

**SETEC**  
**Environnement**  
Projet PEM / Two Lyon et ZAC  
Part-Dieu Ouest

Etude air et santé

**RAPPORT D'ETUDE**

Réf.: 284.1015/ETR – v2.1 – Août 2016

## INTERVENANTS

SETEC ENVIRONNEMENT (CLIENT)	
Adresse : Immeuble le Crystallin CS 20087 – 197/193 cours Lafayette – 69485 LYON cedex 06	
Contact : Florence LARCHER Tél. : 04 27 85 49 57	E-mail : <a href="mailto:florence.larcher@environnement.setec.fr">florence.larcher@environnement.setec.fr</a>
Contact : Marion THILL Tél : 04 86 15 61 87	E-mail : <a href="mailto:marion.thill@environnement.setec.fr">marion.thill@environnement.setec.fr</a>

NUMTECH (PRESTATAIRE)	
Adresse : 6 Allée Alan Turing - CS 60242 - Parc Technologique de La Pardieu - 63178 AUBIERE CEDEX	
Tél. : (33) 4 73 28 75 95	Fax : (33) 4 73 28 75 99
Contact : Emmanuelle DUTHIER, Chef de Projet	E-mail : <a href="mailto:duthier@numtech.fr">duthier@numtech.fr</a>

VERSION	DATE	DESCRIPTION DES MODIFICATIONS
2.1	30/08/2016	Prise en compte des remarques de Setec
2.0	29/07/2016	Version initiale

REDACTION	CONTROLE QUALITE
Emmanuelle DUTHIER, Chef de projet, NUMTECH  	Julien GALINEAU, Chef de projet, NUMTECH  
Adrien MARCHAIS, Ingénieur du Génie Sanitaire, NUMTECH  	

## RESUME

### Introduction

Le présent rapport constitue le volet « Air et Santé » des études d'environnement des projets de création de la ZAC Part-Dieu Ouest et des programmes PEM/Two Lyon.

Ce projet de ZAC est prévu dans le cadre du projet urbain Lyon Part-Dieu. Ce projet global comporte quatre entités opératoires distinctes :

- La « Gare ouverte », qui inclut le Pôle d'Echanges Multimodal (PEM) et ses abords : places Béraudier, place de Francfort (gare routière), place de Milan ;
- Le « Cœur Part-Dieu », qui s'étend principalement sur la dalle et autour du centre commercial, de la rue Garibaldi au boulevard Vivier-Merle, et de la rue du Docteur Bouchut à la rue Deruelle ;
- Le « Lac Cuirassiers Desaix », qui va de la rue du Docteur Bouchut à la rue Paul Bert, et du boulevard Vivier Merle à la rue Garibaldi, secteur le plus favorable au développement de l'habitat ;
- La « Part-Dieu Sud » qui se déploie du boulevard Vivier-Merle à la rue Maurice Flandin et de la rue Paul Bert au cours Gambetta dans le continué de la ZAC de la Buire, périmètre destiné au tertiaire et aux sports et loisirs.

Le projet de ZAC Part-Dieu Ouest, s'inscrit au sein du périmètre du projet urbain. Les programmes PEM, Two Lyon (projet immobilier) et de la ZAC sont étudiés de manière intégrée et poursuivent des objectifs cohérents. L'étude porte sur les effets cumulés du projet PEM/Two Lyon, et de la ZAC Part-Dieu.



Figure 1 – Vue 3D du projet

Trois scénarios sont étudiés :

- L'état initial pour l'année 2015,
- l'état futur pour l'année 2030, sans réalisation du projet PEM / Two Lyon, mais avec réalisation du projet de ZAC (scénario dénommé « fil de l'eau ») ;
- l'état futur pour l'année 2030, avec réalisation du projet PEM / Two Lyon.

Les enjeux du projet en termes de qualité de l'air portent sur le trafic routier. En effet, le projet de ZAC s'accompagne de la création de nombreux logements, de bureaux et commerces, et de la modification du schéma de la voirie, qui impacteront les trafics automobiles sur la zone d'étude. La création d'une ZAC et la réalisation d'un aménagement tel que le PEM / Two Lyon, ne sont encadrés de façon spécifique par la réglementation sur la qualité de l'air. Par conséquent, dans la mesure où les enjeux du projet portent principalement sur le trafic routier, il a été choisi de s'appuyer d'un point de vue méthodologique pour la réalisation de cette étude, sur la « Circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005, relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières ».

Le niveau d'étude, déterminant le contenu de l'étude, est défini selon trois critères : charge prévisionnelle du trafic, densité de population et longueur du projet.

Cette étude est donc menée en suivant la méthodologie préconisée pour une étude de **niveau 2 sur l'ensemble du domaine d'étude, et de niveau 1 au niveau des sites sensibles identifiés**, ce qui implique la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires, pour ces sites uniquement.

A ce titre, les polluants atmosphériques considérés dans cette étude sont :

- le NO<sub>2</sub> ;
- le CO ;
- les hydrocarbures, parmi cette famille dont l'étude est recommandée par la circulaire, nous avons choisi de retenir le benzo(a)pyrène, qui fait l'objet d'une réglementation en termes de qualité de l'air ;
- le benzène ;
- les particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> ;
- le SO<sub>2</sub> ;
- le nickel ;
- le cadmium.

