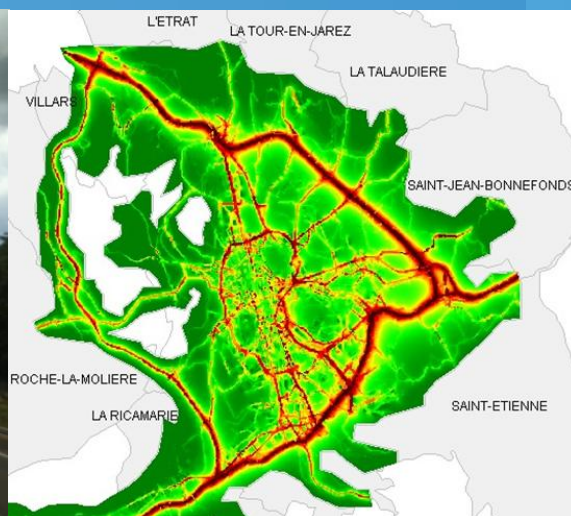


# Evaluation environnementale du PDU de l'agglomération stéphanoise



**EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'AIR ENTRE 2000 ET 2010**

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



**Diffusion : Mars 2012**

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 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 – (2012) Evaluation environnementale du PDU de l'agglomération stéphanoise : évolution de la qualité de l'air entre 2000 et 2010** ».

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 de la  
Communauté d'agglomération Saint-Etienne Métropole (Convention Année 2011)

Version éditée le 25 avril 2012



# Sommaire



<b>RESUME .....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>1. LES ACTIONS EVALUABLES EN TERMES DE QUALITE DE L’AIR .....</b>	<b>6</b>
<b>2. METHODOLOGIES.....</b>	<b>6</b>
1. MODELE MOCAT.....	6
2. MODELE SIRANE .....	7
3. CALCUL DE L’EXPOSITION DE LA POPULATION .....	9
<b>3. RESULTATS .....</b>	<b>11</b>
1. LE TRAFIC ROUTIER .....	11
2. LES EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES .....	11
3.2.1. <i>Evolution des émissions depuis 2000 sur SEM.....</i>	<i>11</i>
3.2.2. <i>Impact de certaines actions du PDU.....</i>	<i>12</i>
3.2.3. <i>Impact de l’évolution technologique des véhicules .....</i>	<i>12</i>
3.2.4. <i>Les émissions sur le réseau SIRANE .....</i>	<i>13</i>
3. LES CONCENTRATIONS DANS L’AIR.....	15
3.3.1. <i>Evolution de la qualité de l’air depuis 2000 sur les stations fixes localisées sur le territoire du PDU de Saint-Etienne .....</i>	<i>15</i>
3.3.2. <i>Comparaison avec la mesure et les valeurs réglementaires 2010.....</i>	<i>18</i>
3.3.3. <i>Etat de la qualité de l’air en 2000.....</i>	<i>19</i>
3.3.4. <i>Impact sur la qualité de l’air.....</i>	<i>22</i>
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>25</b>
<b>ANNEXE A : MODELE MOCAT .....</b>	<b>26</b>
<b>ANNEXE B : MODELE SIRANE .....</b>	<b>29</b>
<b>ANNEXE C : LES PARTICULES PM10 .....</b>	<b>31</b>



# Résumé

Dans le but d'évaluer les impacts sur l'environnement en termes de qualité de l'air du Plan de Déplacement Urbains de l'agglomération stéphanoise approuvé en 2000 puis révisé en 2004, Air Rhône-Alpes met à disposition ses moyens techniques afin d'analyser l'évolution de la situation sur le territoire entre 2000 et 2010.

L'étude bénéficie d'un historique de mesures grâce à son réseau de stations fixe et ses outils de modélisations numériques permettant de calculer des données spatiales fines d'émissions (MOCAT) et de concentrations de polluants (SIRANE).

Les hypothèses de modélisation sont telles qu'un état « fictif » de la qualité de l'air 2000 est comparé à un état « réel » de la qualité de l'air 2010 pour évaluer l'impact des émissions entre ces deux années d'étude (météorologie et pollution de fond de 2010 sont constantes pour la simulation de l'état 2000).

L'analyse de l'évolution de 10 ans de mesures révèle que les niveaux annuels en dioxyde d'azote dépassent régulièrement les seuils fixés par l'OMS en proximité trafic.

Les résultats de modélisation montrent que les émissions polluantes d'oxydes d'azote et de particules fines dues au trafic routier baissent environ de 30% entre 2000 et 2010 du fait de l'amélioration technologique des véhicules et des actions mises en œuvre dans le cadre du PDU de l'agglomération stéphanoise.

Les concentrations modélisées de NO<sub>2</sub> s'améliorent de 15 µg.m<sup>-3</sup> sur les voies rapides urbaines entre 2000 et 2010.

Enfin, près de 5% d'habitants de la ville de Saint-Etienne et sa première couronne ne seraient plus exposés à une mauvaise qualité de l'air en 2010 par rapport à 2000.

**Bien que l'impact spécifique de chaque action du PDU ne soit pas clairement identifiable de façon individuelle, ces travaux ont mis en évidence des effets positifs globaux de la mise en œuvre du PDU entre les années 2000 et 2010.**

# Introduction

Le Plan de Déplacements Urbains (PDU) de l'agglomération stéphanoise vise à améliorer la gestion des déplacements des habitants tout en conciliant le respect de leur environnement et la protection de leur santé. Cette planification, d'une portée à court et moyen termes, a une durée de validité de 10 ans. Le PDU de l'agglomération stéphanoise a été adopté en 2000 puis a été révisé en 2004. Aujourd'hui, plus de 10 ans se sont écoulés, un premier bilan des effets des actions mises en place doit être réalisé.

Dans le cadre de sa mission d'évaluation et de suivi des plans réglementaires, l'association Air Rhône-Alpes propose de réaliser une évaluation environnementale (au regard de la qualité de l'air) du PDU de l'agglomération stéphanoise entre les années 2000 et 2010. Ce travail bénéficie des avancées techniques permises par les outils de modélisation d'Air Rhône-Alpes et appliquées à l'occasion du Plan de Protection de l'atmosphère de l'agglomération stéphanoise sous maîtrise d'ouvrage de l'Etat en 2011.

Les actions définies par le PDU modifient les volumes de trafic et donc les émissions de polluants sur les axes routiers de l'agglomération. Les outils de modélisation des émissions (MOCAT) et de la dispersion atmosphérique (SIRANE) mis en œuvre dans le cadre de cette étude permettent d'évaluer l'impact des actions du PDU pour l'amélioration de la qualité de l'air et la protection des populations vis-à-vis des polluants réglementés dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et particules fines PM10. Les années étudiées sont 2000 et 2010. Les domaines d'intérêts sont la vallée de l'Ondaine, la vallée du Gier et Saint-Etienne centre d'agglomération et sa couronne.

Les résultats obtenus fourniront en plus d'un diagnostic, des informations utiles aux acteurs locaux pour orienter leurs décisions dans le cadre de l'élaboration du futur PDU.

Ce rapport se compose de 3 parties :

- Dans une première partie, les actions mises en place entre 2000 et 2010 et évaluées par cette étude sont énumérées.
- Dans une deuxième partie, les méthodologies de mise en œuvre des modélisations de qualité de l'air appliquées à notre étude sont détaillées. Un paragraphe est consacré à la méthodologie de calcul de l'exposition de la population aux valeurs limite pour les polluants réglementés.
- Dans une troisième partie, une analyse des émissions issues du modèle d'émissions MOCAT entre 2000 et 2010 est présentée en ouverture de chapitre. Ensuite, une évolution de la qualité de l'air depuis 2000 est établit à partir des stations fixes localisées dans le territoire du PDU de Saint-Etienne. Les résultats de modélisation SIRANE sur l'année 2010 sont dans un premier temps exposés via une comparaison avec les mesures de terrain. Dans un second temps, les cartographies de l'état de qualité de l'air en 2000 sont examinées. Enfin, les impacts entre 2010 et 2000 en termes de qualité de l'air et d'exposition de la population sont quantifiés et qualifiés.

# 1. Les actions évaluable en termes de qualité de l'air

Le projet<sup>1</sup> présenté par le Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération stéphanoise repose sur deux principes majeurs : l'amélioration du transport collectif et le développement de l'intermodalité. Il se décline en actions complémentaires prenant part à différents secteurs (stationnement, marchandises,...). Parmi ces actions, des concrétisations importantes ont été réalisées :

- L'électrification et la modernisation de la ligne ferroviaire entre Firminy et Saint-Etienne et la mise en place de dessertes cadencées (TER).
- La création de la deuxième ligne de Tramway en site propre à Saint-Etienne entre la place du Peuple et la gare SNCF de Châteaueux.
- Aménagements de pôles d'échanges et de haltes ferroviaires sur les vallées de l'Ondaine, du Gier et Saint-Etienne.
- La diamétralisation<sup>2</sup> des lignes Est-Ouest.
- Mise en place d'un nouveau réseau de bus à Saint Etienne.
- La modulation des vitesses pour assurer une meilleure régulation du trafic et limiter les nuisances provoquées par le trafic routier.
- Quelques projets routiers tels que la modification du tracé du boulevard urbain
- L'intermodalité a été développée.

C'est l'ensemble de ces réalisations qui seront évalués dans cette étude. D'autres paramètres indépendants du PDU seront également pris en considération :

- L'amélioration technologique du parc de véhicules roulants entraînant une diminution des émissions en accord avec les normes anti-pollution
- L'évolution du trafic automobile entre 2000 et 2010 sur les différents axes routiers

## 2. Méthodologies

### 1. Modèle MOCAT

Le calcul des émissions issues du trafic routier est un point essentiel de la mise en œuvre du modèle SIRANE. C'est aussi un des points les plus sensibles compte-tenu de la difficulté à évaluer le trafic routier et à connaître la composition du parc automobile.

Le calcul des émissions du trafic moyen journalier annuel (TMJA) a été réalisé par le modèle MOCAT en utilisant la méthodologie COPERT IV (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport) qui repose sur l'utilisation de lois empiriques d'évolution des émissions en fonction de la vitesse des véhicules. Ces lois sont spécifiées pour un grand nombre de classes, correspondant à différents types de véhicules, de carburants, de motorisations, de générations technologiques. Une présentation du modèle est consultable en annexe A.

