillés dans un rapport spécifique (disponible sur le site Internet de COPARLY : <http://www.atmo-rhonealpes.org>).

### 3.5.2 Modélisation de l'impact du tunnel sur la pollution atmosphérique

Depuis 2001, dans le cadre d'une collaboration avec le Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) de l'Ecole Centrale de Lyon, le modèle SIRANE de dispersion de la pollution atmosphérique à l'échelle d'un quartier a été développé et appliqué à une partie de l'agglomération de Lyon. Ce modèle fournit la concentration dans chaque rue d'un quartier, en tenant compte des différentes sources de polluants. Il est aujourd'hui opérationnel avec un fonctionnement en temps réel pour la partie plane de l'agglomération. Les résultats sont calculés heure par heure et diffusés sur le site Internet de COPARLY. (<http://www.atmo-rhonealpes.org> → « Lyon en direct »).

Dans le cadre de cette étude, le LMFA a développé les améliorations nécessaires au modèle SIRANE, afin de prendre en compte les zones de relief et d'appliquer le modèle pour étudier l'impact sur la qualité de l'air du tunnel de la Croix-Rousse.

A partir de cette modélisation, trois états de qualité de l'air ont pu être calculés :

Un état de base en 2007 et deux états prospectifs pour l'horizon 2013, s'appuyant sur deux scénarii :

- l'un appelé « 2013, au fil de l'eau », prenant en compte uniquement les émissions estimées du parc roulant et des modifications de voirie pour 2013.
- l'autre appelé « 2013, tunnel rénové », tenant compte des évolutions attendues avec le projet de rénovation du tunnel de la Croix-Rousse prévu par le Grand Lyon.

## 3.6 Représentativité des mesures

- Les taux de représentativité des mesures en continu ont été nettement supérieurs à l'objectif de 14% fixé par la Directive Européenne, ce qui permet donc une **bonne comparaison des valeurs mesurées vis-à-vis des valeurs réglementaires**.
- Le nombre de prélèvements réalisés sur chacun des sites a bien été **conforme aux objectifs visés pour cette étude** et à la Directive 2004/107/CE (taux de représentativité entre 6% et 14%).
- Vis-à-vis des conditions météorologiques, même si les 4 saisons ont connu des situations de vents assez différentes et des conditions climatiques pas toujours proches des normales saisonnières, la représentativité des mesures sur l'ensemble des 8 semaines a été suffisamment satisfaisante pour comparer les calculs de moyennes par rapport à l'année complète.

### 3.7 Evènements remarquables : fermetures du tunnel

Ci-dessous la liste de dates de fermeture du tunnel (fournie par le Service de gestion des tunnels de la Direction de la Voirie du Grand Lyon) :

- du 14/05/07 22h au 15/05/07 6h : fermeture totale pour travaux d'entretien
- du 15/05/07 22h au 16/05/07 6h : fermeture totale pour travaux d'entretien
- du 25/06/07 22h au 26/06/07 6h : fermeture totale pour travaux d'entretien
- du 26/06/07 22h au 27/06/07 6h : fermeture totale pour travaux d'entretien
- le 21/06/07 fermeture totale pendant 36h à partir de 11h (panne ventilation)
- du 18/07/07 22h au 19/07/07 6h : fermeture totale pour travaux d'entretien
- du 30/07/07 22h au 31/07/07 6h : fermeture totale pour travaux d'entretien
- le 02/08/07 de 9h54 à 11h07 : fermeture sens Rhône > Saône pour accident
- **du 30/08/07 au 29/09/07** : fermeture totale pour panne moteur
- du 2/11/07 21h au 3/11/07 22h : fermeture totale pour travaux maintenance
- du 26/11/07 22h au 27/11/07 6h : fermeture totale pour d'entretien
- du 27/11/07 22h au 28/11/07 6h : fermeture totale pour d'entretien
- du 3/12/07 22h au 3/12/07 6h : fermeture totale pour exercice sécurité
- le 5/11/07 de 22h34 à 0h50 : fermeture sens Rhône > Saône pour accident
- les 17, 18, 19, 20, 24 et 25 décembre 2007 de 5h à 7h : fermeture totale pour enlèvement de stalactites.
- les nuits du 7 au 10 janvier 2008 de 22h à 6h : fermeture totale pour relevé topographique
- les nuits du 21 au 24 janvier 2008 de 22h à 6h : fermeture totale pour relevé topographique

**Le tunnel de la Croix-Rousse a été totalement fermé du 30/08/07 au 29/09/07,** durant la deuxième semaine de la campagne d'été (campagne 2b).

Ceci a eu un effet observable, notamment sur les mesures par tubes passifs du dioxyde d'azote, avec une baisse significative des niveaux sur les sites les plus proches des accès au tunnel, mais aussi sur l'ensemble de la zone de la Croix-Rousse.

Sur la colline de la Croix-Rousse, les trois sites de mesure en continu ont également observé une légère baisse en oxydes d'azote et particules PM<sub>10</sub>.

De même, une baisse des niveaux de concentrations en oxydes d'azote a également été observée pour la même période sur les autres stations de référence de l'agglomération lyonnaise.

En revanche, aucun effet notable n'a été constaté durant cette période sur les niveaux des autres polluants mesurés par prélèvements (Métaux lourds, HAP, COV) sur la Croix-Rousse.

Au final, cette baisse semble donc plus en relation avec les conditions climatiques de cette fin de saison estivale, que du fait de la fermeture du tunnel.

Néanmoins, **il a été décidé de ne pas prendre en compte la semaine de mesure en question (campagne 2b) pour le calcul des moyennes annuelles des polluants mesurés avec les analyseurs et les tubes passifs**, afin que cet incident à caractère exceptionnel n'influence pas les résultats de l'étude.

A noter que, sur les analyseurs des stations fixes, la moyenne calculée sur 7 semaines (au lieu de 8 semaines) se rapproche ainsi de la moyenne réelle annuelle. L'écart entre les deux moyennes devient alors globalement inférieur à 10%.

Pour les polluants mesurés par prélèvements (sur 24h ou 7 jours), la moyenne sur 8 semaines a été conservée, pour ne pas réduire le taux de représentativité et car la différence entre la moyenne sur 7 ou 8 semaines est très faible.

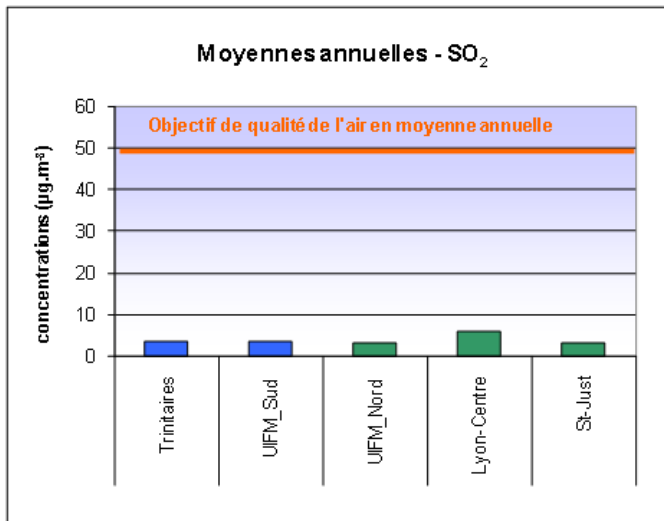
*NB : Voir le rapport technique pour plus de détails.*



## 4 Synthèse des résultats de mesures

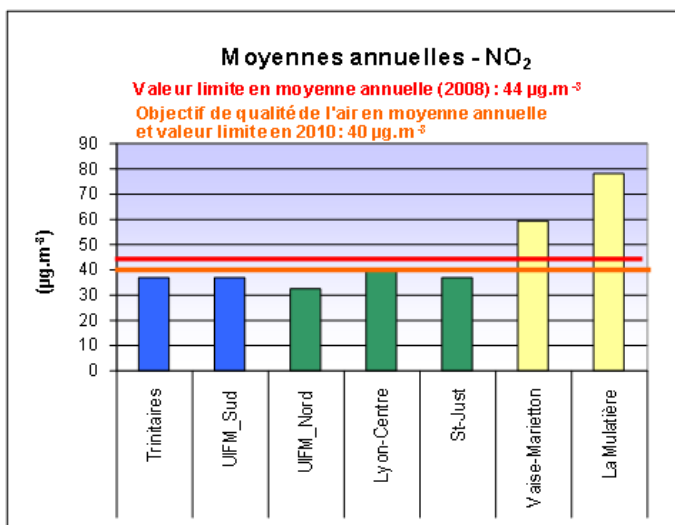
### 4.1 Mesures en continu et prélèvements en air ambiant

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

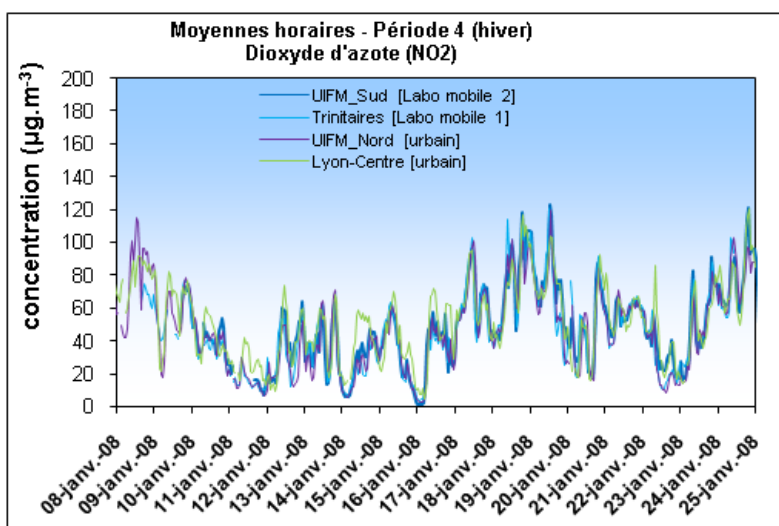


- Les concentrations en SO<sub>2</sub> à la Croix-Rousse sont très faibles.
- sur les quatre périodes de mesure, les niveaux ont été inférieurs à toutes les valeurs réglementaires et il n'y a eu aucune valeur horaire significativement élevée.

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

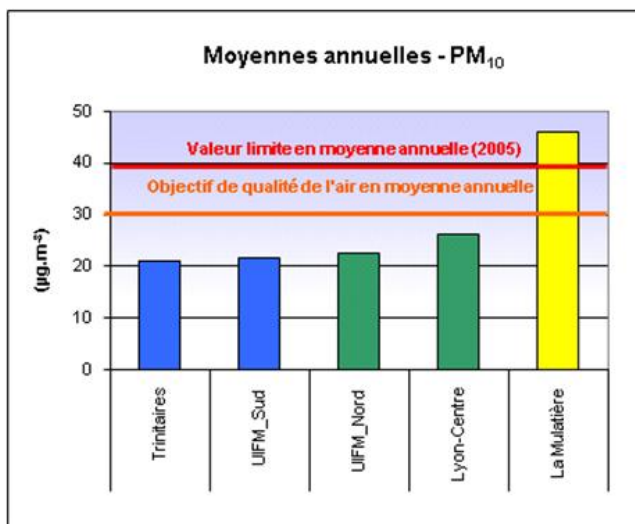


- Les niveaux de fond sur la colline de la Croix-Rousse sont équivalents au fond urbain de l'agglomération lyonnaise et la variation des concentrations horaires est bien corrélée avec les heures de pointe du trafic (matin et soir).
- Les moyennes annuelles mesurées sur la Croix-Rousse ont été proches de la valeur 40 µg.m<sup>-3</sup> (Objectif de qualité de l'air et valeur limite en 2010), sans toutefois la dépasser.
- A noter que les valeurs réglementaires pour le NO<sub>2</sub> ne sont pas respectées sur des stations du réseau fixe situées en proximité automobile comme « Vaise-Marietton » ou « La Mulatière ».