## Caractérisation du domaine d'étude

Ces substances font toutes l'objet d'une réglementation en termes de qualité de l'air. Dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires, une liste spécifique de polluants est considérée.

Le domaine d'étude retenu englobe toutes les rues pour lesquelles une donnée de trafic était disponible. L'ensemble de ces rues est présenté sur la figure suivante.



Figure 2 – Domaine d'étude et rues étudiées

Ce domaine d'étude est caractérisé par un relief totalement plat.

Les vents montrent des directions privilégiées très marquées avec des vents dominants provenant du nord-nord-ouest, et du sud presque exclusivement.

La population a été estimée sur le domaine d'étude pour l'état initial à l'aide de données INSEE portant sur l'année 2010, et carroyées avec une résolution de 200 m. La population ainsi estimée sur le domaine d'étude est de l'ordre de 38 450 habitants. Pour le fil de l'eau 2030, les principaux aménagements immobiliers connus, prévus d'ici 2030 sur la ZAC ont été pris en compte, ce qui représente 2480 habitants supplémentaires, répartis en plusieurs zones

du domaine d'étude. Pour l'horizon 2030, la population est supposée égale que le projet de ZAC soit réalisé ou non.

Les sites sensibles, c'est-à-dire correspondant à des lieux de vie de personnes plus sensibles à la pollution atmosphérique (enfants, personnes âgées ou malades), ou à des lieux de pratique sportive, ont été recensés sur le domaine d'étude. Ces sites sont notamment exploités par la suite dans l'évaluation des risques sanitaires.

La pollution de fond caractéristique du domaine d'étude a été caractérisée grâce aux relevés de la station de mesure « Lyon Centre » du réseau de surveillance de la qualité de l'air Air Rhône Alpes. Ces données sont par ailleurs exploitées par la suite dans les calculs de dispersion.

# Estimation des émissions polluantes

## Concentrations en polluants sur le domaine d'étude

Les émissions polluantes ont été quantifiées sur le domaine d'étude selon la méthodologie Copert IV. Ce calcul montre :

- une diminution des émissions de tous les polluants entre l'état initial 2015 et le fil de l'eau 2030. Elle est due aux améliorations technologiques et au renouvellement du parc urbain entre les deux horizons ;
  - une augmentation des émissions de tous les polluants entre la situation fil de l'eau et le projet en 2030. Elle est de 17% en moyenne, et est due à l'augmentation globale du trafic à l'échelle du domaine d'étude suite à la mise en place du projet.

Le modèle de dispersion atmosphérique ADMS Urban a été mis en œuvre sur la base des données d'émission quantifiées. Il a permis de simuler la dispersion des différents polluants étudiés sur la bande d'étude.

Les zones de retombées les plus élevées sont localisées :

- Pour l'état initial 2015 et le fil de l'eau 2030 : le long de la rue Servient, à l'est de la rue de Bonnel et au sud du boulevard Jules Favre, au nord de la rue de la Villette, et sur la rue Paul Bert ;
  - Pour le scénario avec projet 2030 : à l'ouest des passages sous les voies SNCF de l'avenue Georges Pompidou et de la rue de Bonnel.

## Effets du projet sur la qualité de l'air

L'impact du projet sur la qualité de l'air a été comparé aux seuils réglementaires définis par l'article R 221-1 du Code de l'Environnement. Pour cela, les calculs de dispersion intègrent la contribution des rues modélisées, ainsi qu'une pollution de fond pour chaque substance étudiée, permettant de caractériser les concentrations réelles attendues dans l'environnement.

A l'état initial 2015, les concentrations simulées dépassent les valeurs limites de qualité de l'air en  $\text{NO}_2$  (dans la majorité des rues),  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2.5}$  (sur les quelques rues les plus impactées).

Pour les états futurs 2030, les dépassements diminuent significativement en  $\text{NO}_2$ , et de façon moins sensible en poussières.

Globalement la mise en place du projet n'a qu'un impact très limité sur les dépassements observés, mais peut faire apparaître des dépassements à l'ouest des passages sous les voies SNCF, avenue Georges Pompidou et rue de Bonnel.

Aucun dépassement n'est envisagé pour les autres polluants.

## Effets du projet sur la santé

### ▪ Indicateur simplifié pollution-population

L'exposition de la population aux pollutions issues du domaine a été étudiée dans un premier temps à l'aide d'un indicateur simplifié pollution-population, basé sur les concentrations simulées en  $\text{NO}_2$  et sur la localisation des populations.

La comparaison des trois scénarios montre une évolution spatialement contrastée de l'exposition des populations : dans le futur, l'exposition devrait globalement diminuer par rapport à l'état initial, que le projet soit mis en place ou non, excepté sur quelques zones où de nouveaux projets immobilier (et donc une augmentation de la population résidente) sont attendus, (rue du Lac et rue Mazenod, rue Paul Bert, nord du boulevard Vivier Merle, et nord de la rue de la Villette).