---

<sup>1</sup> Plan de déplacements urbains, Projet approuvé le 17 Mai 2004 par le Conseil de Communauté de Saint-Etienne Métropole.

<sup>2</sup> organisation des lignes traversant l'agglomération permettant d'améliorer le service tout en apportant des gains de capacité et en optimisant l'utilisation des véhicules.

A l'occasion de ce travail :

- ✓ Les vitesses à vide du modèle ont été prises en compte pour bâtir les profils de vitesse
- ✓ Les émissions de l'année 2000 ont été calculées avec la modélisation du trafic routier 2000 réalisée par l'agence d'urbanisme EPURES.
- ✓ Les émissions de l'année 2010 ont été calculées avec la modélisation du trafic routier 2006 également réalisée par l'agence d'urbanisme EPURES puis recalée sur 2010 avec les données de comptages.
- ✓ Le réseau filaire sur lequel sont géoréférencés les trafics routiers correspond à la situation de calage du modèle de trafic à partir de l'EMD<sup>3</sup> 2000.

Une analyse des émissions entre les années 2000 et 2010, effectuée en partie 3, fournira des indications sur l'évolution du contexte.

## 2. Modèle SIRANE

Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain, adapté à l'échelle de la rue ou d'un quartier. Il permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones constituées principalement de rues bordées de bâtiments sous forme de cartographie. Ce modèle permet de quantifier l'impact sur la qualité de l'air des évolutions de trafic d'une agglomération (Figure 1). Une présentation détaillée du modèle est consultable en annexe B.

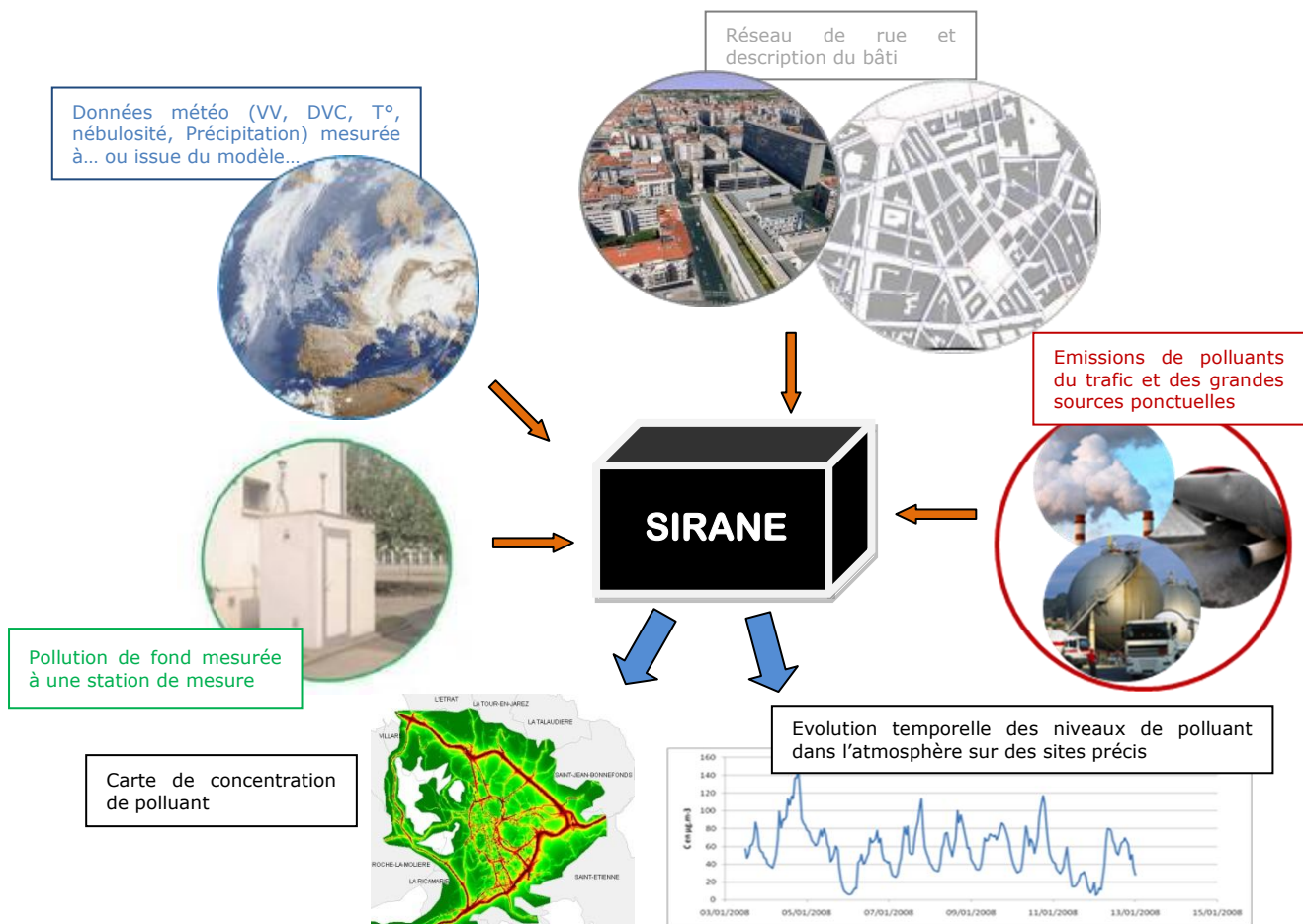


Figure 1. Schéma de principe du modèle SIRANE et des données d'entrée et de sortie

<sup>3</sup> Enquête Ménages Déplacements



Dans le cadre de la révision du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) de l'agglomération stéphanoise et dans un contexte de contentieux européen relatif à la pollution aux particules, et au regard d'exigences réglementaires européennes et françaises renforcées, le modèle SIRANE a été mis en œuvre en 2011 par Air Rhône-Alpes afin de compléter le réseau de surveillance de qualité de l'air de la ville et d'évaluer l'impact des mesures du PPA par la simulation de scénarios<sup>4</sup>.

Au cours de ce travail, le modèle a été évalué sur l'agglomération de Saint-Etienne pour l'année 2009 pour les polluants NO<sub>2</sub> et PM10 et la méthodologie a été validée. Il en résulte que le modèle simule la dispersion et calcule les concentrations des polluants NO<sub>2</sub> et PM10 avec des erreurs acceptables par rapport à la mesure (moins de 30% d'erreur). Mais ce travail a révélé également que des améliorations peuvent être apportées, notamment au niveau des zones interurbaines où aucune information liée à la qualité de l'air n'est disponible et où le modèle n'a pas été validé. La méthodologie est conservée pour cette étude.

La mise en œuvre de SIRANE requiert en premier lieu de définir un domaine d'étude. D'après le PDU approuvé en 2004, le périmètre des transports urbains (PTU) concerne à ce jour 43 communes. Celui-ci s'organise autour de quatre bassins géographiques : Saint-Etienne, Firminy, Saint-Chamond et Rive-de-Gier et comprendra, à terme, trois zones urbaines, « Saint-Etienne - Firminy », « Saint-Chamond » et « Rive-de-Gier » ainsi qu'une zone périurbaine comprenant l'ensemble du reste des communes de Saint-Etienne Métropole.

Etant donné l'étendue du PTU et d'après le travail réalisé dans le cadre du PPA, le modèle SIRANE calculera la dispersion des polluants de façon opérationnelle sur quatre sous-domaines en cohérence avec les quatre bassins géographiques du PTU (Figure 2).

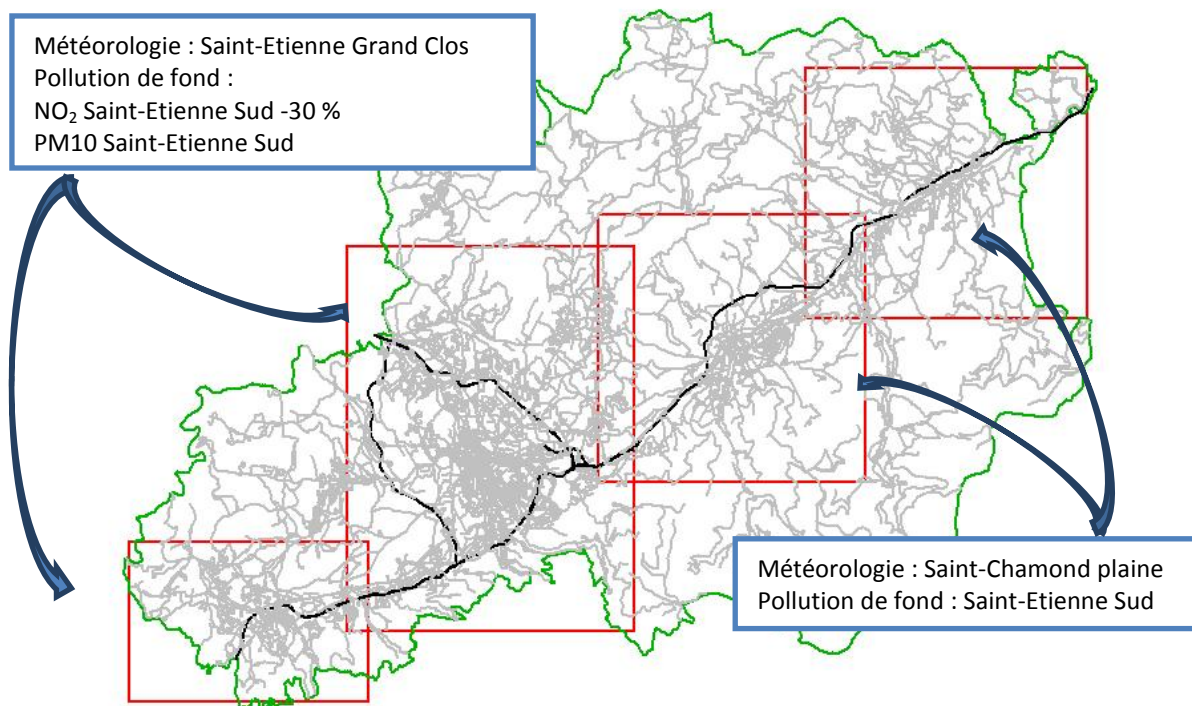


Figure 2 : Méthodologie de mise en œuvre du modèle SIRANE sur le domaine d'étude. Périmètre des transports urbains en vert. Sous domaines de calculs en rouge. Réseau de rues : les voies rapides urbaines en noir, autre en gris.