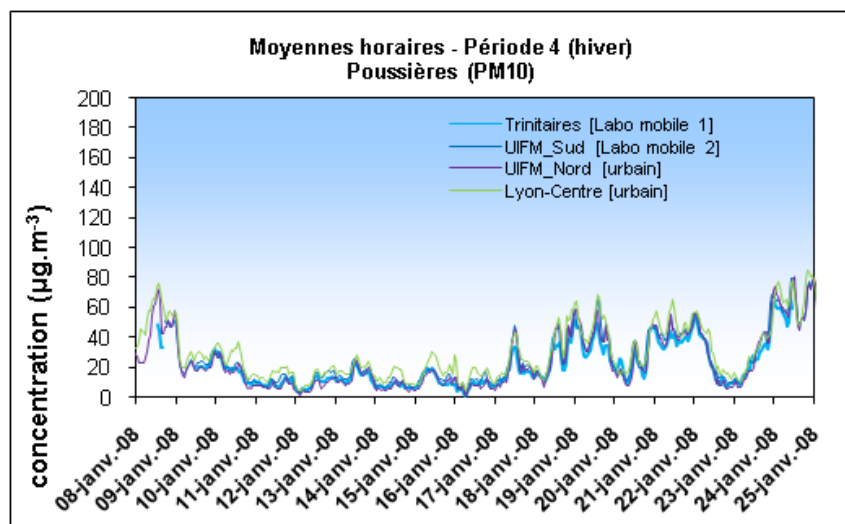


- Durant la campagne d'automne, des niveaux plus importants ont été observés en moyenne horaire sur le site des « Trinitaires », jusqu'à approcher le seuil d'information de  $200 \mu\text{g.m}^{-3}$ . L'origine de ces concentrations semble très locale, puisque ces hausses n'ont pas été observées sur le site de référence « UIFM\_Nord », situé à quelques centaines de mètres à vol d'oiseau. Par contre, aucune hausse significative n'a été observée pour les mesures des autres polluants sur cette même période. Par conséquent, aucun lien direct être n'a pu être établi avec les émissions automobiles liées aux éventuels rejets de la cheminée du tunnel à proximité du site. En revanche, l'hypothèse d'une source localisée dans l'enceinte de l'établissement n'est pas exclue (tondeuse à gazon, échappement de voiture ou camion à proximité du site,...). A noter enfin que, malgré ces pointes horaires en automne, la moyenne annuelle sur ce site reste tout à fait comparable aux moyennes des deux autres sites implantés sur la Croix-Rousse.

#### 4.1.3 Particules fines (PM<sub>10</sub>)



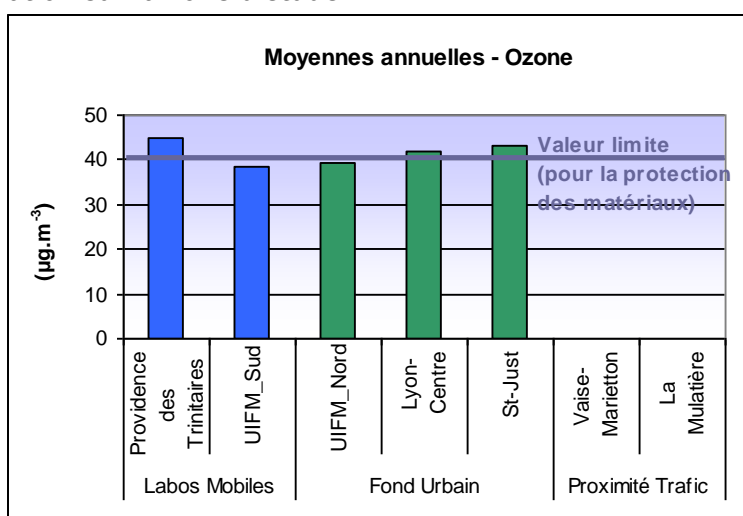
- Les niveaux en particules à la Croix-Rousse ont été légèrement inférieurs aux niveaux mesurés sur le site de fond urbain « Lyon-Centre » et deux fois moins élevés que sur le site de « La Mulatière » en proximité de l'autoroute A7.
- En moyenne annuelle, les niveaux mesurés en fond urbain avec les laboratoires mobiles sur la Croix-Rousse et sur des sites fixes urbains de l'agglomération lyonnaise ne dépassent ni la valeur limite ( $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ ), ni l'objectif de qualité de l'air ( $30 \mu\text{g.m}^{-3}$ ).
- En revanche, ces valeurs sont dépassées sur le site de « La Mulatière » en proximité trafic.



- A noter qu'en période hivernale, quelques valeurs horaires ont pu atteindre jusqu'à  $140 \mu\text{g.m}^{-3}$ , mais sans lien apparent avec les rejets des cheminées du tunnel.
- En moyenne journalières, la valeur limite de  $50 \mu\text{g.m}^{-3}$  n'a été dépassée que 2 fois sur l'ensemble des 4 campagnes de mesures. En revanche, sur le site UIFM\_Nord, implanté sur une année complète comme site de référence pour la mesure en fond urbain, cette valeur limite a été dépassée plus de 35 jours dans l'année (seuil européen à respecter). Or, des calculs statistiques montrent qu'il y a une forte probabilité pour cette valeur soit également dépassée sur les deux autres sites sondés à la Croix-Rousse si les mesures avaient duré une année complète.
- L'origine de ces niveaux est vraisemblablement liée à la densité du trafic automobile sur le plateau de la Croix-Rousse.

#### 4.1.4 Ozone ( $\text{O}_3$ )

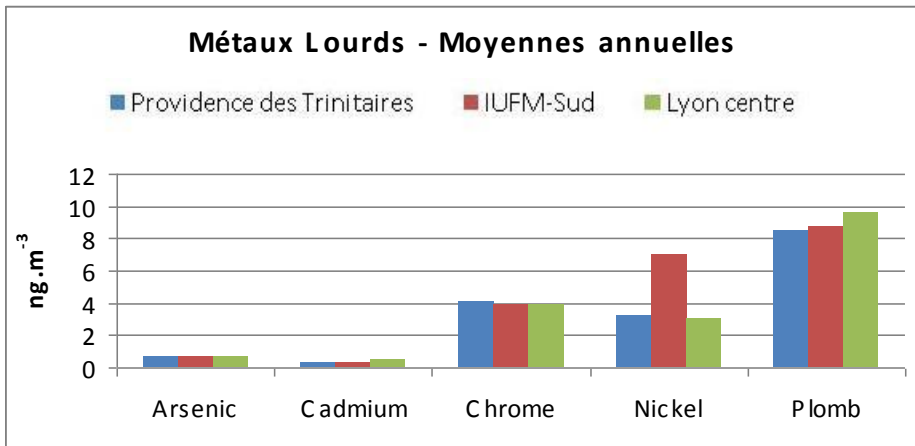
- L'ozone est un polluant dit secondaire car il n'est pas émis directement par les activités humaines. Sous l'effet du rayonnement solaire, il est formé à partir d'un cycle complexe de réactions chimiques, mettant en jeu principalement les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) et les composés organiques volatils (COV : hydrocarbures, solvants...). Les mesures d'ozone dans le cadre de cette étude ont été réalisées essentiellement à titre d'information sur la zone d'étude.



- Les niveaux d'ozone observés sur la zone de la Croix-Rousse sont comparables aux niveaux de fond urbain. Aucun événement particulier n'est à signaler sur la mesure de ce polluant pour cette étude.

- Même si les moyennes annuelles et maxima journaliers dépassent les valeurs limites pour la protection des matériaux et de la végétation, les niveaux mesurés sur la zone d'étude pour l'ensemble des quatre périodes de mesure n'ont pas dépassé les valeurs réglementaires pour la santé humaine. Ceci s'explique principalement par un été 2007 assez pluvieux et ayant connu très peu de périodes avec de fortes chaleurs.

#### 4.1.5 Métaux Lourds (ML)

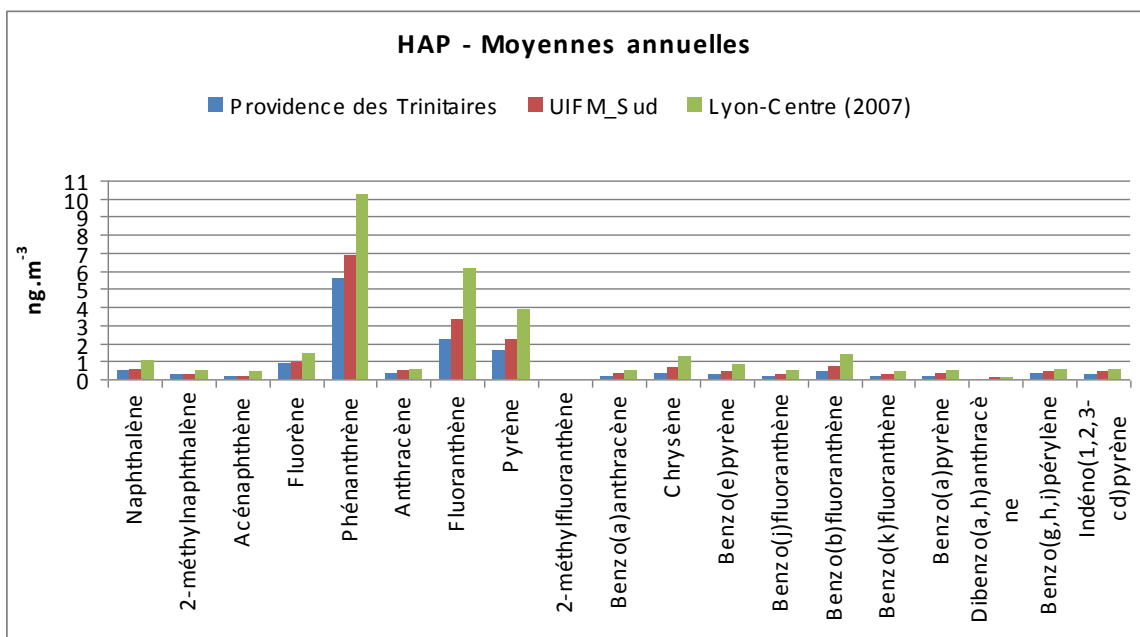


#### Valeurs cibles (2012)

Arsenic : 5 ng.m<sup>-3</sup>  
 Cadmium : 6 ng.m<sup>-3</sup>  
 Nickel : 20 ng.m<sup>-3</sup>  
 Plomb : 250 ng.m<sup>-3</sup>