La mise en place du projet ne conduit pas à une évolution significative de l'exposition des populations. On note uniquement une augmentation légère de l'exposition rue de Bonnel, rue André Philip et rue des Cuirassiers, et une diminution légère à l'intersection entre les rues Servient et Garibaldi.

### ▪ Evaluation quantitative des risques sanitaires

Une évaluation des risques sanitaires a été réalisée au niveau des sites sensibles identifiés sur le domaine d'étude.

L'évaluation des risques sanitaires est une démarche structurée permettant d'aider les gestionnaires de risque. Elle comporte 4 étapes : (1) l'identification des dangers des substances ; (2) l'évaluation des relations doses-réponses (estimation du lien entre la dose d'une substance mise en contact avec l'organisme et l'incidence de l'apparition d'un effet toxique jugé critique pour l'organisme) ; (3) l'évaluation des expositions ; (4) la caractérisation du risque pour les populations exposées.

La liste de tous les agents toxiques émis et appréhendés est celle recommandée par l'ANSES pour la voie respiratoire (la seule voie d'exposition considérée dans le cadre de ce travail) dans un avis publié en 2012 relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières.

#### • Identification des dangers

Des bases de données toxicologiques françaises et internationales ont été consultées. Elles ont fourni des indications sur les effets aigus (courtes durées d'exposition) ou les effets chroniques (longues durées d'exposition d'au moins un an) des différentes substances retenues pour l'étude sur la santé humaine.

#### • Evaluation de la relation dose-réponse

Les valeurs toxicologiques de référence ont été retenues en suivant les recommandations de la DGS dans sa note d'octobre 2014.

#### • Evaluation des expositions

Les risques sanitaires ont été caractérisés en considérant comme cible les populations susceptibles de fréquenter les sites sensibles, à savoir les établissements scolaires, les établissements sanitaires et sociaux (crèches, hôpitaux, maisons de retraite, etc.) et les sites de pratiques sportives. Conformément aux recommandations réglementaires, les 3 horizons d'étude ont été investigués (état initial, états futurs avec ou sans aménagement).

Dans le cadre de l'ERS, ce sont les niveaux totaux en substances qui ont été appréhendés dans l'étape de caractérisation des risques sanitaires, dans la mesure où il semble difficile de distinguer l'exposition induite par le trafic automobile d'une part et les autres sources de pollution d'autre part.

Cette remarque ne concerne que les 6 substances pour lesquelles un niveau de fond a pu être estimé, à savoir le dioxyde d'azote, les poussières, le benzène, le benzo(a)pyrène, l'arsenic et le nickel. Pour les autres substances, la caractérisation des risques n'a appréhendé que les concentrations induites par le seul trafic routier local modélisé.

- Caractérisation du risque

D'après l'évaluation des risques sanitaires menée, l'étude ne permet pas de distinguer de différence significative les 2 états futurs en termes de niveaux de risques et de nombre de sites sensibles impactés.

D'après les données exploitées, les seuils sanitaires sont dépassés pour le benzène dans le cas d'une exposition chronique pour des effets cancérigènes, au niveau de l'ensemble des sites sensibles et pour les états avec ou sans aménagement. Les émissions induites par le trafic routier local ne contribuent que faiblement aux dépassements estimés (moins de 15%).

Pour les polluants pour lesquels le risque ne peut être quantifié (cas des poussières et du dioxyde d'azote), des dépassements de valeurs guide aiguës ou chroniques sont estimés au niveau d'une partie ou de l'ensemble des sites sensibles. Comme dans le cas du benzène, les niveaux induits par le trafic routier local ne contribuent que minoritairement aux dépassements estimés.

Une estimation des risques « cumulés » considérant l'exposition simultanée à plusieurs substances a été réalisée. Pour les effets non cancérigènes, les résultats obtenus ne sont pas susceptibles de dépasser le seuil sanitaire ( $QD<1$ ) quel que soit le système cible appréhendé. Pour les effets cancérigènes, des dépassements du seuil de conformité ( $ERI>10^{-5}$ ) sont obtenus sur l'ensemble des sites sensibles. Ces dépassements sont principalement liés au benzène et donc au niveau de fond ambiant comme indiqué précédemment.

Cette ERS ne permet pas de distinguer de différences significatives d'un point de vue sanitaire entre les 2 états futurs investigués, à savoir, avec ou sans aménagement.

## Coûts collectifs liés aux impacts du projet

Les coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité par les évolutions du trafic routiers liées au projet ont été estimés.

- Sur la santé

Les valeurs des coûts externes induits par la pollution de l'air de l'instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des

grands projets d'infrastructure de transport, mis à jour en 2013 selon les travaux du groupe du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective, ont permis d'évaluer, en intégrant les différents types de trafic (poids lourds, véhicules légers et véhicules utilitaires légers), les coûts collectifs liés aux impacts de la pollution atmosphérique sur la santé humaine.

A l'échelle du domaine d'étude, le projet devrait avoir un impact négatif sur les coûts collectifs liés aux impacts sur la santé avec une augmentation estimée de l'ordre de 4%.