Pour ces mêmes raisons, une pollution de fond et une météorologie particulières sont appliquées à chacun des sous-domaines de calcul en tant que données d'entrées

<sup>4</sup> Modélisation urbaine de la pollution atmosphérique de l'agglomération stéphanoise – évaluation du PPA, AMPASEL, 2011.



(Figure 2). Ainsi, la dispersion des polluants des deux bassins Saint-Chamond et Rive de Gier sont modélisés avec les données du mât météorologique de Saint-Chamond et les données de pollution de fond de la station de mesures Saint Etienne Sud. La pollution atmosphérique de Saint-Etienne et de Firminy est modélisée avec les données du mât météorologique de Grand Clos et les données de pollution de fond de la station de mesures Saint Etienne Sud réduite de 30% dans le cas du NO<sub>2</sub>. Par la suite, on parlera de la vallée du Gier sans distinction des domaines de calcul de Saint-Chamond et de Rive de Gier.

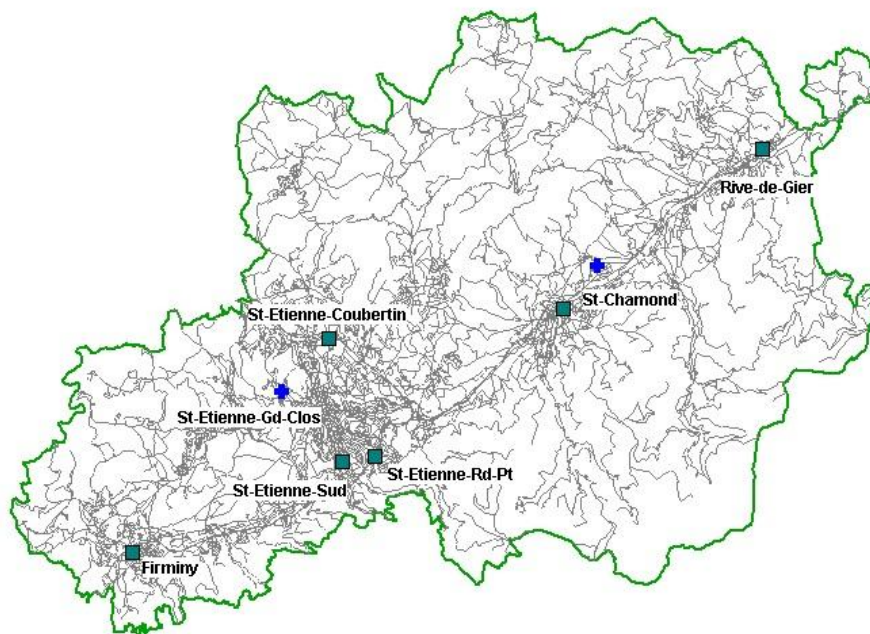


Figure 3 : Les stations de mesure du réseau fixe géré par AMPASEL en 2010 (en vert) et les stations du réseau Météo-France (en bleu). La typologie des stations est soit de fond (Saint-Chamond, Firminy, Saint-Etienne Sud et Coubertin) ou de proximité trafic (Saint-Etienne Rond-Point et Rive-de-Gier)

Le but de l'étude est d'évaluer l'impact des actions du PDU entre 2000 et 2010, autrement dit deux « états de qualité de l'air » sont simulés : un avec les émissions 2010 et l'autre avec les émissions 2000. A part les données d'émissions, aucune autre donnée d'entrée n'est modifiée : les données de pollution de fond et de météorologie sont fixes et correspondent aux données horaires mesurées en 2010. Ce choix de pollution de fond est pertinent pour montrer l'impact réel des actions PDU « toutes choses égales par ailleurs ».

Avant de finalement comparer ces deux états de qualité de l'air et de calculer l'exposition des populations aux polluants réglementés, l'état 2010 est confronté aux mesures des 5 stations du réseau fixe géré par Air Rhône-Alpes (Figure 3) afin de :

- vérifier la capacité du modèle à estimer les concentrations en polluants atmosphérique ;
- déterminer les intervalles de confiance du modèle ;
- de rendre compte de la situation réelle face aux normes réglementaires.

### 3. Calcul de l'exposition de la population

Cette méthodologie est basée sur l'affectation de la population des IRIS – fournie par l'INSEE et mise à jour annuellement – aux bâtiments issus de la BD TOPO® de l'IGN. Sur la base de la population calculée par bâtiment, la population en chacun des points de la grille de concentration SIRANE est calculée. La Figure 4 fournit un exemple d'application sur la ville de Grenoble.





## 3. Résultats

### 1. Le trafic routier

Deux sources de données permettent d'évaluer l'évolution des trafics routiers depuis 2000 sur l'agglomération de St-Etienne :

- les modélisations trafic effectuées par l'agence d'urbanisme EPURES en 2000 et 2006 montrent une relative stabilité des distances parcourues (+0.8% sur la ville de St-Etienne et +0.4% sur le territoire de SEM), avec une progression deux fois plus rapide sur les VRU (voies Rapides Urbaines)
- l'exploitation des comptages routiers gérés par la Direction Interdépartementale des Routes Centre Est (voies rapides urbaines) et le Conseil Général de la Loire (routes départementales) montre des évolutions différenciées selon le réseau considéré : les voiries structurantes (A72, A47, N88, N82, D201) voient leur trafic augmenter de façon significative (+9% à +27%), tandis que sur le reste du réseau départemental, les trafics tendent à diminuer (entre -7% et -20%).

Nous ne disposons en revanche d'aucune information pour caractériser l'évolution des trafics dans la ville centre.

### 2. Les émissions de polluants atmosphériques

#### 3.2.1. Evolution des émissions depuis 2000 sur SEM

Le trafic routier constitue une source majeure dans les émissions de NOx, et dans une moindre mesure dans les émissions de PM10 comme le montre la figure ci-dessous. La part des transports est toutefois en recul entre 2000 et 2008, passant ainsi de 79% à 73% pour les NOx et de 34% à 28% pour les PM10.

Les explications sont multiples : renouvellement progressif du parc de véhicule par le remplacement des véhicules anciens par des véhicules neufs moins polluants du fait des évolutions technologiques, maîtrise de l'évolution des distances parcourues sur Saint-Etienne Métropole hors réseau VRU, baisse moins importantes des émissions des autres secteurs d'activités.

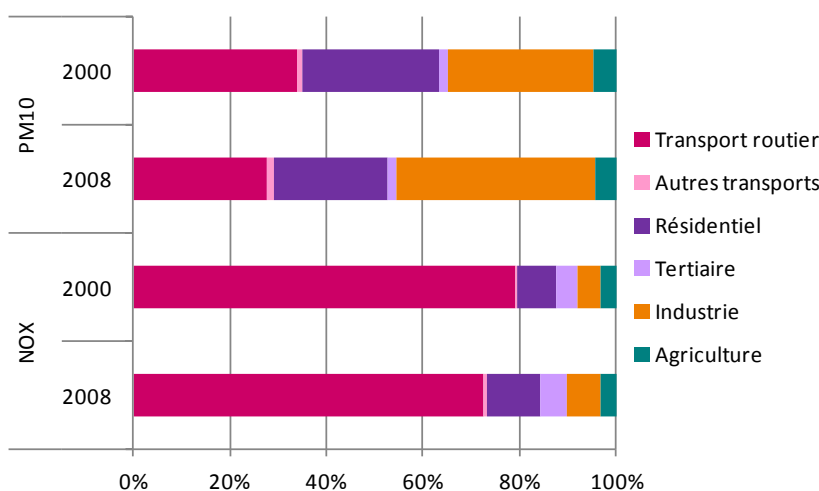


Figure 5: Evolution de la répartition sectorielle des émissions en 2000 et 2008 sur SEM.

Au sein des émissions routières, la contribution de la voiture aux émissions de particules augmente entre 2000 et 2008 pour passer à 55%, du fait que les filtres à particules équipent déjà les Poids Lourds (PL) alors que pour les voitures, ce système de dépollution n'est généralisé sur les véhicules neufs qu'à partir de 2011 (norme Euro 5). Les PL sont en revanche fortement émetteurs de NOx au regard des distances parcourues (6% des kilomètres totaux parcourus).

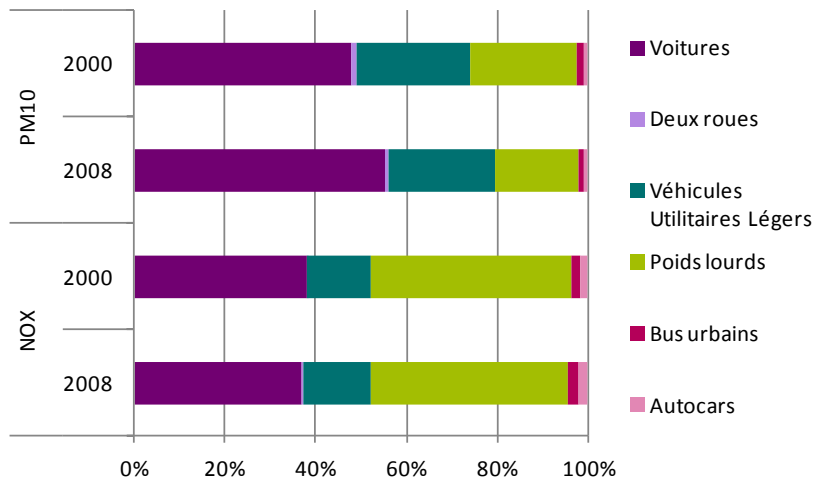


Figure 6: Evolution de la répartition par type de véhicule des émissions routières en 2000 et 2008 sur SEM.

### 3.2.2. Impact de certaines actions du PDU

Certaines actions du PDU peuvent être quantifiées via l'outil de calcul MOCAT d'Air Rhône-Alpes. Par exemple, l'électrification en 2006 de la ligne ferroviaire St-Etienne – Firminy a permis d'économiser environ 10 tonnes de NOx (soit **0,3%** des émissions transports) et 2 tonnes de PM10 (soit **0,7%** des émissions transports).