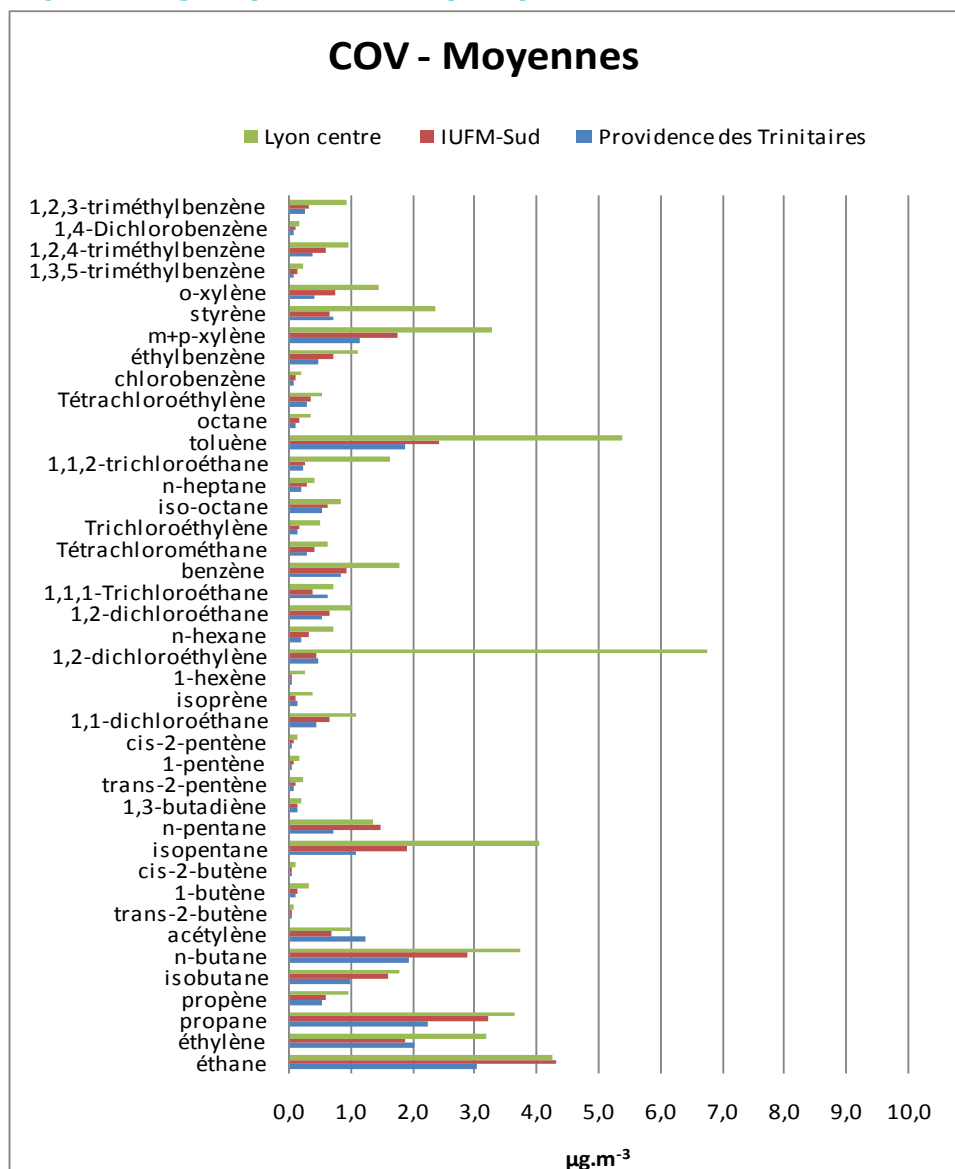
- Aucun dépassement des normes en vigueur n'a été observé pour les métaux lourds réglementés (Nickel, Cadmium, Arsenic et Plomb) sur la période de mesure.
- Aucune valeur notable n'est apparue non plus pour le Chrome et le Zinc.
- Les niveaux moyens ont été homogènes sur les deux sites sondés
- A signaler qu'une valeur nettement plus élevée que les autres en Nickel a été observée, mais uniquement sur le site « IUFM\_Sud » et sur un seul prélèvement (valeur de 27,9 ng.m<sup>-3</sup> en moyenne sur 7 jours). La source à l'origine de cette valeur n'a pas été identifiée, mais les autres prélèvements ou mesures réalisés durant cette période n'ont pas montré de hausses significatives de concentrations permettant de suspecter les rejets de la cheminée du tunnel à proximité.

#### 4.1.6 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)



- Aucun dépassement des normes en vigueur n'a été observé pour le benzo(a)pyrène sur la période de mesure (valeur cible en 2012 : 1 ng.m<sup>-3</sup> en moyenne annuelle).
- Les niveaux moyens ont été homogènes sur les deux sites sondés.

#### 4.1.7 Composés Organiques Volatils (COV)



Valeurs de référence en µg.m <sup>-3</sup>	Long terme		Moyen et court terme	
	1 an	7j	7j	24h
<b>Benzène</b>	5 - 2			
<b>1,3-Butadiène</b>	2,25			
<b>Dichlorométhane</b>			450	3000
<b>1,2-Dichloroéthane</b>				700
<b>Tétrachloroéthylène</b>	250			
<b>Toluène</b>			260	

Valeur limite

Objectif de qualité de l'air

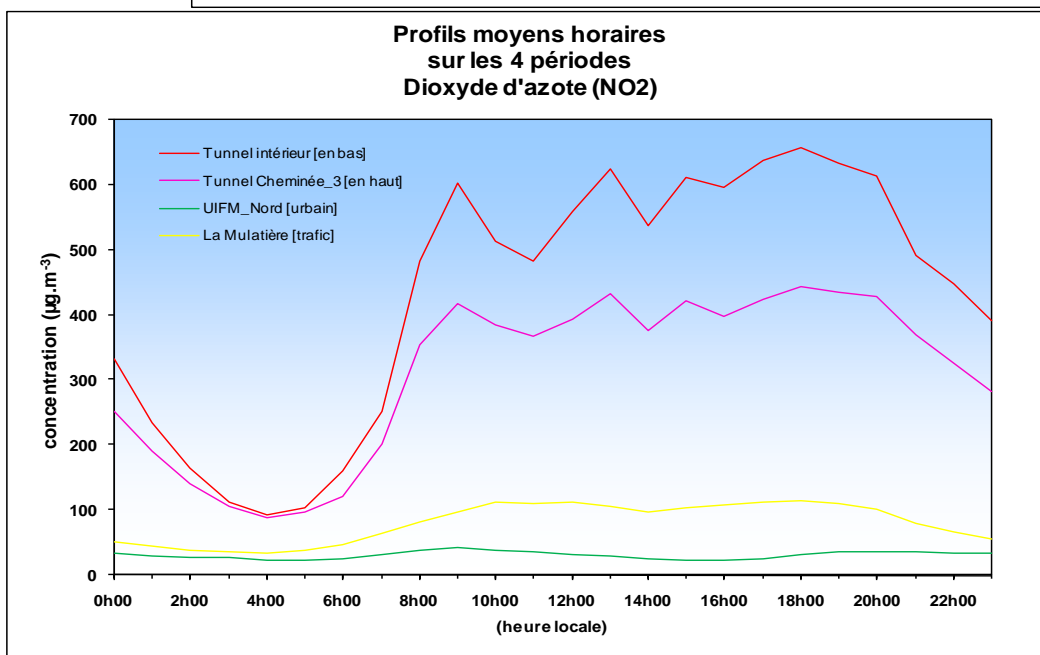
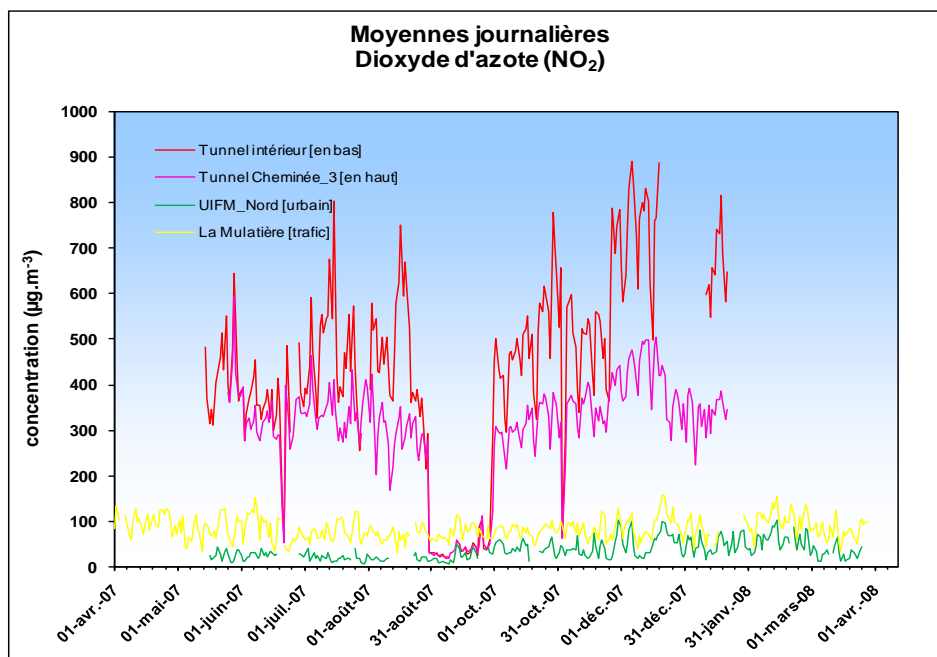
Valeur guide (OMS)

- Parmi les 41 COV mesurés, seuls 6 composés possèdent des valeurs de référence (valeurs réglementaires ou valeurs guides). Aucun dépassement n'a été observé sur la période de mesure.
- Pour les autres composés, les valeurs sont globalement inférieures ou égales aux niveaux observés en milieu urbain sur le site de « Lyon-Centre ».

## 4.2 Mesures dans le tunnel et en sortie de cheminée

Le conduit de la cheminée 3, située au milieu du tracé du tunnel, a été équipé avec des analyseurs de NO<sub>x</sub> et de CO pour réaliser des mesures dans le tunnel (en bas) et en sortie d'extracteur (en haut). Ces mesures ont servi à la modélisation des émissions dans le tunnel.

- Les niveaux en NO<sub>2</sub> dans le tunnel ont été globalement 13 fois supérieurs au niveau de fond urbain et 5 fois supérieurs aux niveaux rencontrés à proximité du trafic autoroutier.
- Les concentrations en sortie d'extraction de cheminée ont été légèrement inférieures à celles mesurées dans le tunnel, tout en restant du même ordre de grandeur : supérieurs d'un facteur 10 aux niveaux de fond urbain et d'un facteur 4 aux niveaux de proximité trafic.
- Le graphe ci-dessous montre que les niveaux ont baissé rapidement vers des valeurs proches de l'air ambiant lors des longues périodes de fermeture du tunnel (le 21/06/07 durant 36h, du 30/08/07 au 29/09/07 et du 2/11/07 21h au 3/11/07 22h).



Le profil moyen horaire du NO<sub>2</sub> montre 3 pics liés au trafic (matin, midi et soir) :

- Le même type de commentaire peut être fait pour les mesures de CO.
- Malgré ces niveaux élevés dans le tunnel et en sortie de cheminée, les mesures réalisées sur les deux sites à proximité des cheminées n°1 (Trinitaires) et n°3 (IUFM\_Sud) n'ont relevé aucune concentration de cet ordre de grandeur. Les polluants semblent se disperser rapidement sous l'effet du vent en sortie de la cheminée d'extraction, dont la vitesse d'éjection est quasi nulle la plupart du temps (sauf en cas de ventilation forcée).

**Aucune influence directe des cheminées n'a donc pu être mise en évidence avec les mesures réalisées dans le cadre de cette étude.**

### 4.3 Résultats cartographiques des mesures par tubes passifs

Les 3 cartes géo-référencées qui suivent présentent les concentrations en moyenne annuelle (moyenne sur 7 semaines) pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), le benzène et le formaldéhyde. Pour la première, le fond de carte inclue également le calcul des émissions en oxydes d'azote (NOx) sur chaque artère de trafic de la zone d'étude.

Le tableau des valeurs de ces moyennes annuelles est présenté après les cartes, pour chaque point de mesure (avec leur adresse).

#### 4.3.1 Dioxyde d'azote

- Les moyennes en dioxyde d'azote sur 7 semaines de mesure sont comprises entre 31 µg.m<sup>-3</sup> et 97 µg.m<sup>-3</sup>.
- Les valeurs les plus élevées ont été mesurées sur les deux sites placés directement aux têtes de tunnel, côté Rhône et côté Saône. En s'éloignant de ces deux points extrêmes (avenue Birmingham, place Chazette,...), les niveaux baissent rapidement et sensiblement (de -20% à -50%), mais dépassent tout de même l'objectif de qualité l'air (fixé à 40 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne annuelle) et même sur certains points la valeur limite (46 µg.m<sup>-3</sup> pour 2007 ; 44 µg.m<sup>-3</sup> pour 2008 ; et 40 µg.m<sup>-3</sup> en 2010). A proximité des autres axes routiers, les moyennes dépassent également l'objectif de qualité de l'air.
- Sur les sites plus éloignés des axes principaux, représentatifs du fond urbain du quartier de la Croix Rousse, les moyennes sont comprises entre 30 µg.m<sup>-3</sup> et 50 µg.m<sup>-3</sup>. Les niveaux sont plus élevés sur la moitié Est de la zone d'étude que sur la moitié Ouest, en lien avec les densités de population respectives de chacune des zones.
- Les mesures réalisées à proximité des cheminées montrent des moyennes comparables aux niveaux de fond urbain du secteur. Elles ne portent pas de signature particulière pouvant être liée aux émissions de ventilation du tunnel.

#### 4.3.2 Benzène

- Concernant le **benzène** les moyennes sur 7 semaines de mesure sont comprises entre 1,2 µg.m<sup>-3</sup> et 3,2 µg.m<sup>-3</sup>. Les valeurs aux deux têtes de tunnel sont parmi les plus élevées, mais avec d'autres points, le plus souvent situés sur des axes avec une forte pente ou une circulation importante. A proximité des autres axes routiers, les niveaux baissent légèrement, mais sont parfois supérieurs ou très proche de l'objectif de qualité de l'air (fixé à 2 µg.m<sup>-3</sup>).
- Sur les autres sites représentatifs du fond urbain du quartier de la Croix Rousse, les moyennes sont inférieures à 2 µg.m<sup>-3</sup>.