- Sur l'effet de serre

Le coût de l'impact du projet sur l'effet de serre est évalué à partir des émissions de carbone, proportionnelles dans le cas d'un projet routier à la consommation des véhicules. L'instruction cadre de mars 2004 donne des valeurs de la tonne de carbone pour la période 2000-2010 et des indications sur l'évolution de ces valeurs après 2010. Là aussi, les travaux du groupe du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective en 2013 proposent une mise à jour de ces valeurs, qui ont été utilisées ici.

D'après les calculs de consommation de carburant basés sur les trafics attendus et les valeurs de la tonne de carburant données par l'instruction cadre de mars 2004 et par les mises à jour de 2013, les évolutions du trafic routier induites par le projet de ZAC Part-Dieu Ouest devraient avoir un impact négatif sur les coûts collectifs relatifs à l'effet de serre, avec une augmentation de 11.5%.

## TABLE DES MATIERES

<b>1. CONTEXTE, OBJET ET CADRE REGLEMENTAIRE DE REFERENCE .....</b>	<b>10</b>
1.1 Présentation du projet.....	10
1.2 Objet de l'étude .....	11
1.3 Contexte réglementaire.....	11
1.4 Niveau et contenu de l'étude .....	13
1.5 Domaine et bande d'étude.....	14
1.5.1 Le domaine d'étude .....	15
1.5.2 La bande d'étude .....	15
<b>2. CARACTERISATION DU DOMAINE ET DE LA BANDE D'ETUDE.....</b>	<b>17</b>
2.1 Topographie.....	17
2.2 Climatologie.....	17
2.3 Caractérisation des populations et des sites sensibles .....	18
2.3.1 Population résidente.....	18
2.3.2 Populations fréquentant la zone d'étude .....	19
2.4 Pollution de fond.....	21
2.5 Données trafic.....	22
<b>3. ESTIMATION DES EMISSIONS EN POLLUANTS.....</b>	<b>25</b>
3.1 Méthodologie .....	25
3.2 Bilan des émissions sur le domaine d'étude .....	25
<b>4. MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DES POLLUANTS ....</b>	<b>29</b>
4.1 Description du modèle ADMS-Urban .....	29
4.2 Phénomènes pris en compte dans la modélisation de la dispersion atmosphérique .....	29
4.3 Présentation des calculs réalisés par modélisation .....	30
4.4 Dispersion des polluants sur le domaine d'étude .....	31
4.4.1 Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) .....	31
4.4.2 Poussières PM <sub>10</sub> .....	33

4.5 Impact du projet sur la qualité de l'air .....	35
<b>5. CALCUL DE L'INDICE POLLUTION POPULATION (IPP) .....</b>	<b>38</b>
5.1 Méthodologie .....	38
5.1.1 Choix des polluants.....	38
5.1.2 Hypothèses de calcul .....	38
5.2 Indicateur global.....	38
5.3 Variation spatiale de l'indice.....	39
<b>6. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES .....</b>	<b>42</b>
6.1 Etape 1 : Identification des dangers .....	43
6.1.1 Liste de substances appréhendées dans l'ERS.....	43
6.1.2 Etude des dangers .....	44
6.2 Etape 2 : Inventaire et choix des valeurs toxicologiques de référence .....	46
6.2.1 Méthode .....	46
6.2.2 Sources de données.....	46
6.2.3 Choix des valeurs toxicologiques de référence .....	47
6.3 Etape 3 : Evaluation des expositions .....	49
6.3.1 Voies et vecteurs d'exposition.....	49
6.3.2 Scenario d'exposition retenu.....	49
6.3.3 Paramètres du scénario d'exposition .....	50
6.3.4 Estimation des concentrations en substances dans l'air .....	50
6.3.5 Prise en compte du bruit de fond local .....	52
6.4 Etape 4 : Caractérisation des risques sanitaires .....	53
6.4.1 Méthode .....	53
6.4.2 Résultats .....	54
6.5 Analyse des incertitudes .....	57
6.5.1 Incertitudes ayant pour effet de sous-estimer les risques .....	57
6.5.2 Incertitudes ayant pour effet de surestimer les risques .....	58
6.5.3 Incertitudes dont l'effet sur les risques est inconnu (ou variable) .....	58
6.6 Conclusion .....	59
<b>7. MONETARISATION ET ANALYSE DES COUTS COLLECTIFS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE .....</b>	<b>61</b>
7.1 Coûts collectifs liés aux impacts sur la santé .....	61
7.1.1 Méthodologie de Référence .....	61

7.1.2 Résultats .....	61
<b>7.2 Coûts collectifs relatifs à l'impact du projet sur l'effet de serre.....</b>	<b>62</b>
7.2.1 Méthodologie de Référence.....	62
7.2.2 Résultats .....	62
<b>8. CONCLUSIONS DU VOLET « AIR ET SANTE ».....</b>	<b>64</b>
<b>ANNEXE A IDENTIFICATION DES SITES SENSIBLES .....</b>	<b>66</b>
<b>ANNEXE B CARTES DES TRAFICS EN TMJA POUR CHAQUE SCENARIO .....</b>	<b>67</b>
<b>ANNEXE C HYPOTHESES DE MODELISATION.....</b>	<b>69</b>
<b>ANNEXE D CARTOGRAPHIES DE DISPERSION .....</b>	<b>74</b>
<b>ANNEXE E FICHES TOXICOLOGIQUES .....</b>	<b>84</b>
<b>ANNEXE F SPECIATION DES HAP DANS LE MELANGE DE SUBSTANCES EMIS A L'ECHAPPEMENT .....</b>	<b>85</b>