La réduction de vitesse de 20 km/h sur les voies rapides est également un levier pour diminuer les émissions. Les modèles d'émissions montrent en effet que les émissions d'un véhicule léger sont optimales aux alentours de 70 km/h. De plus, plusieurs expériences ont montré qu'une diminution de vitesse en période de pointe pouvait diminuer la congestion, paramètre influant fortement les bilans d'émissions. Par exemple, une diminution de la vitesse de 90 à 70 km/h pour les véhicules légers (et 80 à 70 km/h pour les poids lourds) permet de réduire d'environ 5% les émissions de NOx et 2,5% des PM10 (sur la base de 6% de PL dans le trafic total).

### 3.2.3. Impact de l'évolution technologique des véhicules

Le graphe de la Figure 7 représente l'évolution des émissions des véhicules jusqu'à l'année 2025 par rapport à l'année de référence 2000. La composition du parc évolue sur cette période vers des véhicules de moins en moins polluants (avec la sévérité progressive de la norme Euro), tandis que le kilométrage est considéré comme constant sur toute la période.

Ainsi pour les oxydes d'azote, les particules PM10 et PM2,5, les émissions ne cessent de décroître et l'amélioration technologique est à l'origine d'une réduction des émissions de 30 à 40% entre 2000 et 2010.

En revanche durant cette même période, le dioxyde d'azote augmente de plus de 60%, en raison des systèmes de dépollution (catalyseurs et majorité des filtres à particules) qui conduisent à une augmentation du ratio NO<sub>2</sub>/NOx. Après un palier entre 2010 et 2015, les émissions en NO<sub>2</sub> diminuent à leur tour pour atteindre une réduction estimée à 30% à l'horizon 2025 (en supposant que les problèmes évoqués précédemment seront en partie résolus).

Enfin, les émissions de CO<sub>2</sub> stagnent entre 2000 et 2005. Ensuite, le Grenelle de l'Environnement a fixé des objectifs de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules neufs, ce qui conduit à une baisse moyenne des émissions de CO<sub>2</sub> attendue de l'ordre de 25% à l'horizon 2025.

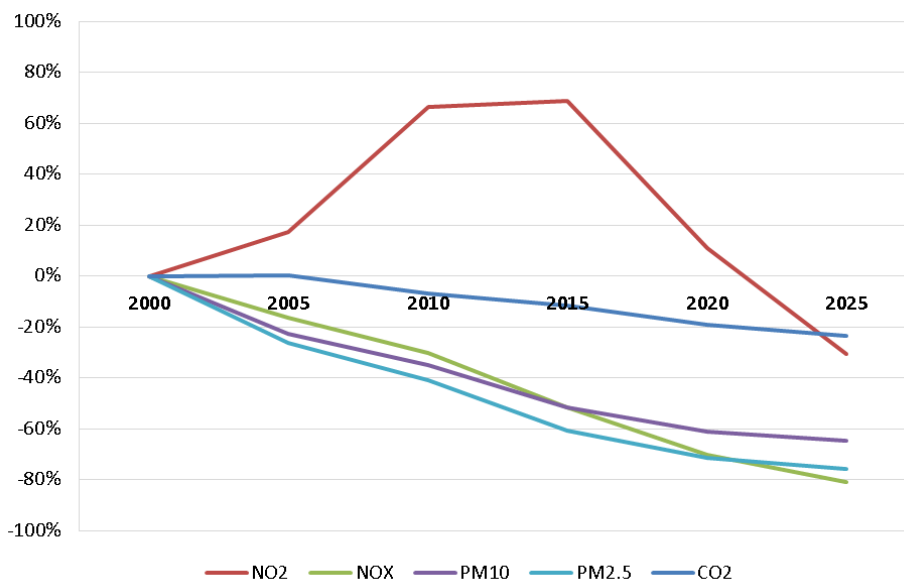


Figure 7 : Impact de l'évolution technologique des véhicules sur les émissions de polluants

### 3.2.4. Les émissions sur le réseau SIRANE

Les émissions TMJA calculées sur le réseau du modèle de trafic doivent être projetées sur le réseau du modèle SIRANE. La Figure 8 illustre le résultat de la phase de projection des émissions 2000 sur le réseau SIRANE. Les voies rapides urbaines (VRU) sont les voies les plus émettrices en termes de polluants atmosphériques.

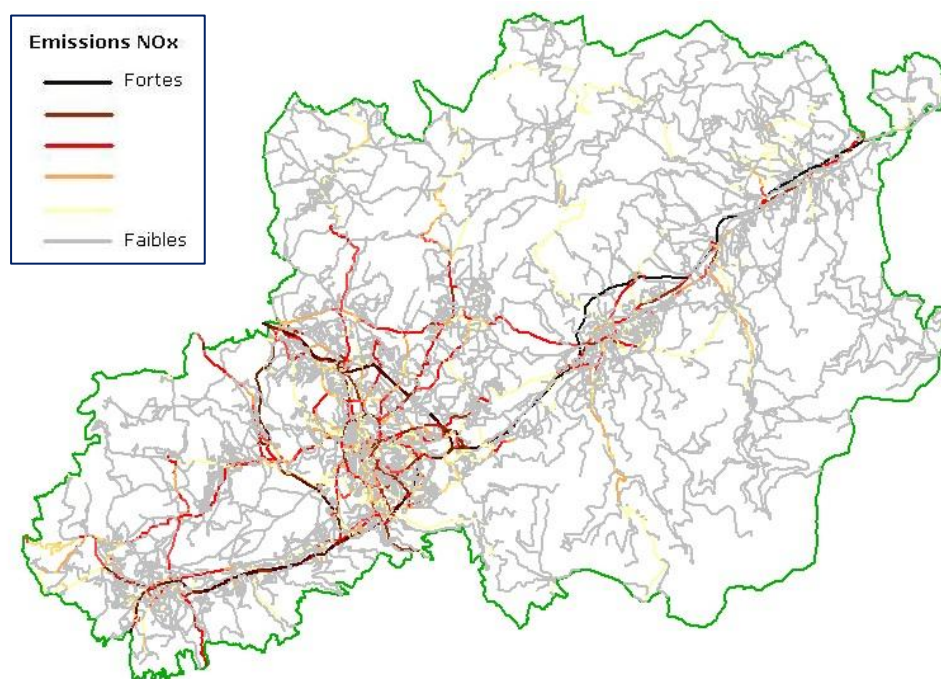


Figure 8: Description des émissions routières sur le domaine d'étude. Année 2000. Polluant NOx.







### 3. Les concentrations dans l'air

#### 3.3.1. Evolution de la qualité de l'air depuis 2000 sur les stations fixes localisées sur le territoire du PDU de Saint-Etienne

Les graphiques suivants présentent, par polluant, l'évolution des concentrations sur la station fixe la plus exposée par typologie de site sur la zone du PDU depuis 2000.

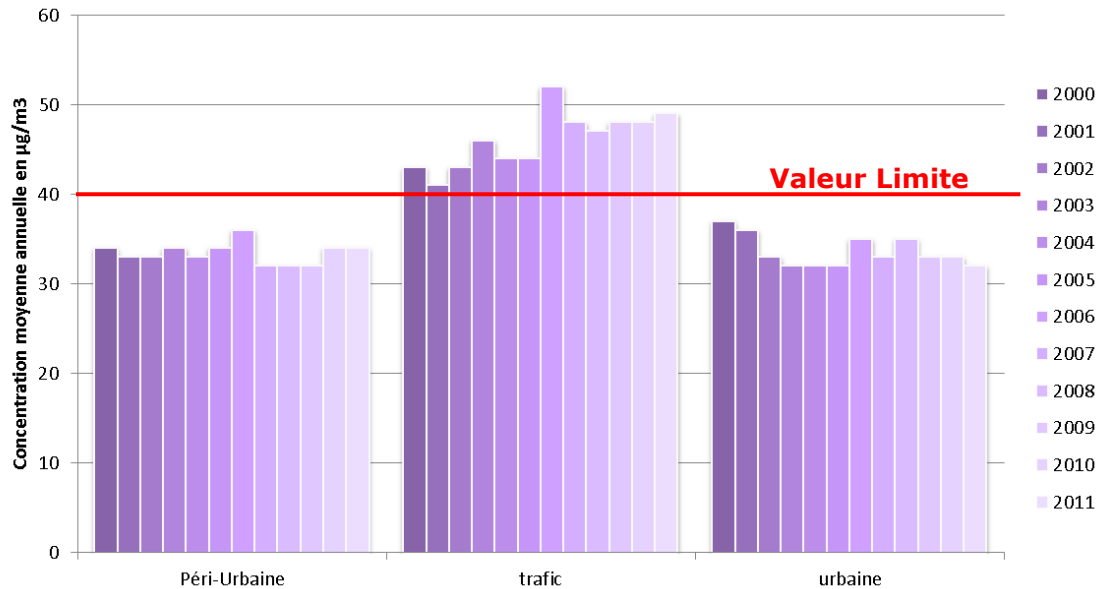


Figure 10. Evolution des concentrations de NO<sub>2</sub> en moyenne annuelle depuis 2000 au site de mesure le plus exposé.

La Figure 10 montre que les concentrations de fond en dioxyde d'azote en site urbain ou périurbain sont particulièrement stables depuis 2000 et ne montrent aucune amélioration. Elles restent cependant bien inférieures à la valeur limite fixée à 40µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

La situation est beaucoup plus critique en situation de proximité trafic puisque les points enregistrant les concentrations maximales tendent à augmenter, et dépassent largement la valeur réglementaire. Ces dépassements de valeur limite sont constatés systématiquement sur le site de proximité trafic de la vallée du Gier depuis sa mise en service et quelque fois sur le site en proximité de la N88.