- Les moyennes à proximité des cheminées sont comparables au fond urbain et ne portent pas la signature des émissions routières liées au tunnel. Les deux moyennes plus élevées à proximité de la cheminée d'extraction n°5 peuvent s'expliquer par le fait que ces deux sites sont dans les pentes de la Croix-Rousse (pouvant entraîner des surémissions de Benzène liées au trafic local).

#### 4.3.3 Formaldéhyde

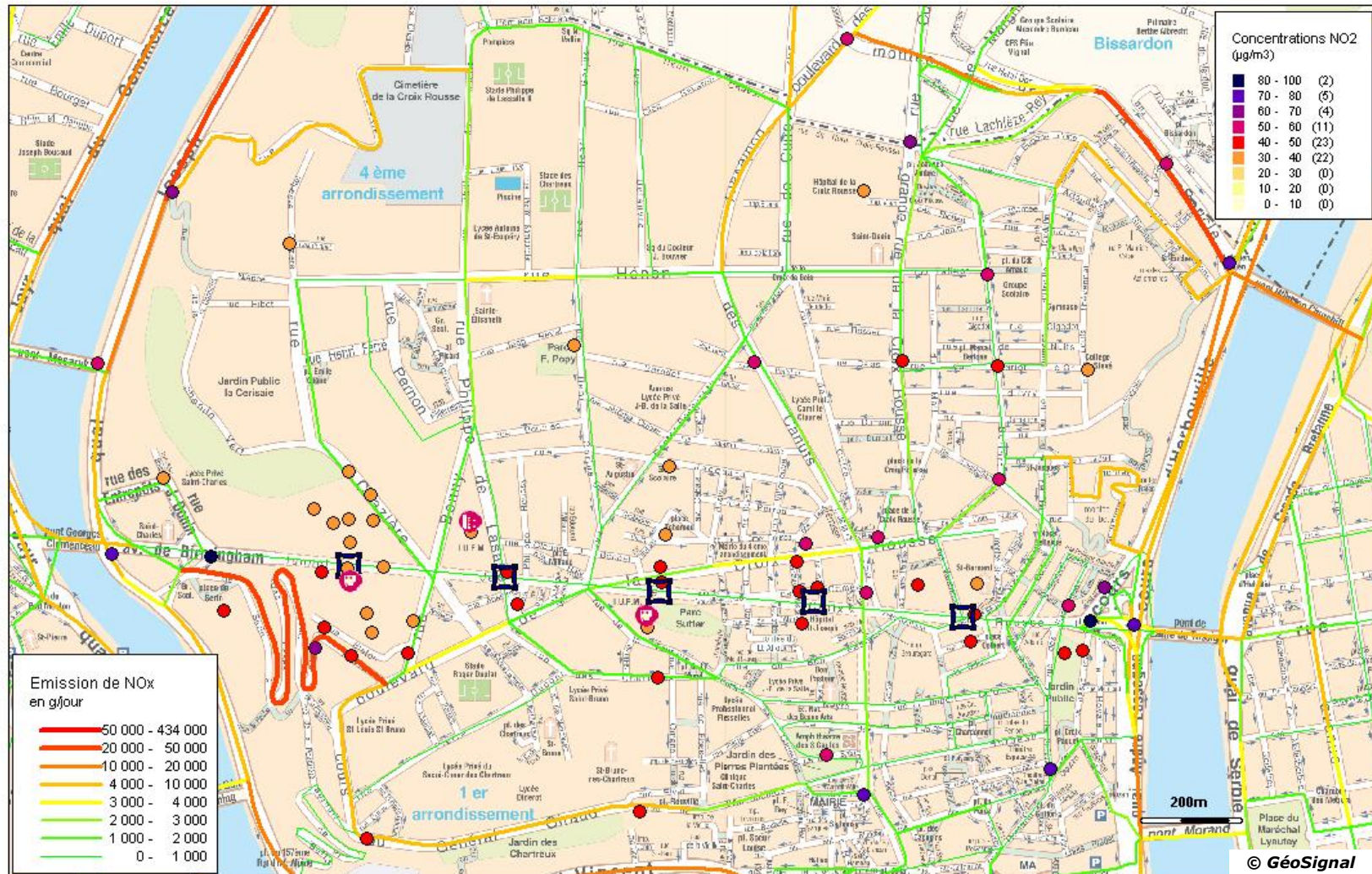
- Pour le **formaldéhyde**, les moyennes sont homogènes et comprises entre  $2 \mu\text{g.m}^{-3}$  et  $4 \mu\text{g.m}^{-3}$  sur l'ensemble des 20 sites de mesures.
- Elles sont inférieures à la valeur guide de l'AFSSET pour l'air intérieur, fixée à  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$  en moyenne annuelle (valeur la plus haute de l'échelle des concentrations sur la carte)<sup>1</sup>.
- A noter que cette valeur guide a été prise comme référence car il n'existe pas de valeur réglementaire en air ambiant.

---

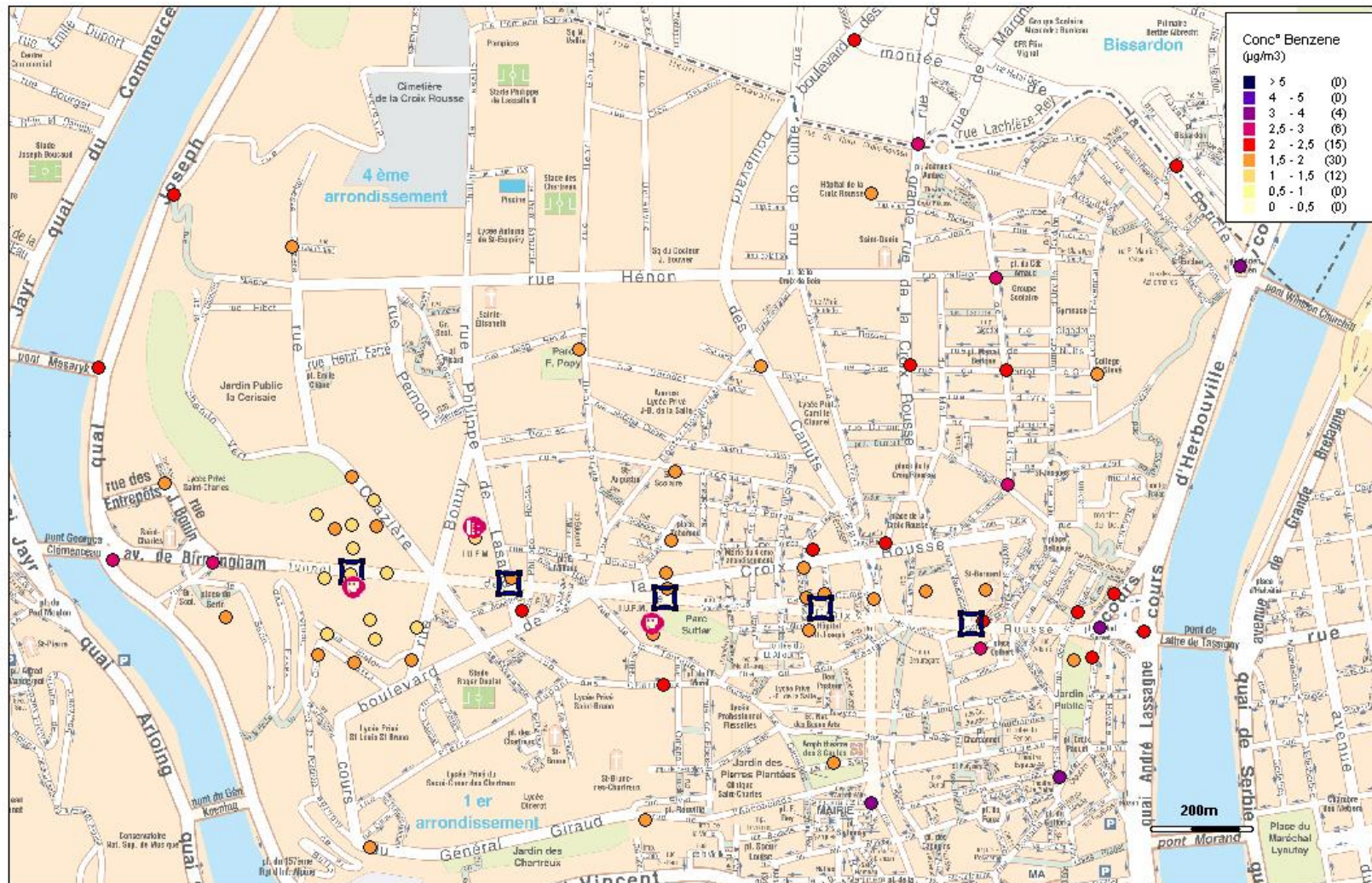
<sup>1</sup> Attention : Sur les cartes de mesures en Aldéhydes, les classes de concentrations n'ont pas forcément des intervalles égaux sur toute l'échelle de couleurs.



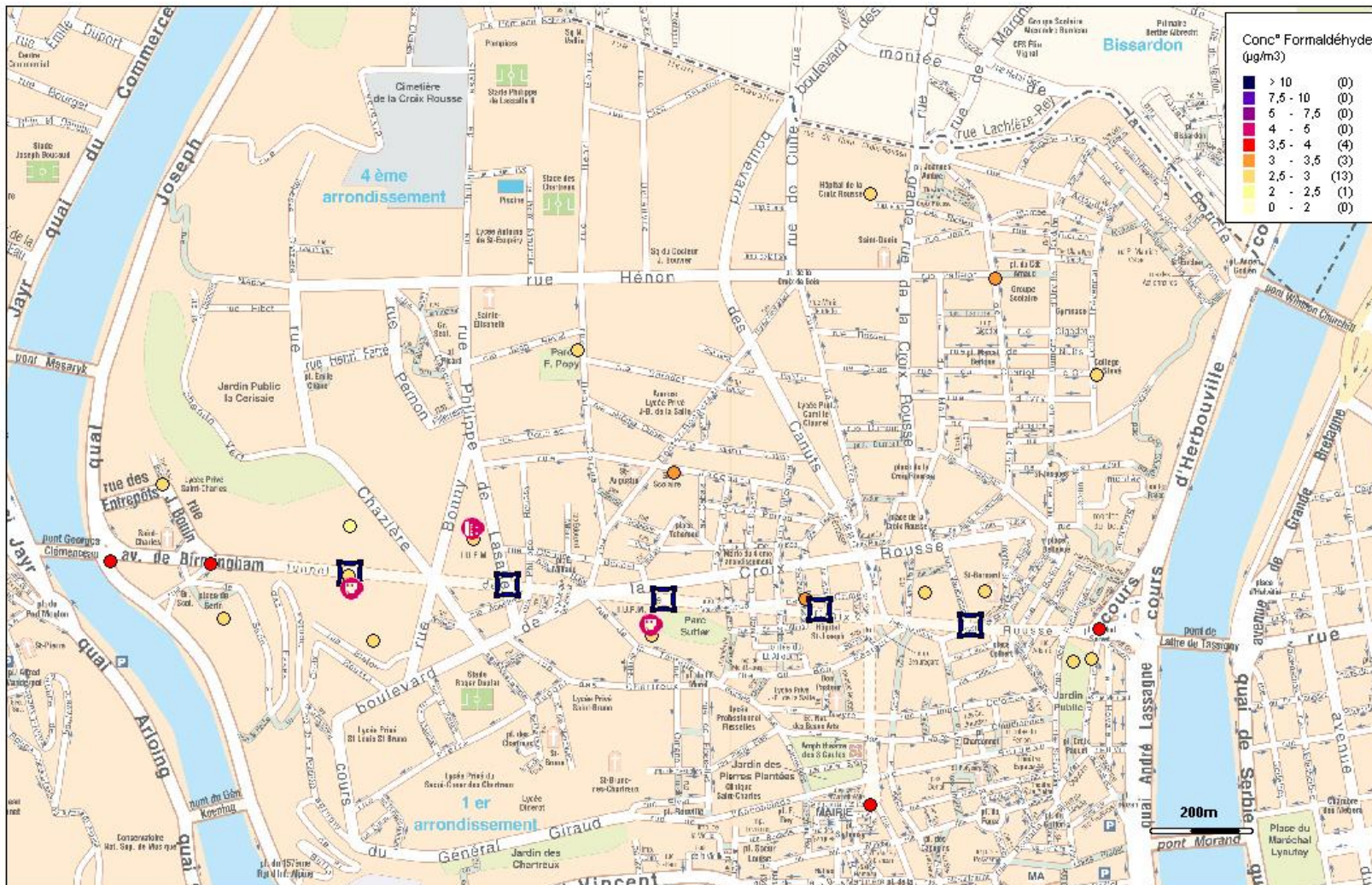
### Tubes Passifs NO2 - Moyennes annuelles (7 semaines)



**Etude Croix-Rousse**  
 **Tubes Passifs BTX - Moyennes annuelles en Benzène (7 semaines)**



**Etude Croix-Rousse**  
**Tubes Passifs ALD - Moyennes annuelles en Formaldéhyde (7 semaines)**



#### 4.3.4 Tableau des valeurs mesurées par tubes passifs sur chaque site

Le tableau ci-dessous reprend les concentrations présentées sur les précédentes cartes, en moyenne annuelle (moyenne sur 7 semaines), pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), le benzène, le toluène, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde, sur l'ensemble des 67 sites de mesures (avec leur adresse et leur coordonnées en UTM 31).