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 – Vue 3D du projet .....	3
Figure 2 – Domaine d'étude et rues étudiées.....	4
Figure 3 – Vue 3D du projet (fournie par SETEC) .....	10
Figure 4 – Périmètre d'étude (fourni par SETEC) .....	11
Figure 5 – Rues définissant le domaine d'étude .....	15
Figure 6 - Topographie autour du domaine d'étude.....	17
Figure 7 – Rose des vents décennale enregistrée à la station de Lyon Saint Exupéry .....	17
Figure 8 – Normales annuelles (tableau du haut), hauteurs moyennes mensuelles des précipitations (figure du milieu), et températures minimales et maximales mensuelles, et ensoleillement (figure du bas) à l'aéroport de Lyon Saint Exupéry - (source Météo France). .....	18
Figure 9 – Population du domaine d'étude pour l'état initial.....	18
Figure 10 – Population du domaine d'étude pour les scénarios futurs .....	19
Figure 11 – Localisation des sites sensibles dans le domaine d'étude.....	20
Figure 12 – Localisation de la station de mesure de la qualité de l'air « Lyon Centre » .....	21
Figure 13 – TMJA à l'horizon 2015 pour l'état initial .....	23
Figure 14 – TMJA à l'horizon 2030 pour le scénario fil de l'eau.....	23
Figure 15 - Bilan des émissions sur le domaine d'étude .....	26
Figure 16 - Bilan des véhicules.kilomètres sur le domaine d'étude, pour les trois scénarios.....	26
Figure 17 – Variations d'émissions en NO <sub>x</sub> sur le domaine d'étude entre l'état initial et le fil de l'eau.....	27
Figure 18 – Variations d'émissions en NO <sub>x</sub> sur le domaine d'étude entre le fil de l'eau et le scénario projet .....	27
Figure 19 - Concentrations moyennes annuelles simulées en NO <sub>2</sub> pour l'état initial.....	31
Figure 20 - Concentrations moyennes annuelles simulées en NO <sub>2</sub> pour le fil de l'eau .....	32
Figure 21 - Concentrations moyennes annuelles simulées en NO <sub>2</sub> pour le scénario projet .....	32
Figure 22 - Concentrations moyennes annuelles simulées en PM <sub>10</sub> pour l'état initial .....	33
Figure 23 - Concentrations moyennes annuelles simulées en PM <sub>10</sub> pour le fil de l'eau .....	34
Figure 24 - Concentrations moyennes annuelles simulées en PM <sub>10</sub> pour le projet.....	34
Figure 25 - Variation de l'IPP en NO <sub>2</sub> entre l'état initial et le fil de l'eau .....	39
Figure 26 - Variation de l'IPP en NO <sub>2</sub> entre le fil de l'eau et le projet.....	40
Figure 27 - Variation de l'IPP en NO <sub>2</sub> entre l'état initial et le projet .....	40
Figure 28 – Logigramme de la démarche d'évaluation des risques sanitaires.....	42
Figure 29– Logigramme pour le choix des VTR (note n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) .....	47
Figure 30 – Localisation des sites où la valeur guide de 40 µg.m <sup>-3</sup> est dépassée pour le NO <sub>2</sub> et l'état initial .....	56
Figure 31 - Points de calculs utilisés.....	71
Figure 32 – Grille de données considérée pour les calculs de canopée urbaine et illustration d'un paramètre d'entrée .....	72
Figure 33 - Profils temporels horaires.....	72
Figure 34 – Bâtiments considérés pour les calculs des caractéristiques du canyon .....	73
Figure 35 – Rues modélisées comme des tunnels .....	73