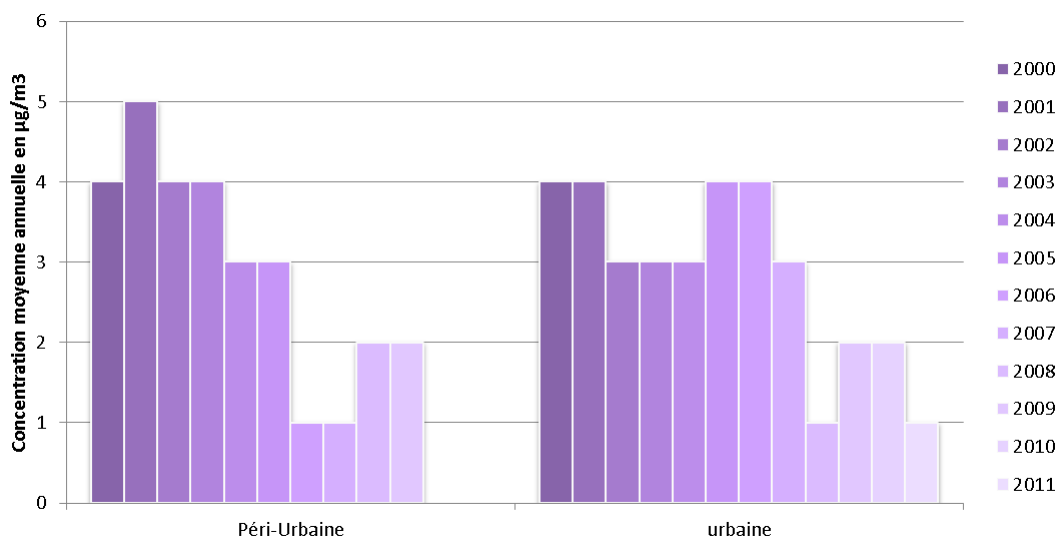


Figure 11. Evolution des concentrations de SO<sub>2</sub> en moyenne annuelle depuis 2000 au site de mesure le plus exposé.

La Figure 11 montre que les concentrations moyennes annuelles en dioxyde de soufre sont stables et très faibles quelle que soit la typologie. Les valeurs limites sont respectées.

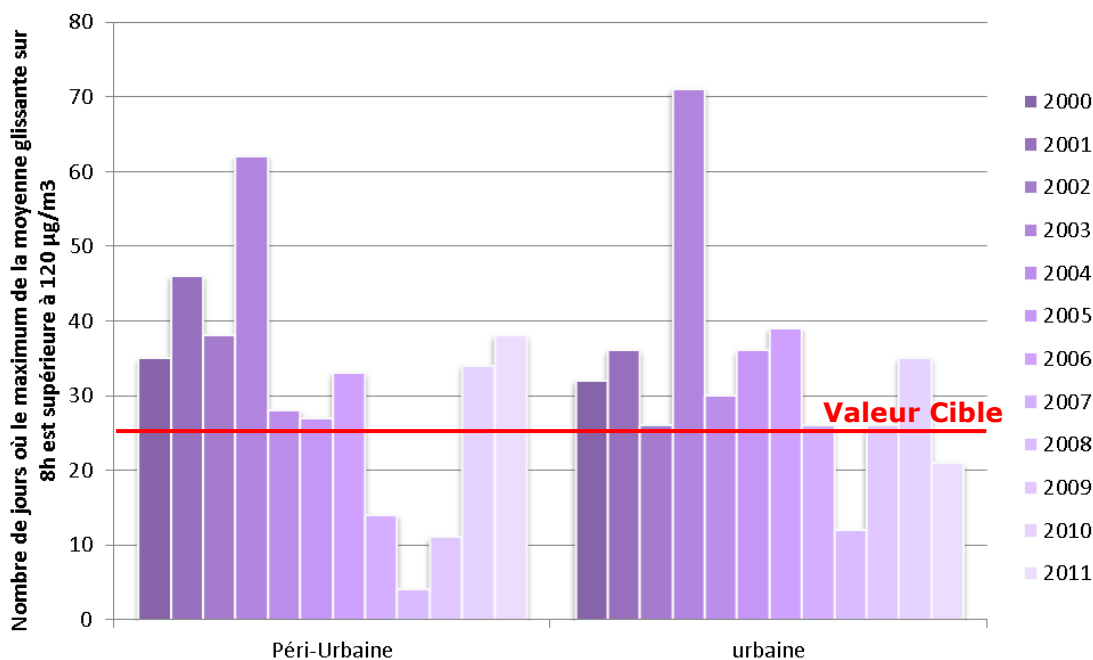


Figure 12. Evolution de la valeur limite pour l'ozone (O<sub>3</sub>) depuis 2000 au site de mesure le plus exposé.

Sur le territoire du PDU stéphanois, les concentrations en ozone en milieu urbain et périurbain sont comparables (Figure 12). Elles dépassent régulièrement la valeur cible fixée à 25 jours/an pollués à l'ozone. Ces dépassements sont très liés aux conditions météorologiques : l'année 2003, avec la canicule, a été particulièrement touchée par des dépassements de la valeur cible, au contraire des étés 2007 à 2009.

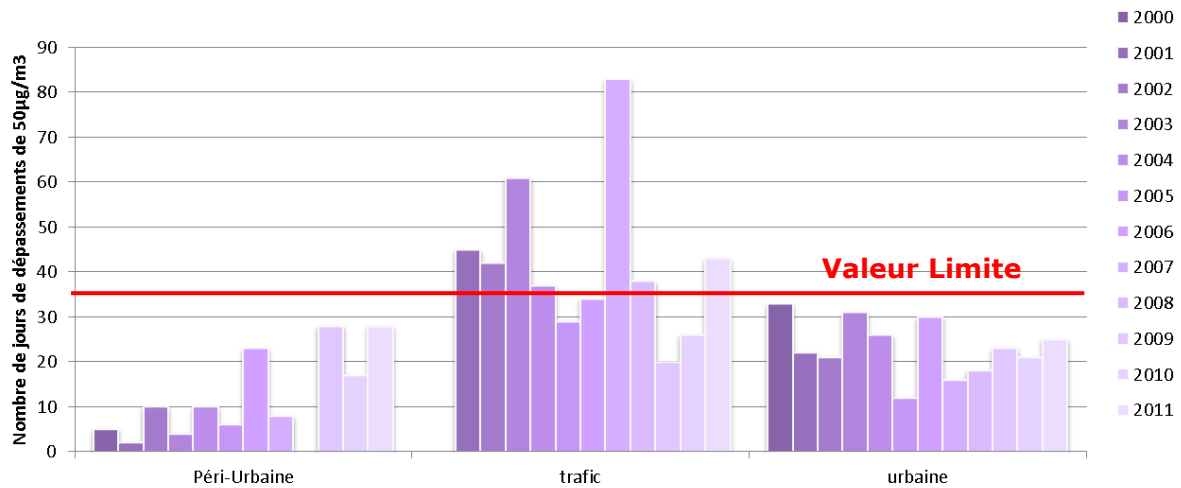


Figure 13. Evolution de la valeur limite pour les PM10 depuis 2000 au site de mesure le plus exposé.

Le graphique d'évolution des concentrations de PM10 de la Figure 13 montre que des dépassements de la valeur limite de 35 jours pollués/an n'ont été observés qu'en situation de proximité trafic. En zone urbaine et périurbaine, les niveaux varient en fonction des années selon les conditions météorologiques mais ne dépassent pas la valeur limite.

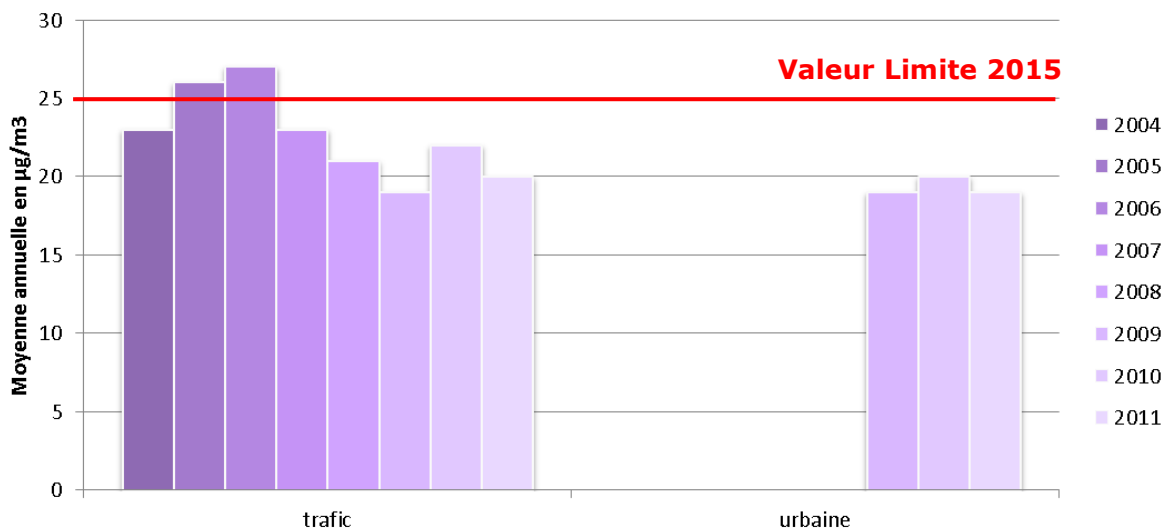


Figure 14. Evolution des concentrations de PM2,5 en moyenne annuelle depuis 2000 au site de mesure le plus exposé.

Quant aux concentrations relevées en particules PM2,5 (Figure 14), elles tendent à stagner mais ne dépassent plus la valeur limite fixée pour 2015.

### 3.3.2. Comparaison avec la mesure et les valeurs réglementaires 2010

Cette section présente les résultats de modélisation en des points particuliers du domaine d'étude correspondant aux stations du réseau fixe de mesures (Figure 3). Une comparaison entre les valeurs modélisées et les valeurs mesurées (Tableau 2, Tableau 3 et Tableau 4) permet de quantifier l'incertitude liée à la modélisation.

Les résultats de modélisation sont similaires aux résultats obtenus lors de la mise en œuvre du modèle sur l'année 2009, ils sont satisfaisants et conformes aux exigences européennes en matière d'incertitude. En effet, par comparaison à la mesure des stations du réseau fixe, les Tableau 2, Tableau 3 et Tableau 4 montrent que :

- En NO<sub>2</sub> : les pourcentages sur la moyenne annuelle sont inférieurs à 15%. Excepté à la station de Coubertin où l'erreur atteint 27 %.
- En PM10 : les pourcentages d'erreur sur la moyenne annuelle sont inférieurs à 20%
- En PM10 : le nombre de jours dont la concentration journalière dépasse le seuil de 50 µg.m<sup>-3</sup> est très inférieur à la mesure.