Site	X_UTM31	Y_UTM31	Adresse	NO2	Benzène	Toluène	Formal-déhyde	Acétal-déhyde
Trinitaires	641271	5070567	Site mobile "Ecole Providence des Trinitaires" (Cheminée n°1)	32,0	1,3	2,5	2,5	1,6
C1-E50	641347	5070567	Ecole Providence des Trinitaires (transect)	36,1	1,4	2,6		
C1-N100	641275	5070670	Parc de la cerisaie (transect)	30,9	1,4	2,5	2,4	1,5
C1-N200	641275	5070770	Rue Chazière n°45	36,6	1,9	3,5		
C1-N50	641275	5070620	Parc de la cerisaie (transect)	30,9	1,4	2,6		
C1-NE100	641325	5070665	Entrée du parc de la Cerisaie	35,9	1,5	2,8		
C1-NE200	641290	5070760	Rue Chazières (résidence "Le Parc")	33,4	1,4	2,7		
C1-NW100	641240	5070660	Parc de la cerisaie (transect)	36,6	1,5	2,8		
C1-NW200	641200	5070690	Parc de la cerisaie (transect)	37,1	1,4	2,7		
C1-S100	641320	5070430	Ecole Providence des Trinitaires (transect)	33,6	1,4	2,6	2,6	1,7
C1-S200	641278	5070382	Rue Bleton (impasse)	48,7	1,7	3,7		
C1-S50	641310	5070470	Ecole Providence des Trinitaires (transect)	34,1	1,4	2,7		
C1-SE100	641408	5070454	Ecole Providence des Trinitaires (transect)	39,8	1,4	2,9		
C1-SE200	641395	5070385	Angle rue Bleton / rue Bony	44,3	1,6	4,1		
C1-SW100	641220	5070442	Ecole Providence des Trinitaires (transect)	46,7	1,4	3,0		
C1-SW200	641200	5070400	Montée des Esses / rue Poudrière	65,2	1,9	5,5		
C1-W50	641216	5070558	Ecole Providence des Trinitaires (transect)	40,1	1,4	2,7		
C2	641607	5070555	Rue Philippe De Lassalle / rue Anselme (Cheminée n°2)	41,6	1,6	4,0		
IUFM_Nord	641530	5070639	Site Semi-fixe "IUFM Nord" - 8 Rue Philippe De Lassalle	34,1	1,2	2,0	2,6	1,6
C2-S	641627	5070488	Rue Philippe De Lassalle / Bd Croix-Rousse	45,3	2,0	5,1		
C3	641930	5070530	84-86 bd croix rousse (Sous Cheminée n°3)	46,4	1,5	3,6		
C3-N10	641929	5070564	99-101 bd Croix Rousse	46,7	1,7	4,3		
C3-N100	641950	5070775	Rue Jacquard / Avenue Cabias (grpe scolaire)	38,6	1,8	4,2	3,0	1,9
C3-N50	641940	5070630	Place Tabareau	37,8	1,6	4,2		
C3-S100	641920	5070330	Rue des Chartreux / rue Ornano	43,5	2,2	6,2		
IUFM_Sud	641900	5070435	Site mobile "IUFM Sud"	39,7	1,6	3,3	2,5	1,7
C4	642258	5070516	Croisement rue Raymond/rue Crimée (sous Cheminée n°4)	41,7	1,7	4,2		
C4-N100	642235	5070610	Boulevard Croix-rousse (au niveau de la place des tapis)	50,4	2,0	5,3		
C4-N50	642215	5070570	Rue St-François d'assise / boulevard croix rousse	47,5	1,9	4,3		
C4-S50	642225	5070440	Rue St-François d'Assise / rue de l'Alma	40,3	1,6	3,7		
C4-W	642220	5070510	Rue St-François d'Assises / Rue de Crimée (maison de retraite)	42,1	1,7	4,0	3,0	2,0
C5	642587	5070456	Rue de Sève (Sous Cheminée n°5)	42,7	2,1	5,8		
C5-N	642594	5070521	Eglise St Bernard ; 15 rue Vaucanson (maternelle + crèche)	35,7	1,6	3,4	2,6	1,7
C5-S	642580	5070400	12 rue Lemot	49,1	2,5	8,0		

Site	X_UTM31	Y_UTM31	Adresse	NO2	Benzène	Toluène	Formal-déhyde	Acétal-déhyde
TR	642830	5070440	place Michel Servet (Tête de tunnel côté Rhône)	96,7	3,2	8,6	3,9	2,4
TR-E	642923	5070432	Place M.Servet - pont de Lattre de Tassigny	73,1	2,3	5,3		
TR-N	642860	5070510	Place Chazette / 3 Crs d'Herbouville	60,7	2,1	5,9		
TR-S	642815	5070380	Ecole Michel Servet / 7 rue A.Lorraine	49,5	2,0	5,0	2,9	1,9
TS	640984	5070593	Av Birmingham (Tête de tunnel côté Saône)	92,0	2,8	7,5	3,7	2,2
TS-N	640884	5070760	Rue des Entrepôts / rue Jean Bouin (Lycée St Charles / Ecole des entrepots)	38,7	1,6	3,4	2,5	1,6
TS-S	641010	5070480	Place de Serin - Aire de Jeux	44,1	1,9	4,9	2,5	1,6
TS-W	640775	5070600	Av Birmingham / sortie du tunnel côté Saône	73,7	2,8	7,4	3,5	2,1
XR-01	642330	5071670	Bd Canuts / Montée de la Boucle	51,2	2,0	4,9		
XR-02	642460	5071450	99 Gde rue de la Croix-Rousse / Place Joannes Ambre	62,2	2,8	8,4		
XR-03	642915	5071415	rue de la Fontaine / passerelle Montée de la Boucle	56,6	2,1	5,1		
XR-04	640910	5071360	57 quai Joseph Gillet ; angle rue Niepce / rue d'Ypres	63,6	2,4	5,8		
XR-05	641155	5071250	83 rue Chazières (proximité crèche et internat)	32,6	1,6	3,4		
XR-06	642363	5071349	Hôpital de la Croix-Rousse	35,4	1,7	3,4	2,6	1,8
XR-07	642620	5071170	Rue Belfort / rue Pailleron (Gpe scolaire )	51,1	2,5	6,0	3,3	2,1
XR-08	643130	5071190	Place Adrien Godien (début montée de la boucle)	72,9	3,0	8,7		
XR-09	640750	5071000	Passerelle Mazaryk	57,1	2,3	5,9		
XR-10	641750	5071030	22 rue Gorjus (Parc Popy / Crèche Popy)	37,1	1,8	3,9	2,7	1,8
XR-11	642130	5070990	Bd des Canuts / rue Pelletier	50,4	1,9	4,6		
XR-12	642440	5070990	Gde rue de la Croix-Rousse / rue du Chariot d'Or	45,1	2,2	6,3		
XR-13	642640	5070980	Rue Belfort / rue du Chariot d'Or	46,2	2,4	6,3		
XR-14	642830	5070970	Rue Louis Thevenet / rue du Chariot d'Or (lycée M.Slevé)	36,9	1,9	4,5	2,7	1,7
XR-15	642640	5070740	Rue Belfort / Boussange / Austerlitz	55,3	2,7	8,0		
XR-16	642385	5070620	Place de la Croix-Rousse	57,4	2,2	5,7		
XR-17	642360	5070505	9 rue JB Say / au bout de la rue de Crimée	52,8	1,9	5,0		
XR-18	642470	5070520	Ecole Raoul Dufy (Espace Vaucanson)	41,3	1,5	3,4	2,7	1,8
XR-19	642785	5070475	Ruelle des Fantasques	55,2	2,4	9,9		
XR-20	642775	5070375	Ecole Michel Servet / Jardin Public	44,0	1,8	3,8	2,8	1,9
XR-21	642273	5070165	Rue du Jardin des Plantes	50,2	1,8	3,9		
XR-22	641305	5069998	Cours Général Giraud	45,2	1,8	4,1		
XR-23	641880	5070050	Place Rouville (Esplanade)	40,1	1,6	3,3		
XR-24	642350	5070080	Rue Terme / rue du Jardin des plantes	71,1	3,2	9,1	3,8	2,6
XR-25	642745	5070130	Montée St Sebastien / Place Croix-Paquet	72,0	3,0	8,7		

## 5 Synthèse des résultats de la Modélisation

Les cartes qui suivent présentent les concentrations évaluées par la modélisation sur l'ensemble de la zone étudiée, pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et les poussières (PM<sub>10</sub>) en moyenne, sur 7 semaines, considérées comme représentatives de la moyenne annuelle.

### 5.1 Cartographies du quartier en 2007

Les travaux de modélisation ont été réalisés par l'Ecole Centrale de Lyon, sur la base :

- des résultats de la présente étude (tubes passifs, analyseurs, météorologie, émissions...)
- des résultats de l'étude de ventilation réalisée par Fluid'Alp,
- des données de trafic fournies par le Grand Lyon.

Le modèle de dispersion utilisé (SIRANE) a permis de modéliser les cheminées de ventilation, les têtes de tunnel, ainsi que l'ensemble du réseau routier dense du quartier de la Croix Rousse, pour ensuite établir des cartographies présentant l'évaluation des concentrations en dioxyde d'azote et en particules sur l'ensemble de la zone d'étude.

L'ensemble des hypothèses de calculs et les résultats détaillés de ces simulations sont présentés dans le rapport de l'Ecole Centrale (disponible sur le site Internet de COPARLY : <http://www.atmo-rhonealpes.org>)

### 5.2 Tendances à l'horizon 2013 : 2 scénarii

#### Scénario 1 : « 2013, au fil de l'eau »

Un premier scénario a été étudié, en ne tenant compte que des évolutions attendues sur le parc roulant et sur la voirie dans la zone d'étude.

#### Scénario 2 : « 2013, avec rénovation du tunnel »

Le deuxième scénario tient compte des évolutions attendues avec le projet du Grand Lyon pour la rénovation du tunnel de la Croix-Rousse, qui prévoit la création d'un 2<sup>ème</sup> tube pour accueillir exclusivement la circulation des transports en commun et des modes doux (vélos et piétons). A noter que le Grand Lyon ne prévoit pas de modifications significatives du trafic (volume, part modale, vitesse,...) à l'horizon 2013 avec ou sans réalisation du projet de rénovation lourde du tunnel existant.

Les pages suivantes présentent les cartographies du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et des poussières pour la situation actuelle et pour les deux scénarii à l'horizon 2013.