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Contenu de l'étude d'impact en fonction du niveau de l'étude.....	13
Tableau 2 – Niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de population et de la longueur du projet (densité de population utilisée : ville de Lyon = 10 368,6 hab/km <sup>2</sup> - données INSEE 2012). .....	14
Tableau 3 – Critères permettant de définir la largeur minimale de la bande d'étude .....	15
Tableau 4 – Données de pollution de fond considérées (station Lyon Centre) .....	22
Tableau 5 - Bilan des émissions sur le domaine d'étude. .....	26
Tableau 6 – Phénomènes pris en compte dans la modélisation.....	30
Tableau 7 – Paramètres statistiques calculés par le modèle .....	30
Tableau 8 – Synthèse du respect des seuils de qualité de l'air pour chaque polluant .....	36
Tableau 9 – IPP globaux pour chaque scénario, en milliers d'unités .....	38
Tableau 10 - Substances appréhendées dans l'ERS (source : Anses, 2012) .....	43
Tableau 11 – Liste des systèmes-cibles susceptibles d'être atteints et substances associées .....	45
Tableau 12 - VG aigüés.....	47
Tableau 13 - VTR chronique non cancérogène .....	47
Tableau 14 - VTR chronique cancérogène .....	48
Tableau 15 - FET des HAP pris en compte (source Ineris, 2006) .....	48
Tableau 16 - Synthèse des substances retenues et des VTR disponibles .....	49
Tableau 17 - Paramètres du scénario d'exposition .....	50
Tableau 18 – Part d'éthylbenzène et de propionaldéhyde dans les COVNM émis par les différentes catégories de véhicules en fonction de l'horizon d'étude .....	51
Tableau 19 - Intervalles de concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition aiguë (µg.m <sup>-3</sup> ) .....	51
Tableau 20 - Intervalles de concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition chronique (µg.m <sup>-3</sup> ).....	52
Tableau 21 - Niveaux de fond atmosphérique appréhendés.....	52
Tableau 22 - Estimation des intervalles de contribution des niveaux de fond ambients dans les niveaux totaux moyens en substances .....	52
Tableau 23 - Détermination des substances dont les effets critiques à seuil de dose associés aux VTR retenues se rapportent au même système cible .....	54
Tableau 24 - Comparaison entre les valeurs maximales de CMI estimées et les valeurs guides retenues pour les 3 états d'études investigués (µg.m <sup>-3</sup> ) .....	54
Tableau 25 - Résultats obtenus pour les QD chroniques .....	55
Tableau 26 - Comparaison entre les valeurs de CMI estimées en dioxyde d'azote, en PM <sub>10</sub> et en PM <sub>2,5</sub> et les valeurs guides retenues pour les 3 états d'études investigués .....	55
Tableau 27 - Résultats obtenus pour les ERI .....	56
Tableau 28 - Résultats obtenus pour les QD cumulés .....	57
Tableau 29 - Résultats obtenus pour les ERI cumulés .....	57
Tableau 17 – Valeurs de la pollution atmosphérique 2010 en €/100 véh.km selon « Quinet » .....	61
Tableau 18 – Monétarisation des coûts collectifs (en €/jour) relatifs à la pollution atmosphérique induite par le projet .....	61
Tableau 32 – Valeurs 2010 de la tonne de carbone (source « Quinet »).....	62
Tableau 21 – Monétarisation des coûts collectifs (en €/jour) relatifs au projet sur l'effet de serre .....	62
Tableau 34 – Structures d'accueil des enfants en bas âge .....	66
Tableau 35 – Etablissements scolaires recensés dans la zone d'étude .....	66
Tableau 36 – Etablissements sanitaires et sociaux .....	66
Tableau 37 – Sites dédiés aux activités sportives .....	66

# I. CONTEXTE, OBJET ET CADRE REGLEMENTAIRE DE REFERENCE

## 1.1 Présentation du projet

SETEC Environnement réalise actuellement l'étude d'impact relative au projet PEM / Two Lyon et au projet de ZAC Part-Dieu Ouest, projets prévus dans le cadre du projet urbain Lyon Part-Dieu. Ce projet global comporte quatre entités opératoires distinctes ; localisées sur la Figure 3 :

- La « Gare ouverte », qui inclut le Pôle d'Echanges Multimodal (PEM) et ses abords : places Béraudier, place de Francfort (gare routière), place de Milan ;
- Le « Cœur Part-Dieu », qui s'étend principalement sur la dalle et autour du centre commercial, de la rue Garibaldi au boulevard Vivier-Merle, et de la rue du Docteur Bouchut à la rue Deruelle ;
- Le « Lac Cuirassiers Desaix », qui va de la rue du Docteur Bouchut à la rue Paul Bert, et du boulevard Vivier Merle à la rue Garibaldi, secteur le plus favorable au développement de l'habitat ;
- La « Part-Dieu Sud » qui se déploie du boulevard Vivier-Merle à la rue Maurice Flandin et de la rue Paul Bert au cours Gambetta dans la continuité de la ZAC de la Buire, périmètre destiné au tertiaire et aux sports et loisirs.

Le projet de ZAC Part-Dieu Ouest, s'inscrit au sein du périmètre du projet urbain. Les programmes PEM, Two Lyon (projet immobilier) et de la ZAC sont étudiés de manière intégrée et poursuivent des objectifs cohérents.

L'étude porte sur les effets cumulés du projet PEM/Two Lyon, et de la ZAC Part-Dieu Ouest.