L'expérience sur Lyon et Grenoble montre que la modélisation des PM10 est avant tout une question de pollution de fond. Si la pollution de fond utilisée en entrée de la modélisation est représentative du domaine d'étude alors la majorité du travail est accomplie. Ici c'est le cas avec la station Saint-Etienne Sud qui décrit bien le champ de concentration de la station de Rond-Point. En revanche, c'est moins le cas pour le champ de concentration de la vallée du Gier et du Nord de Saint-Etienne.

NO <sub>2</sub> µg.m <sup>-3</sup>	Mesure	SIRANE	écart	% erreur
Coubertin	35	24	-9	27
Rond-Point	40	42	3	9
Saint-Etienne-sud	22	23	1	6
Rive de Gier	48	43	-4	9
Saint-Chamond	33	28	-5	14
Firminy	21	20	-1	7

Tableau 2 : Concentrations moyennes annuelles 2010 mesurées et modélisées aux stations en dioxyde d'azote. Erreur du modèle et pourcentage associé relatif à la mesure.

PM10 µg.m <sup>-3</sup>	Mesure	SIRANE	écart	%
Coubertin	27	22	-5	17
Rond-Point	28	27	-1	4
Saint-Etienne-sud	20	22	2	9
Rive de Gier	26	21	-4	16
Saint-Chamond	28	23	-5	17
Firminy	24	21	-3	12

Tableau 3 : Concentrations moyennes annuelles 2010 mesurées et modélisées aux stations en particules PM10. Erreur du modèle et pourcentage associé relatif à la mesure.

Nombre de jours dépassant le seuil de 50 µg.m <sup>-3</sup>	Mesure	SIRANE
Coubertin	16	8
Rond-Point	17	15
Saint-Etienne-sud	6	8
Rive de Gier	24	8
Saint-Chamond	19	8
Firminy	15	8

Tableau 4 : Nombre de jours de dépassement du seuil 50 µg.m<sup>-3</sup> mesurées et modélisées aux stations en particules PM10.

Au regard de la réglementation, **en 2010 et pour le dioxyde d'azote, la valeur limite pour la protection de la santé humaine fixée par l'OMS à 40 µg.m<sup>-3</sup> est franchie par la mesure et la modélisation au niveau de Saint-Etienne Rond-Point et Rive de Gier.** En PM10, la valeur limite également fixée à 40 µg.m<sup>-3</sup> est respectée sur tous les sites en mesure et en modélisation. Toujours en PM10, la valeur de 50 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne sur 24 heures, ne devant pas être dépassée plus de 35 jours par an est également respectée sur tous les sites en mesure et en modélisation bien que cette dernière sous-estime fortement ce paramètre. L'année 2010 présente des conditions météorologiques favorables à la dispersion des polluants à contrario de l'année 2007 et 2011 en cours.

La modélisation estime les concentrations avec des incertitudes par rapport à la mesure satisfaisante. Les mesures indiquent qu'il y a très peu de risques associés aux particules PM10. En revanche, le polluant à surveiller est le dioxyde d'azote où les dépassements concernent les stations de typologie trafic.

### 3.3.3. Etat de la qualité de l'air en 2000

Cette section présente une spatialisation des concentrations calculées par le modèle SIRANE avec les émissions 2000 en dioxyde d'azote. Cet état de qualité de l'air est un état fictif qui aurait été observé à météorologie et pollution de fond identiques à celles de 2010 : ces résultats cartographiques de concentration de polluants dans l'air ne sont donc pas comparables aux concentrations qui auraient été mesurées en 2000 sur le terrain.

Ces cartographies permettent de localiser les zones sensibles et de quantifier les populations exposées à la pollution par le dioxyde d'azote si les conditions météorologiques et la pollution de fond en 2000 étaient les mêmes que ceux de 2010. Les résultats concernant les particules PM10 sont exposés en annexe C.







Sur la ville de Saint-Etienne et sa couronne, la RN88 et le Boulevard Industriel formé par l'A72 sont facilement identifiés comme les sources les plus polluantes mais le centre-ville n'est pas épargné avec de nombreuses rues dites inter-quartier flirtant avec la valeur limite telles que le boulevard Jules Janin et le cours Fauriel. Dans ces conditions, ce sont 13 500 habitants qui sont exposés aux risques sanitaires liés à la pollution en oxyde d'azote et 7% du territoire étudié.

Le bassin de la vallée du Gier est sans doute le territoire où la qualité de l'air est la moins bonne (par rapport aux autres domaines étudiés). En effet, le niveau de la pollution de fond y est déjà plus important que sur les communes de Firminy et de Saint-Etienne. Une part industrielle non négligeable est en partie à l'origine de cette différence mais la part des transports routiers n'est pas sans conséquences. Les valeurs limites sont ici dépassées allègrement que ce soit au niveau de l'autoroute ou en centre urbain. 26% du territoire modélisé est exposé à des dépassements de valeur réglementaire. A cause d'une localisation des lieux d'habitation à l'écart des voiries, seulement 3,3% de la population est affectée.

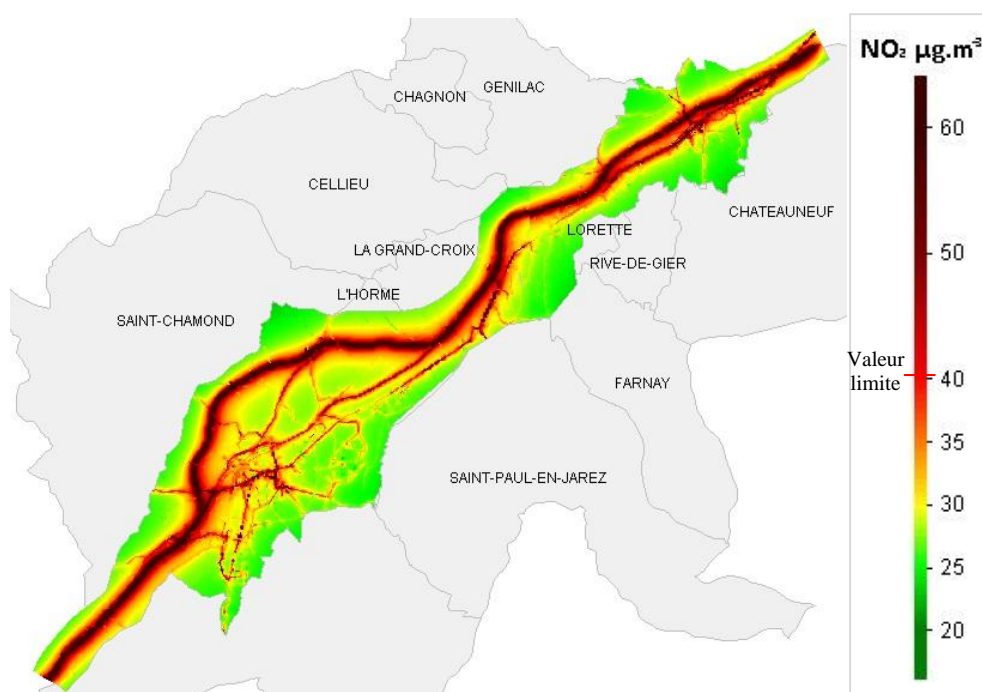


Figure 17 : Cartographie de la concentration moyenne annuelle 2000 en dioxyde d'azote sur la vallée du Gier.

<b>NO2</b>	Nombre d'habitants	% d'habitants	Surface en km <sup>2</sup>	% du territoire
Vallée de l'Ondaine	570	1.5	0.5	2
Saint-Etienne et sa couronne	13 500	6.5	4	7
Vallée du Gier	8 600	3.3	8	26

Tableau 5 : Exposition de la population et du territoire à des dépassements de la valeur limite annuelle en NO<sub>2</sub>.

### 3.3.4. Impact sur la qualité de l'air

Cette section présente les impacts des actions du PDU par rapport à l'état de la qualité de l'air 2000 vis-à-vis du polluant NO<sub>2</sub>. Ces cartographies sont les résultats de la différence entre l'état en 2010 et l'état en 2000. Pour l'exploitation des résultats en particules PM10, se référer à l'annexe C.

Les représentations cartographiques des impacts des actions du PDU sur les domaines de calcul montrent une légère amélioration de la qualité de l'air de l'ordre de 2 µg.m<sup>-3</sup> en dioxyde d'azote alors que le niveau de pollution de fond urbain utilisé en entrée de la modélisation est resté stable. A contrario, la tendance des grandes voiries sur d'autres agglomérations est à la hausse pour ce polluant.

Sur le bassin de vie de la vallée de l'Ondaine, une importante amélioration de la qualité de l'air est constatée sur l'itinéraire autoroutier la traversant (Figure 18). Les concentrations en dioxyde d'azote ont baissé jusqu'à 15µg.m<sup>-3</sup> par rapport à la modélisation de l'état 2000. Concernant l'exposition de la population, environs 430 personnes de moins sont exposées à des dépassements de normes réglementaires. L'électrification de la ligne Réseau Ferré de France entre Firminy et Saint-Etienne explique une partie de ces résultats mais la part exact de cette action est difficilement quantifiable car elle est noyée parmi les autres actions du PDU ou l'amélioration technologique des véhicules.