Pour 2007, la modélisation montre que les niveaux du fond urbain sur la zone de la Croix-Rousse sont inférieurs ou en limite des valeurs réglementaires pour le NO<sub>2</sub> et les particules PM<sub>10</sub>. En revanche, ces valeurs sont dépassées sur les zones d'entrées/sortie du tunnel, sur une large partie des quais, ainsi que sur plusieurs artères avec une circulation dense. Ces résultats de modélisation corroborent donc les analyses faites dans ce rapport avec les résultats de mesures par tubes passifs et des analyseurs.

Pour 2013, la situation s'améliore pour les 2 scénarii grâce à la baisse attendue des émissions automobiles. Néanmoins, les valeurs réglementaires ne seront *a priori* toujours pas respectées aux abords des zones d'entrée/sortie du tunnel, ni sur les grands axes.

La dernière carte présente les écarts entre le scénario 1 et le scénario 2 (rénovation ou non du tunnel). Elle montre que ces deux scénarii sont quasiment identiques (différence relative<sup>1</sup> inférieure à 2%), avec même une très légère amélioration dans le scénario 2 au niveau des cheminées, ce qui s'explique par le fait que le projet du tunnel rénové ne prévoit une extraction d'air qu'en cas d'urgence (incendie, risque sanitaire,...).

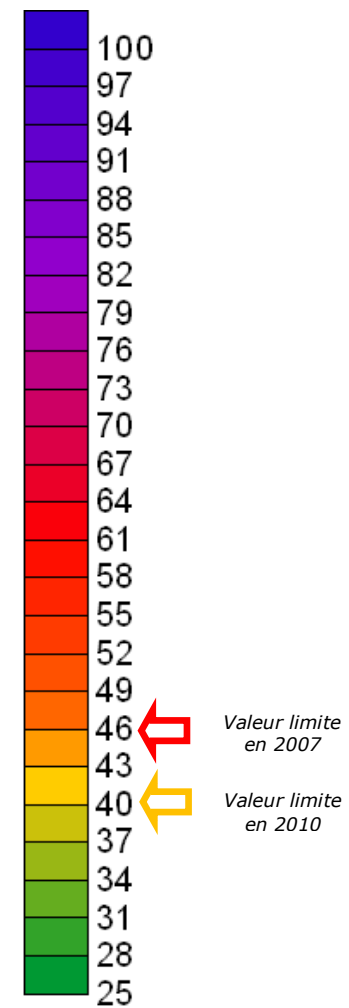
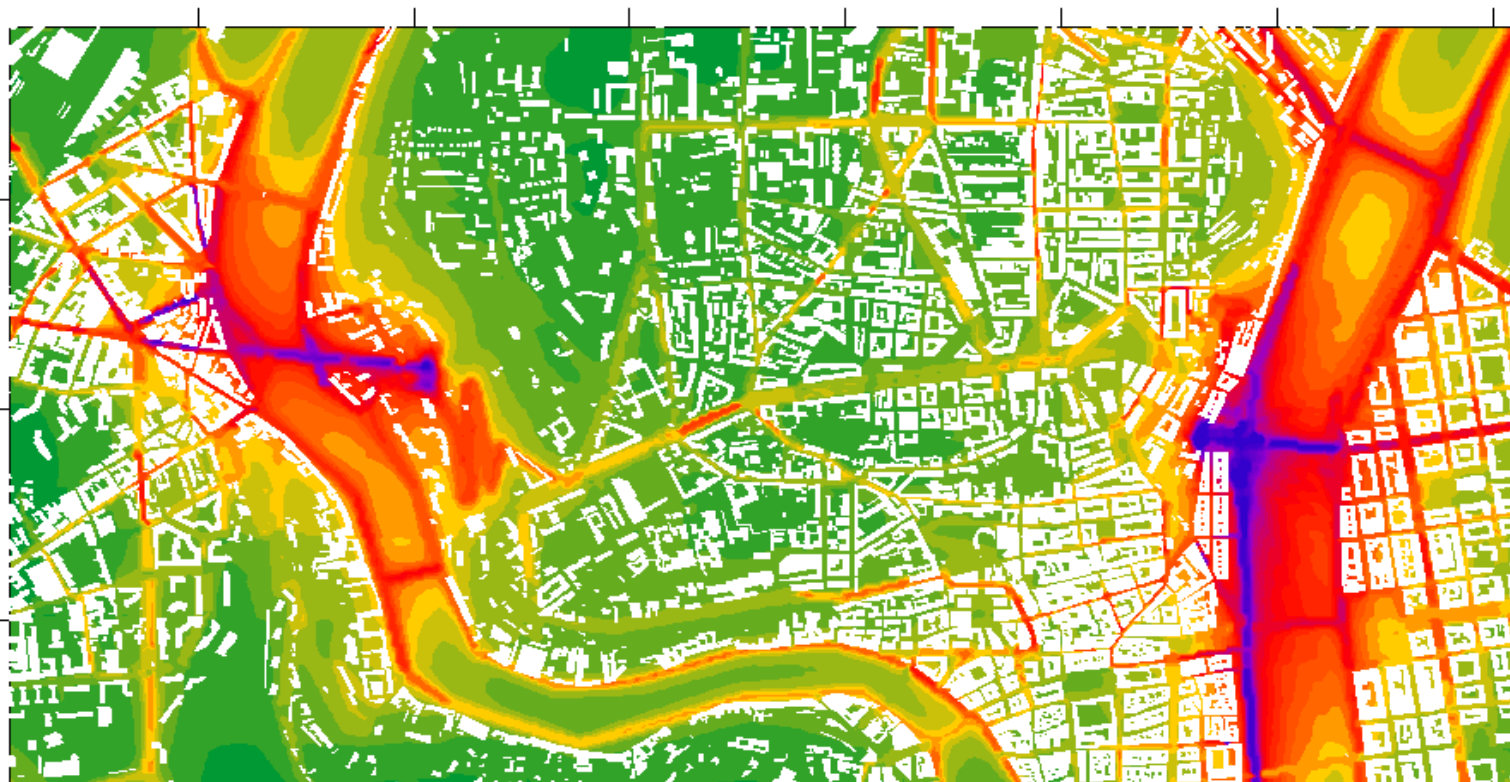
Avec les incertitudes du modèle, ceci indique que la rénovation du tunnel n'a pas a priori d'impact attendu sur la qualité de l'air de la zone à l'échéance 2013.

---

<sup>1</sup> Ecart relatif = (Scénario 2 - Scénario 1) / Scénario 1

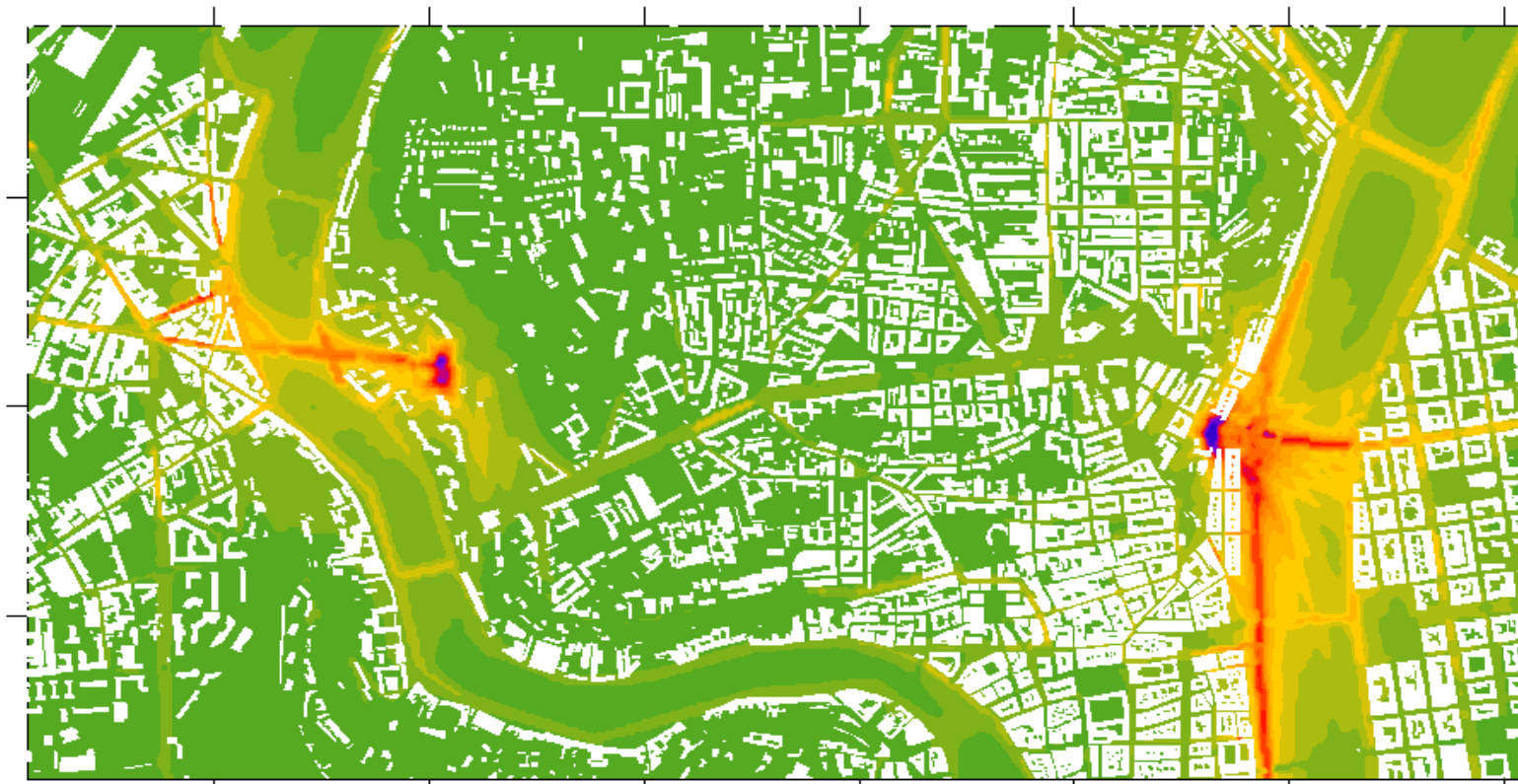
# Moyenne annuelle NO2 2007 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Concentrations  $\text{NO}_2$   
en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

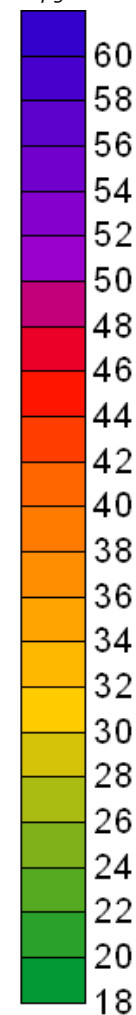


© Ecole Centrale de Lyon

### Moyenne annuelle PM 2007 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



Concentrations  $\text{PM}_{10}$   
en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$



Valeur limite  
(2005)