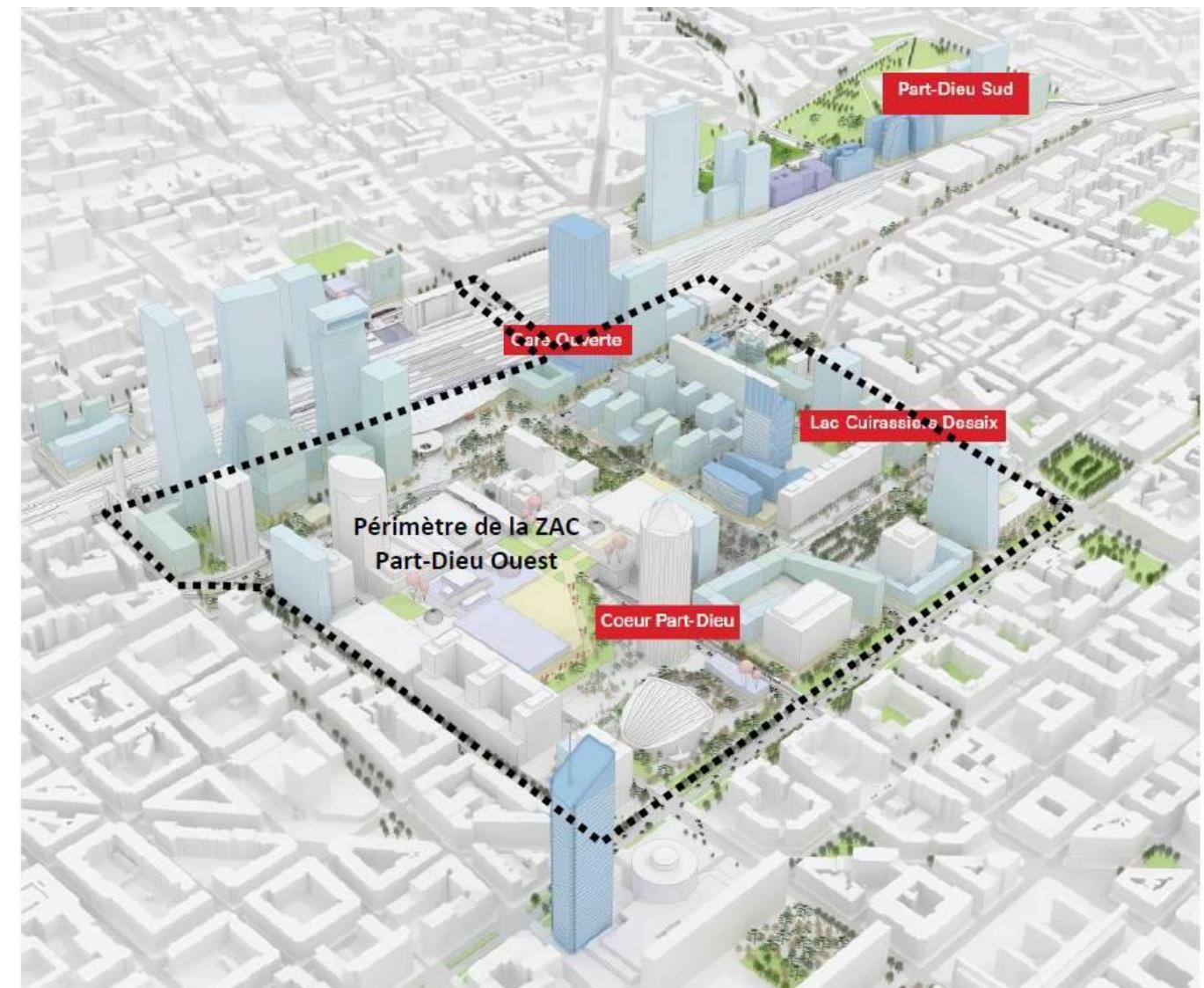


Figure 3 – Vue 3D du projet (fournie par SETEC)

Le périmètre d'étude est présenté sur la figure suivante.



Figure 4 – Périmètre d'étude (fourni par SETEC)

## 1.2 Objet de l'étude

L'objectif du volet « Air et Santé » des études d'environnement est de fournir les éléments nécessaires à l'évaluation des effets potentiels du projet sur la qualité de l'air et la santé.

Les enjeux du projet en termes de qualité de l'air portent sur le trafic routier. En effet, le projet s'accompagne de la création de nombreux logements, bureaux et commerces, et de modifications de voiries, qui impacteront les trafics automobiles sur la zone d'étude.

La création d'une ZAC et un aménagement tel que la création du PEM / Two Lyon, ne sont pas encadrés de façon spécifique par la réglementation sur la qualité de l'air. Par conséquent, dans la mesure où les enjeux du projet portent principalement sur le trafic routier, il a été choisi de s'appuyer d'un point de vue méthodologique pour la réalisation de cette étude sur la « Circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005, relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières ».

Ce rapport présente en particulier :

- le contexte, objet et cadre réglementaire de référence ;
- les généralités concernant la pollution atmosphérique automobile et ses effets ;

- la caractérisation du domaine et de la bande d'étude ;
- l'estimation des émissions sur le domaine d'étude pour les deux scénarios ;
- le calcul de l'Indice Pollution / Population (IPP) ;
- l'évaluation des risques sanitaires au niveau des sites sensibles identifiés ;
- l'analyse de coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité.

## 1.3 Contexte réglementaire

### ■ Réglementation internationale et européenne

La réduction de la pollution atmosphérique repose sur des réglementations concernant à la fois des sources fixes (installations industrielles, incinérateurs,...) et des sources mobiles (transports). Au niveau mondial, 38 pays ayant signé le protocole de Kyoto se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre.

Dans les pays de l'Union Européenne, la commission vise à imposer des seuils d'émission aux instances membres. En mai 2001, la commission européenne a lancé le programme "Air pur pour l'Europe", également appelé CAFE (Clean Air From Europe), qui fixe des normes communautaires de qualité de l'air et des plafonds d'émissions nationaux plus stricts à chaque État membre de l'U.E. Les deux priorités de ce programme sont l'ozone troposphérique et les particules ultra-fines.