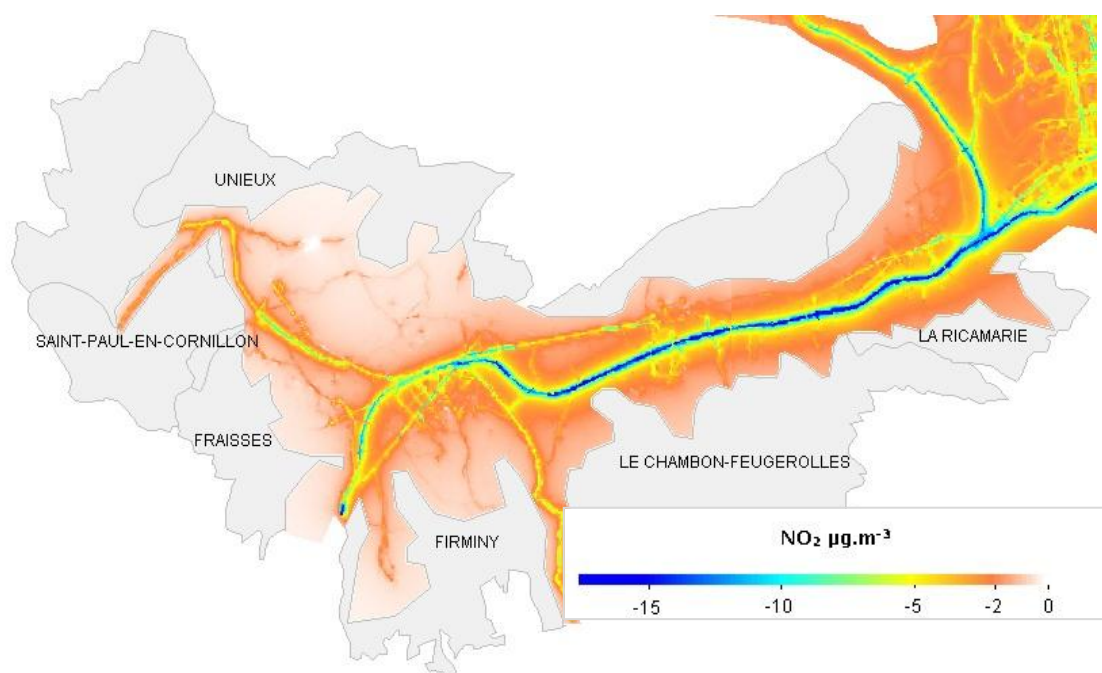


Figure 18 : Impacts des actions sur les concentrations en dioxyde d'azote. Vallée de l'Ondaine.

Sur la ville centre de Saint-Etienne, la Figure 19 illustre que l'impact des efforts en matière de déplacement et d'émissions est surtout visible sur les voies rapides urbaines. En centre ville, une réduction des concentrations est tout de même notable comme par exemple sur la partie nord du boulevard urbain, rue de la république et rue Michel Rondet. Un gain moyen annuel en dioxyde d'azote de 10 à 15 µg.m<sup>-3</sup> est relevé. En revanche dans la couronne, les concentrations de la RD201 diminuent moins que les autres voies de la rocade de contournement de Saint-Etienne.



Dans la vallée du Gier, la nuisance induite par le trafic routier en matière de pollution atmosphérique a également sensiblement baissé (Tableau 6). Les mêmes ordres de grandeur sont retrouvés à savoir un gain de  $15 \mu\text{g.m}^{-3}$  sur les voies de l'A47. S'agit-il de l'effet d'une meilleure régulation du trafic ? De la conséquence d'une politique de rabattement sur des pôles d'échanges ? De la mise en place d'une tarification intégrée ? Ou encore l'effet de l'évolution technologique des véhicules motorisés ? Il est difficile de conclure avec certitude au regard des données disponibles. Ainsi 4 600 personnes sont préservées des risques liées à cette nuisance. Cette réduction couvre une large partie du domaine avec 8 km<sup>2</sup> de gain soit plus de 10% du territoire. Toutefois, ces résultats sont à prendre avec précaution car la baisse des niveaux de pollution est proportionnellement moins importante que sur la ville de Saint-Etienne ou la vallée de l'Ondaine, la vallée du Gier présentant des concentrations plus élevées sur l'état de référence.

<b>NO<sub>2</sub></b>	Nombre d'habitants	% d'habitants	Surface en km <sup>2</sup>	% du territoire
Vallée de l'Ondaine	430	1.2	0.5	1.2
Saint-Etienne et sa couronne	10 100	4.9	4	4
Vallée du Gier	4 600	1.5	8	11.5

Tableau 6: Gain sur l'exposition de la population et du territoire à des dépassements de valeur limite en NO<sub>2</sub>.



## 4. Conclusion

Ce travail d'évaluation a permis d'établir :

- **L'évolution des émissions polluantes d'origine automobile entre 2000 et 2008.** La contribution des émissions routières est moins importante (-6%) par rapport aux autres secteurs d'émission (industrie, résidentiel et tertiaire, ...). L'évolution technologique joue un rôle non négligeable dans la réduction des émissions d'oxydes d'azote et de particules fines. Au sein des émissions d'oxydes d'azote du trafic routier, la part des poids lourds est toujours prépondérante. Pour les particules PM10, la part des voitures s'accroît pour atteindre 55% des émissions totales du trafic routier.
- **Des résultats de modélisation nuancés suivant le polluant.** L'incertitude du modèle en comparaison aux mesures de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est satisfaisante, inférieure à 30% ; pour les PM10, le modèle peut sous-estimer les concentrations mesurées à certaines stations à cause notamment d'une pollution de fond inhomogène sur le domaine d'étude.
- **L'état de la qualité de l'air en 2010.** Les mesures et la modélisation montrent :
  - Le respect des normes réglementaires vis à vis de la pollution en particules PM10 malgré l'occurrence d'épisodes de pollution ponctuels l'hiver.
  - Le non respect des normes réglementaires vis-à-vis de la pollution en dioxyde d'azote. Les risques sont localisés en proximité trafic le long des voies rapides urbaines et en centre urbain où la population est très dense.
  - Une situation plus pénalisante dans le bassin de la vallée du Gier du fait de la topographie particulière.
- **L'impact sur la qualité de l'air de l'ensemble des actions modélisées :**
  - Diminution des niveaux de concentrations visible essentiellement sur les voies rapides urbaines. Le gain est en moyenne de 15µg.m<sup>-3</sup> en dioxyde d'azote et concerne les liaisons entre « Firminy – Saint-Etienne sud-ouest » et le couloir industriel (A47 et A72).
  - Des risques sanitaires en baisse, en effet la population exposée à des niveaux de concentration supérieurs aux seuils réglementaires atteint une réduction de 5% soit 10 000 personnes de moins à Saint-Etienne.
  - Des zones vulnérables réduites, jusqu'à 8 km<sup>2</sup> seraient épargnées sur la vallée du Gier.
- Une difficulté dans l'identification de l'impact d'une action par rapport à une autre et notamment de **l'identification de l'impact des actions du PDU de l'agglomération de Saint-Etienne par rapport aux gains d'émissions apportés par l'amélioration technologique des véhicules** sur la période 2000-2010.
- Que des efforts doivent encore être produits sur **la vallée du Gier, le contournement Ouest de Saint-Etienne (RD201) et la traversée de Saint-Etienne par la RN88**, où les impacts des actions du PDU sont moins significatifs.



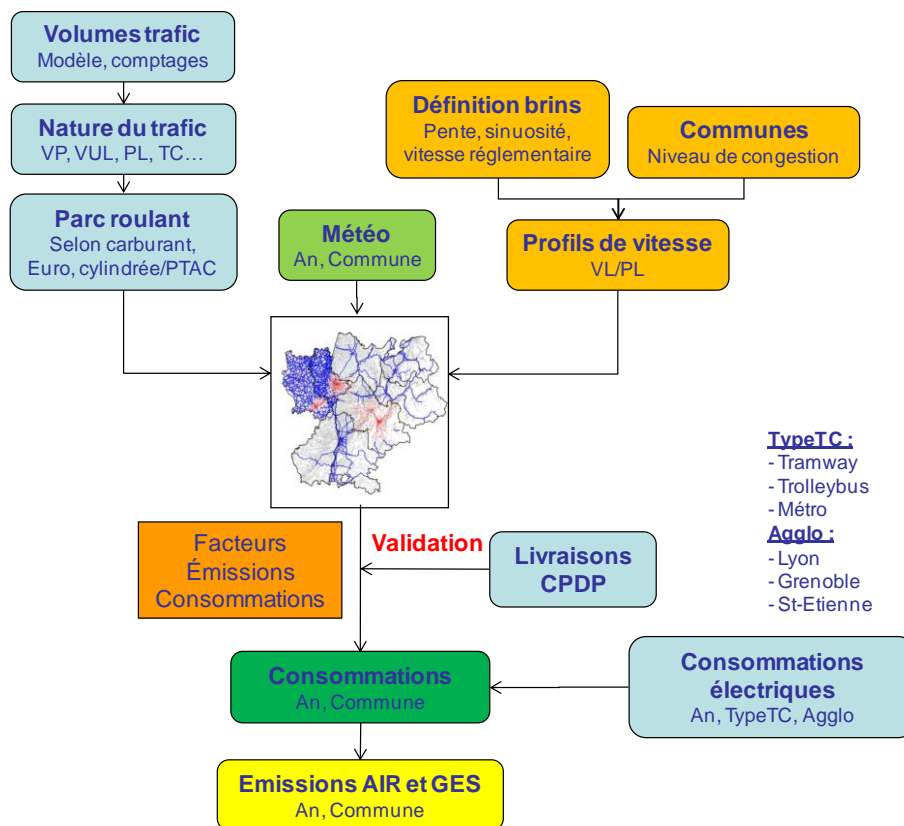
## Annexe A : Modèle MOCAT

Le transport routier est une source majeure d'émissions que les acteurs locaux cherchent le plus souvent à maîtriser. Il faut pour cela caractériser au mieux le trafic circulant sur chacun des axes routiers de la zone d'étude. Il s'agit de connaître non seulement le débit moyen de véhicules, mais aussi la proportion des poids lourds, les profils de vitesse de chaque véhicule, le parc roulant de l'année considérée... La fiabilité de ces paramètres est primordiale pour modéliser l'impact d'une mesure telle que la réduction de vitesse ou une restriction de circulation pour certaines catégories de véhicules (véhicules anciens par exemple).

Les cadastres d'émissions obtenus (état des lieux et perspectives) sont des données d'entrée précieuses pour les modèles de simulation de la qualité de l'air, tant à l'échelle régionale (modélisation de l'ozone) que locale (modélisation du NO<sub>2</sub> dans les rues).

A cette occasion le modèle MOCAT (**MO**dèle de **CA**lcul des émissions du **T**ransport) a été développé par Air Rhône-Alpes pour répondre à ces multiples besoins. La méthodologie mise en œuvre pour calculer les émissions liées au trafic routier est issue de COPERT IV. Il s'agit d'une méthodologie **bottom-up** pour laquelle toutes les sources de données sont clairement identifiées et où il existe des données précises : comptages routiers, distribution des classes de véhicules, vitesses des véhicules, facteurs d'émissions, rampe et sinuosité de la route...