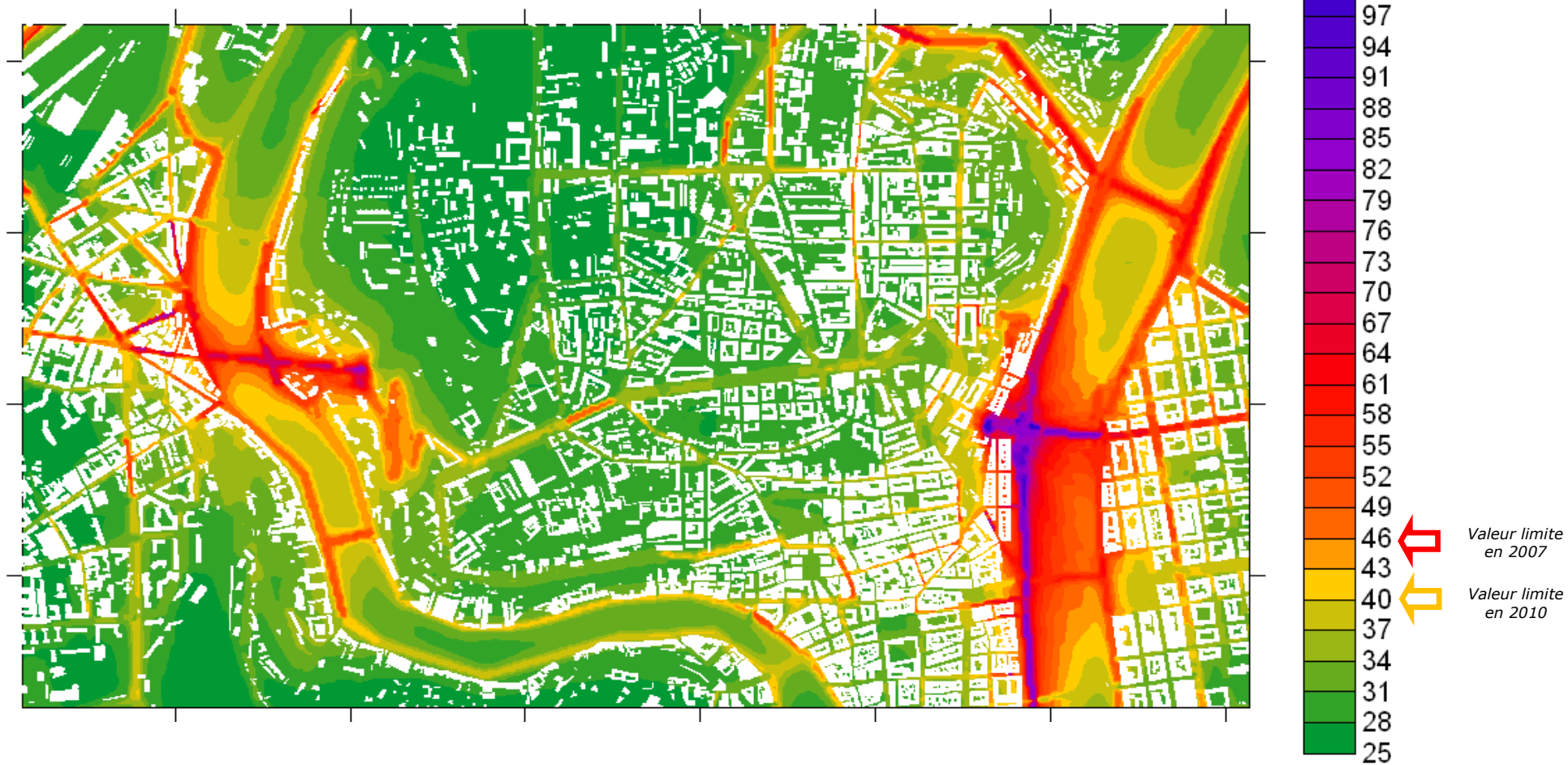
Objectif de  
qualité de l'air

© Ecole Centrale de Lyon



### Moyenne annuelle NO2 2013 1er scénario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

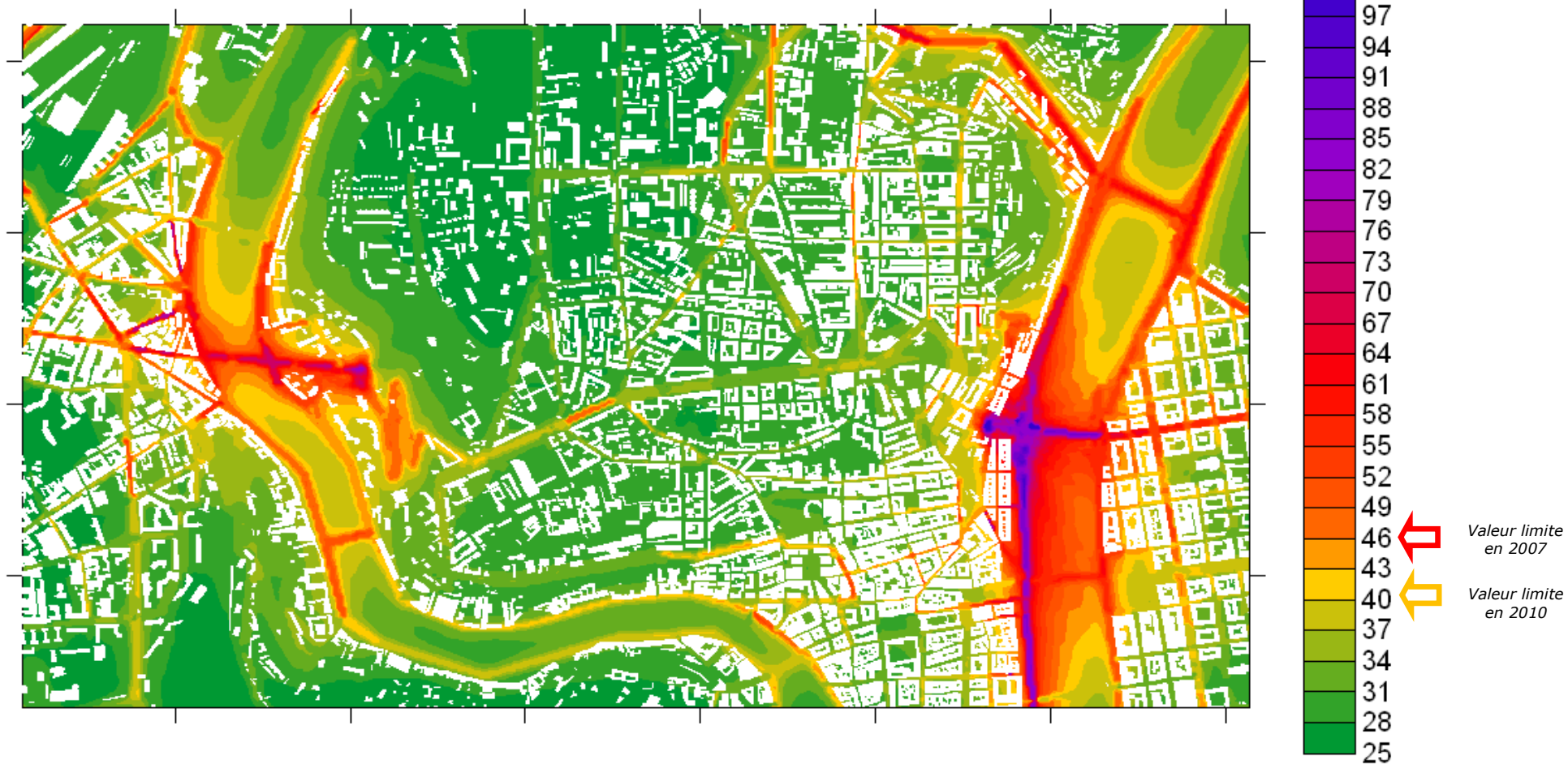
Concentrations NO<sub>2</sub>  
en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$



© Ecole Centrale de Lyon

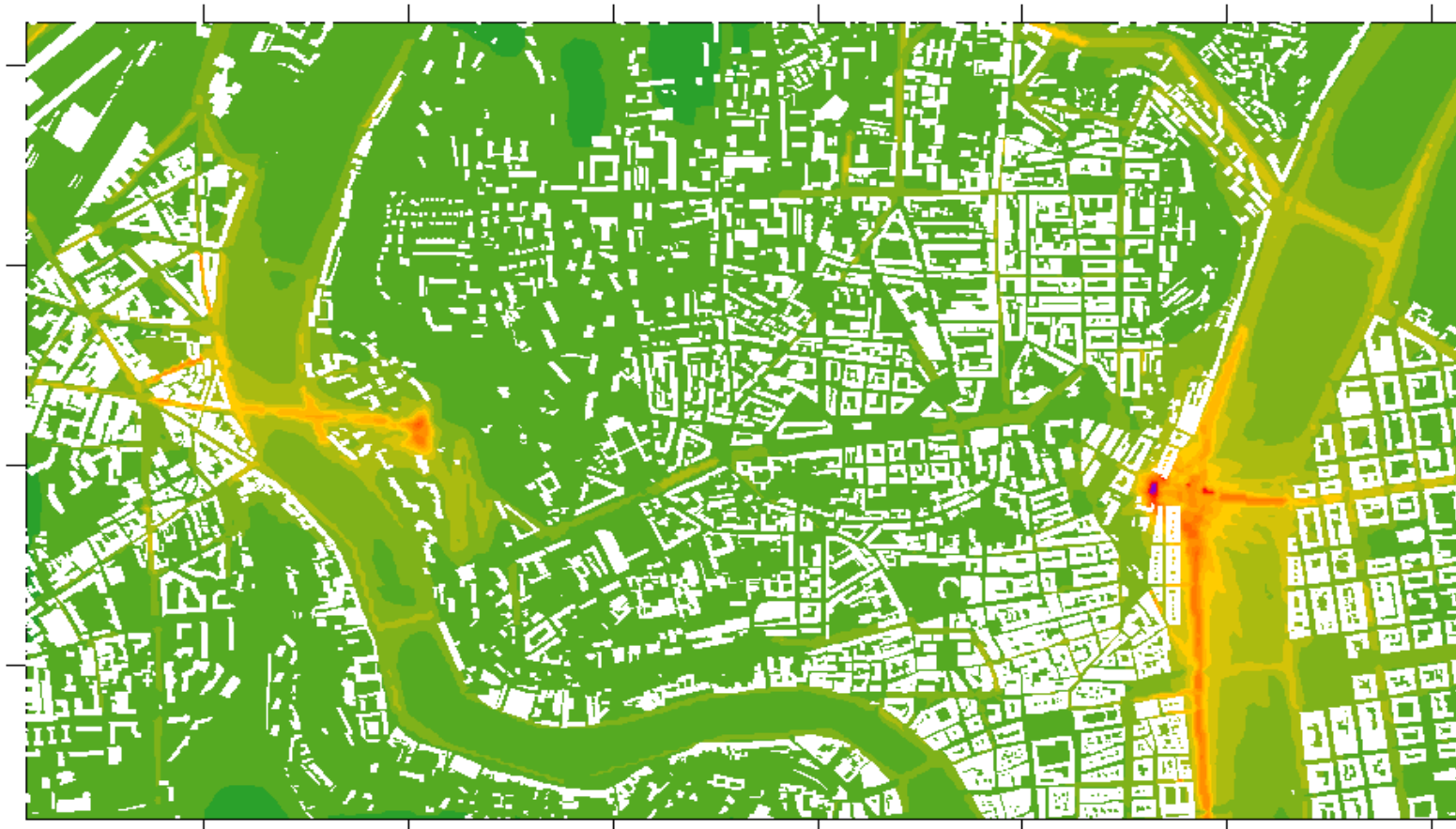
### Moyenne annuelle NO2 2013 2e scénario (µg/m3)

Concentrations NO<sub>2</sub>  
en µg.m<sup>-3</sup>

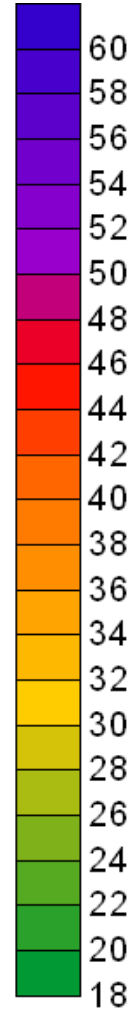


© Ecole Centrale de Lyon

### Moyenne annuelle PM 2013 1er scénario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



Concentrations  $\text{PM}_{10}$   
en  $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$