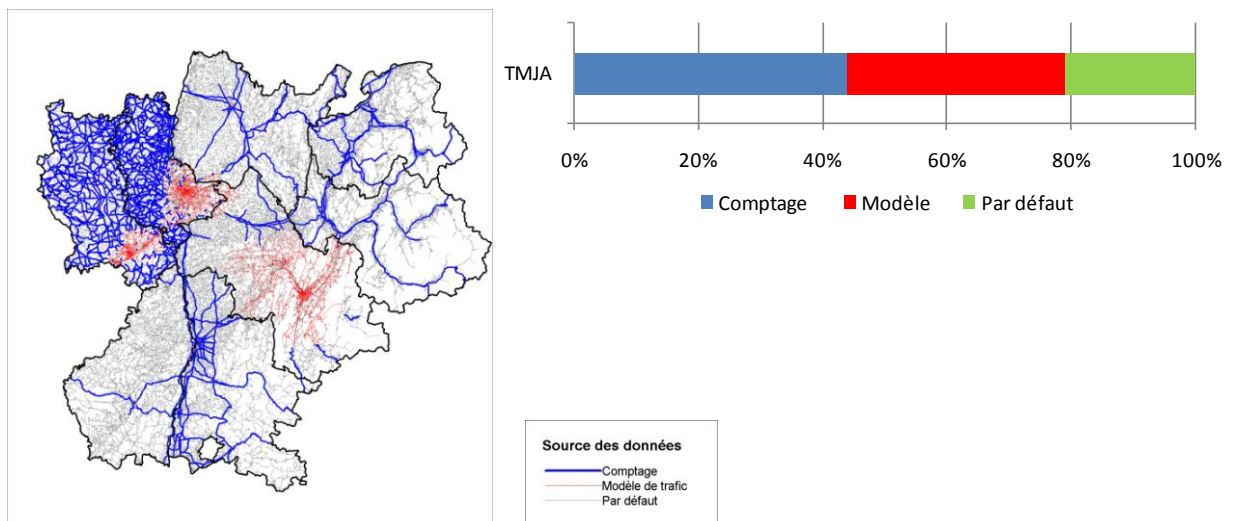
Le logigramme suivant synthétise la démarche retenue pour le calcul des émissions à chaud et à froid.



**Chaîne de calcul simplifiée des émissions du transport routier.**



- Un réseau routier régional est constituée sur la région Rhône-Alpes. Les informations géographiques proviennent des modèles de trafic, complétés par la BDCARTO (base de donnée géoréférencée de l'IGN contenant notamment un couche réseau routier) sur le reste du territoire ;
- A chaque brin routier constituant la matrice régionale sont associées les informations suivantes :
  - Volume de trafic : donnée provenant de plusieurs sources de données :
    - Sur l'agglomération de St-Etienne, les modélisations trafic EPURES de 2000 et 2006 ont été utilisées.
    - Comptages routiers : un long travail d'affectation des comptages sur les tronçons adéquats a été réalisé, en s'appuyant notamment :
      - Sur un travail de la DRE portant sur les comptages 2003 des autoroutes et nationales ;
      - Sur un travail détaillé réalisé notamment par l'ex DDE42 et repris par le CG42 sur les routes départementales ;
    - Les départementales demeurant non renseignées sont associées à des valeurs forfaitaires établies par défaut :
      - Pour les départementales à desserte régionale ou principale, la valeur par défaut a été calculée à partir des comptages disponibles pour ces types de voies ;
      - Pour les départementales à desserte locale, les déplacements ont été considérés comme locaux, donc dépendants du nombre d'habitants de la commune. Cette approche corrige en partie la sous-estimation observée précédemment sur les trafics des villes moyennes.



### **Source des volumes de trafic**

- Part de poids lourds : estimation à partir des comptages, statistiques aux péages... Une estimation par défaut a été réalisée pour les brins sans



## Annexe B : Modèle SIRANE

Développé par l'École Centrale de Lyon, le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain, adapté à l'échelle de la rue ou d'un quartier. Il permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones constituées principalement de rues bordées de bâtiments sous forme de cartographie.

D'un point de vue temporel, SIRANE est adapté à des échelles caractéristiques de l'ordre de l'heure. Le modèle SIRANE 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, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>)

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

Les applications du modèle concernent l'étude des conséquences de la pollution atmosphérique en milieu urbain :

- Cartographie de la pollution à l'échelle d'un quartier, en complément des mesures
- Détermination de la représentativité des capteurs
- Evaluation de l'exposition de la population
- Impact de nouveaux aménagements urbains, de plans de déplacement ou de politiques de réduction des émissions
- Prévission de la pollution

Le modèle SIRANE est utilisé, d'une part, pour évaluer la concentration annuelle en dioxyde d'azote depuis 2002 sur l'agglomération intra périphérique de Lyon, depuis 2004 sur l'agglomération de Grenoble et depuis 2007 sur l'agglomération de Valence. Le modèle SIRANE est utilisé, d'autre part, pour évaluer de manière prospective les actions entreprises sur l'agglomération de Lyon dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) depuis 2004 ou dans le cadre du Plan de Déplacement Urbain (PDU) depuis 2005 sur l'agglomération de Grenoble.

### **Principe de fonctionnement**

Les données d'entrée nécessaires au fonctionnement du modèle peuvent être regroupées dans les catégories suivantes :

- Le réseau des rues interconnectées comprenant les caractéristiques géométriques de ces dernières (largeur et hauteur moyenne) et leurs typologies (canyon et voie rapide urbaine)

- L'évolution horaire des variables météorologiques (vitesse et direction du vent, température, précipitations...)
- L'évolution horaire du niveau de pollution de fond
- L'évolution horaire des données d'émissions provenant des voies de circulation

Le schéma des entrées-sorties du modèle SIRANE est présenté Figure 17.

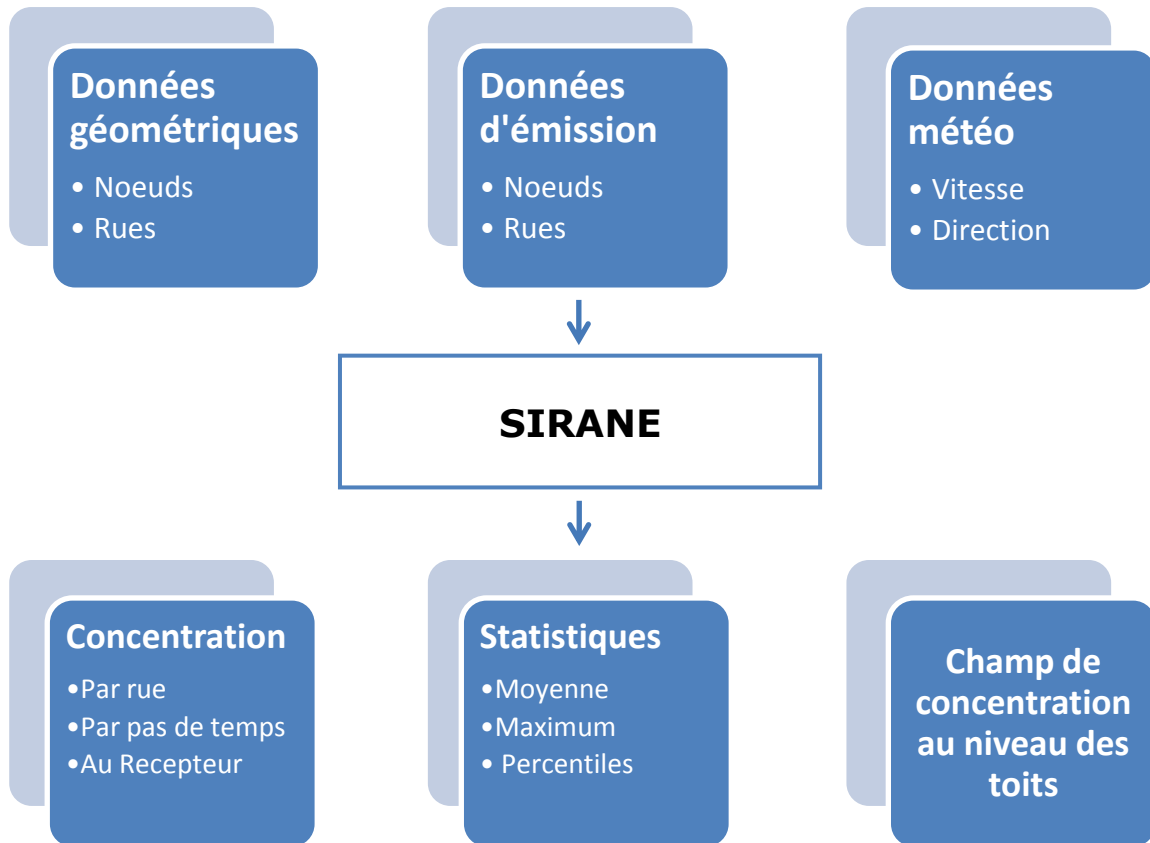


Figure 21 : Schéma de fonctionnement du modèle SIRANE

En sortie, SIRANE fournit :

- ✓ L'évolution de la concentration moyenne à l'intérieur de chaque rue et en un certain nombre de récepteurs ponctuels
- ✓ Les grandeurs statistiques associées (maximum, percentile ...)
- ✓ Le champ de concentration à une résolution maximum de 10 mètres

# Annexe C : Les particules PM10

Etat de la qualité de l'air avec les émissions 2000 en particules PM10.



Cartographie de la concentration moyenne en PM10.



Cartographie du nombre de jours de dépassement du seuil  $50 \mu\text{g.m}^{-3}$  en PM10.

PM10	Nombre d'habitants	% d'habitants	Surface en $\text{km}^2$	% du territoire
Vallée de l'Ondaine	0	0	0	0
Saint-Etienne et sa couronne	0	0	0.02	0.04
Vallée du Gier	47	0.02	0.17	0.54

Exposition de la population et du territoire à des dépassements de la valeur limite annuelle en PM10.