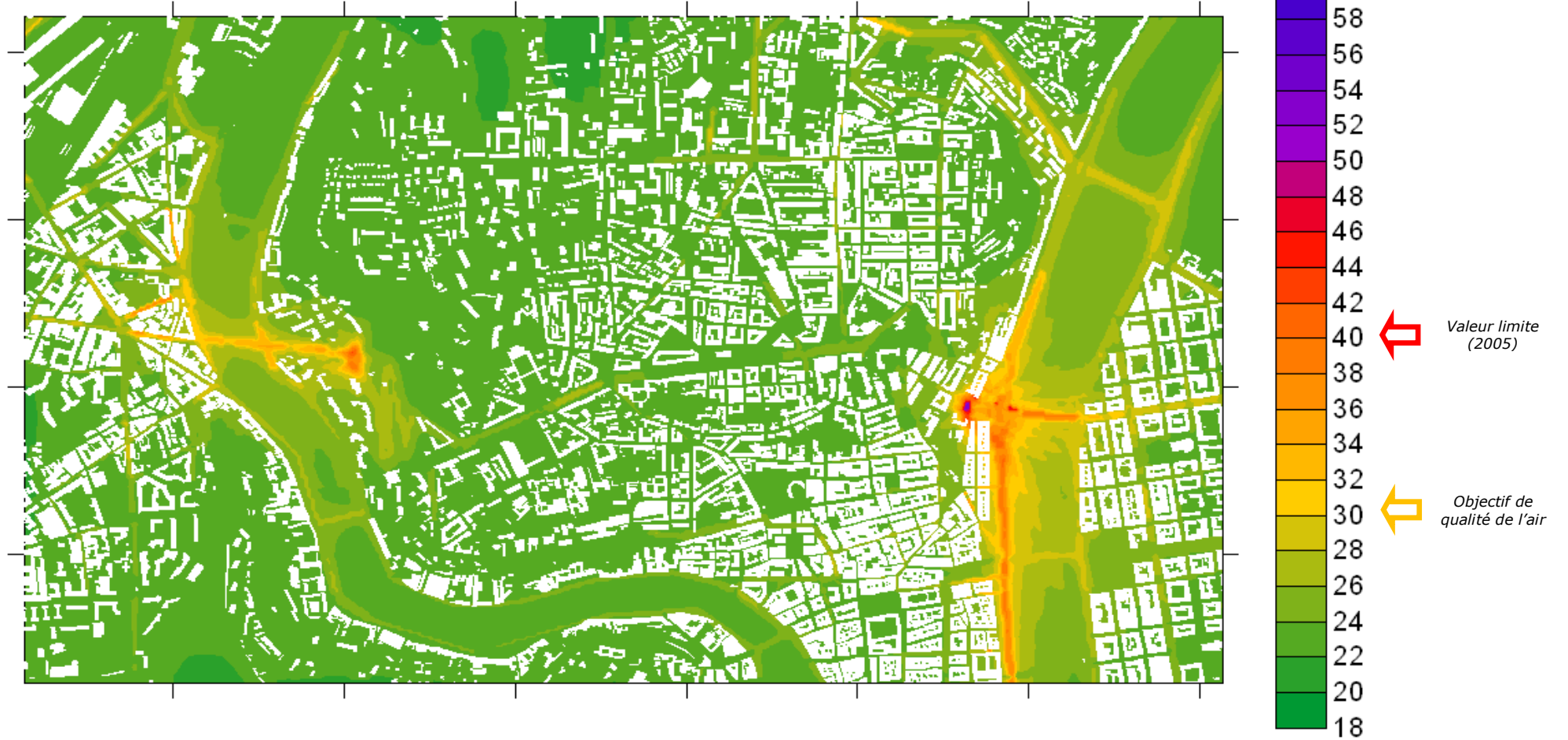
Valeur limite  
(2005)

Objectif de  
qualité de l'air

© Ecole Centrale de Lyon

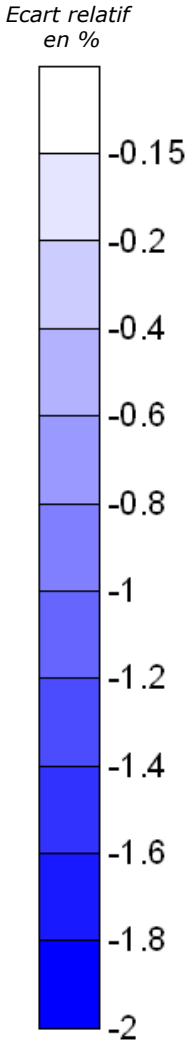
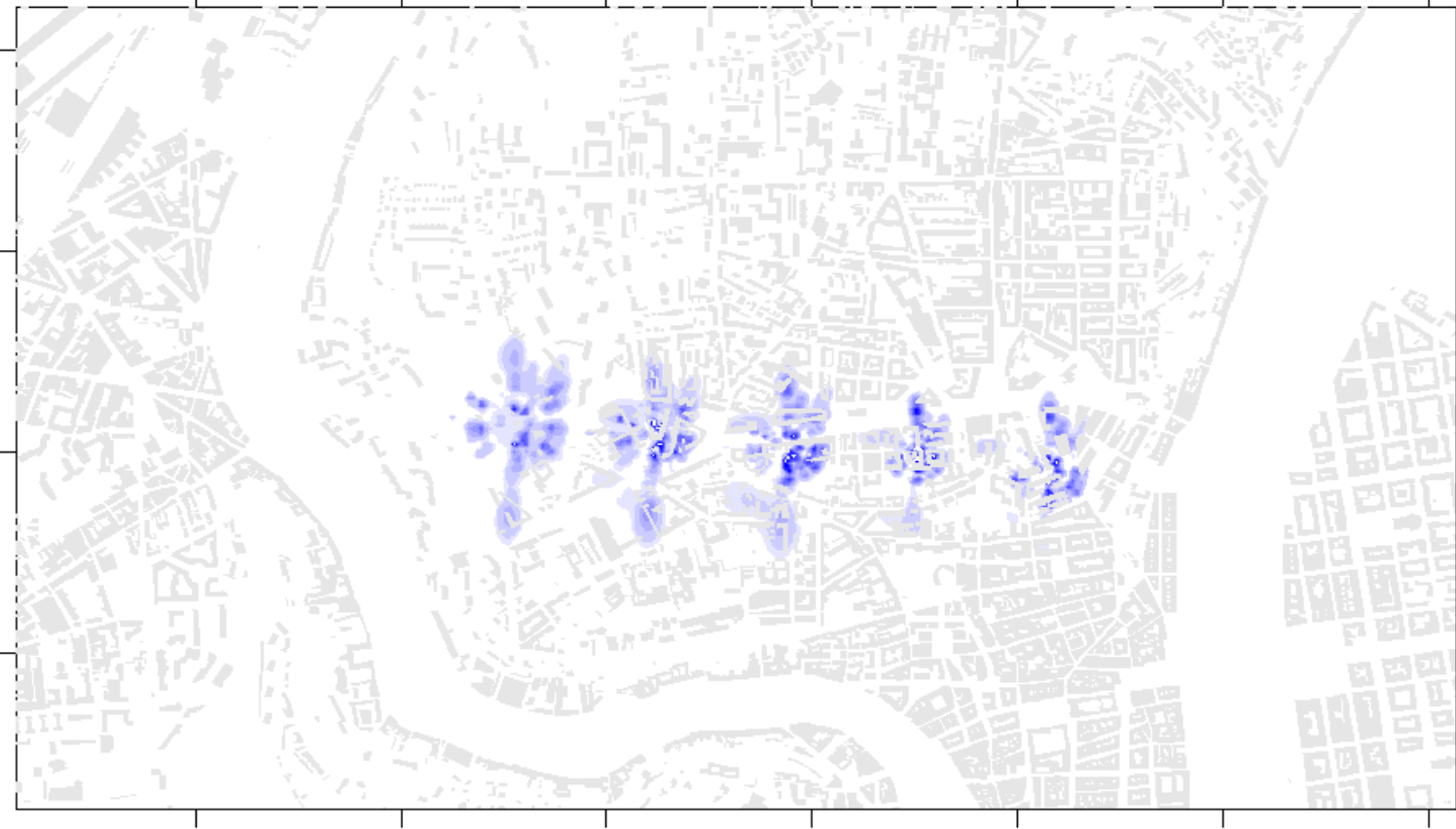
### Moyenne annuelle PM 2013 2e scénario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Concentrations  $\text{PM}_{10}$   
en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$



© Ecole Centrale de Lyon

**Ecart relatif 05-2013 premier scénario / 05-2013 deuxième scénario NO2**



© Ecole Centrale de Lyon

## 6 Conclusions et perspectives

**Tableau de synthèse de la qualité de l'air sur la zone de la Croix-Rousse**

Famille de polluants	Fond urbain (Mesures en continu)	Proximité trafic (Résultats tubes passifs ou modélisation)	Composés réglementés avec une valeur limite ou valeur cible (fixée par des Directives)	Composés avec un objectif de qualité de l'air ou une valeur guide (fixée par l'OMS, l'AFFSET,...)
Métaux Lourds	😊	—	Nickel, Cadmium, Arsenic, Plomb	Cadmium, Plomb
HAP	😊	—	Benzo(a)pyrène	
Aldéhydes	😊	😊		Formaldéhyde (valeur en air intérieur)
COV	😐	😞	Benzène	Benzène
	😊	—		Toluène, 1,3-Butadiène, 1,2-Dichloroéthane, Tétrachloroéthylène
Polluants « classiques » primaires	😊	—	Dioxyde de soufre	
	😐	😞	Dioxyde d'azote	
	😞	😞	Particules fines	
Polluants secondaires	😐	—	Ozone	

- 😞 Dépassement constaté de valeurs réglementaires
- 😐 Dépassement constaté de valeurs guides ou d'objectif de qualité de l'air
- 😐 Niveaux moyens, en limite de dépassement ( $\geq 80\%$  d'un seuil)
- 😊 Niveaux globalement faibles ou comparables au fond urbain
- Pas de mesures

L'important dispositif de mesure mis en œuvre pour cette étude a permis d'appréhender, d'une part, la répartition spatiale de la pollution atmosphérique à partir des mesures par tubes passifs (NO<sub>2</sub>, Benzène, Aldéhydes,...) et d'autre part, d'analyser l'évolution des concentrations de polluants dans le temps en relation avec les variations des émissions, notamment celles du trafic automobile.

Les trois sites mobiles implantés pour effectuer des mesures en continu et des prélèvements (« Trinitaires », « IUFM\_Sud » et « IUFM\_Nord ») ont été représentatifs d'un fond urbain avec, pour pratiquement tous les polluants, des niveaux comparables aux valeurs mesurées sur des sites urbains de l'agglomération lyonnaise.

Des mesures par tubes passifs, combinées à celles des analyseurs et aux travaux de modélisation ont permis de réaliser des cartographies pour évaluer les concentrations en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et en particules fines (PM<sub>10</sub>) en tout point de la Croix-Rousse :

- Les niveaux les plus élevées, qui dépassent les valeurs limites réglementaires, sont observées aux deux entrées/sorties du tunnel avec de fortes valeurs également sur les quais, côté Rhône et côté Saône (80 à 100  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour le NO<sub>2</sub> et 45 à 60  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour les PM<sub>10</sub>).
- En s'éloignant des deux têtes de tunnel, les niveaux baissent rapidement et sensiblement (jusqu'à -50%).
- A proximité des autres grands axes, les moyennes dépassent les objectifs de qualité de l'air (40  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour le NO<sub>2</sub> ; 30  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour les PM<sub>10</sub>), mais également souvent les valeurs limites (46  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour le NO<sub>2</sub> en 2007 ; 40  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour les PM<sub>10</sub> depuis 2005).

- Sur les sites plus éloignés des axes principaux, représentatifs du fond urbain du quartier de la Croix-Rousse, les moyennes pour les deux polluants sont légèrement inférieures ou très proches des objectifs de qualité de l'air.
- Enfin, les niveaux sont plus élevés sur la moitié Est de la zone d'étude que la moitié Ouest, en lien avec les densités de population et de trafic routier de chacune des zones.

Les mesures réalisées à proximité des cheminées ont montré des moyennes comparables aux niveaux de fond urbain ou légèrement influencés par les grands axes (Montée des Esses, Bd de la Croix-Rousse,...). Elles ne portent pas de signature particulière pouvant être liée aux émissions routières du tunnel.

Les travaux de modélisation ont également permis d'étudier deux scénarii prospectifs pour 2013 :

- l'un appelé « Au fil de l'eau » tenant compte des évolutions attendues sur le parc roulant et sur la voirie dans la zone d'étude
- et l'autre appelé « Tunnel rénové » tenant compte des évolutions attendues avec le projet de rénovation du tunnel de la Croix-Rousse (création d'un 2<sup>ème</sup> tube pour accueillir exclusivement la circulation des transports en commun et des modes doux).

Dans les deux cas, la situation devrait s'améliorer du fait notamment de la baisse des émissions attendue avec les réglementations EURO.

Les résultats montrent notamment que le projet de rénovation du tunnel n'a pas d'impact notable sur la qualité de l'air de la zone.

Mais ils indiquent également que certaines valeurs réglementaires ne seront a priori toujours pas respectées aux abords des zones d'entrée/sortie du tunnel, ni sur les grands axes de la Croix-Rousse.