Citons également le programme AUTO-OIL qui vise à rendre moins polluantes les voitures et l'essence tout en incitant les européens à modifier leur comportement (pots catalytiques obligatoires sur les moteurs, élaboration de carburants moins polluants, construction de voitures électriques,...).

Chaque directive énoncée par l'UE doit ensuite être déclinée d'un point de vue national. C'est ainsi que pour 2010, la France, pour se conformer à la directive européenne « National Emissions Ceilings » devait par exemple réduire de 50% ses émissions en  $\text{SO}_2$  et  $\text{NO}_2$ , de 40% ses émissions en composés organiques volatils (COV) et stabiliser ses émissions d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ). Cet engagement a été respecté, sauf pour le  $\text{NO}_2$  où le seuil de tolérance fixé par la directive a été dépassé. Cette directive aurait dû être révisée en 2010 mais la Convention ne compte pas présenter de proposition en ce sens avant une redéfinition générale de sa politique en matière de qualité de l'air qui sera intégrée dans le 7ème programme d'action pour l'environnement.

### ■ Loi n°76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature

Cette loi et notamment l'article 2, vise au respect des préoccupations environnementales lors de travaux et de projets d'aménagement. Elle fixe également le contenu de l'étude d'impact « [...] qui comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, l'étude

des modifications que le projet y engendrerait, l'étude de ses effets sur la santé et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement et la santé ; en outre, pour les infrastructures de transport, l'étude d'impact comprend une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité ainsi qu'une évaluation des consommations énergétiques [...] », et les conditions selon lesquelles elle sera rendue publique.

■ **Loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie**

La nécessité de renforcer la surveillance et la prévention de la qualité de l'air a conduit le parlement français à adopter, le 30 décembre 1996, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE), actuellement intégrée au Code de l'Environnement. Cette loi impose des objectifs et des obligations en matière de surveillance de l'air ainsi que la mise en œuvre d'outils de planification en vue de mieux lutter contre la pollution atmosphérique :

- Plan régional pour la Qualité de l'Air (PRQA) ;
- Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) ;
- Plan de Déplacement Urbain (PDU).

Ces plans tentent d'exposer et de mieux comprendre les composants de la pollution atmosphérique afin d'y remédier suivant des objectifs propres par des propositions et des décisions. De plus, le Plan Climat de la France, via la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, annoncé en janvier 2010 par le Gouvernement, devrait permettre à la France de remplir son engagement au titre du protocole de Kyoto.

L'article 19 de cette loi impose aux maîtres d'ouvrage des études particulières sur la pollution atmosphérique, la santé et le coût social, dès lors qu'un projet d'aménagement ou d'occupation des sols présente des impacts significatifs pour l'environnement.

■ **Décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 relatif aux études d'impact**

Ce texte met en application l'article 2 de la loi n°76-629 relative à la protection de la nature. Il fixe les conditions imposant la réalisation de l'étude d'impact et le cadre réglementaire de cette étude.

■ **Circulaire n°98-36 MATE/DNP du 17 février 1998 sur l'application de l'article 19 de la loi sur l'air**

L'article 19 de la LAURE impose à tous les projets nécessitant une étude d'impact d'effectuer une « étude des effets du projet sur la santé ». Les objectifs déclinés dans cette circulaire sont les suivants :

- étudier les thèmes pertinents (air, bruit, eau, sol,...) ;
- apprécier les effets cumulatifs ;

- identifier les populations exposées ;
- prendre en compte les phases chantier et exploitation.

■ **Circulaire n°2000-61 MES/DGS du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impact**

L'article 19 de la LAURE prévoit que le contenu de l'étude d'impact comprenne l'étude des effets sur la santé et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement et la santé.

Suite à cette nouvelle réglementation, la DGS a confié à l'InVS la réalisation d'un guide méthodologique : guide pour l'analyse du Volet sanitaire des études d'impact qui indique une méthode de travail en quatre étapes :

- l'identification des dangers ;
- la définition des relations dose-réponse ou dose-effet ;
- l'évaluation de l'exposition des populations ;
- la caractérisation des risques.

Cette circulaire relate la transmission de ce guide réalisé par l'InVS.

■ **Décret n°2010-336 du 31 mars 2010 portant création des agences régionales de santé**

Depuis mars 2010, les Agences Régionales de Santé (ARS), anciennement DDASS, ont été créées afin d'assurer un pilotage unifié de la santé en région, de mieux répondre aux besoins de la population et d'accroître l'efficacité du système. Elles garantissent une approche plus cohérente et plus efficace des politiques de santé menées sur un territoire et permettent une plus grande fluidité du parcours de soin, pour répondre aux besoins des patients.

■ **Décret du 1er août 2003**

Ce décret modifie le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 pris pour l'application de l'article 2 de la loi n°76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, en introduisant :

- la nécessité d'une évaluation des effets du projet sur la santé ;
- une procédure de concertation en cas d'impacts transfrontaliers.

■ **Circulaire interministérielle (DGS, DR, DEEEE, DPPR) du 25 février 2005 et sa note méthodologique**

Concernant le domaine routier, la circulaire Équipement/Santé/Environnement du 25 février 2005 et sa note méthodologique accompagnent la mise en œuvre de l'article 19 de cette loi et de sa circulaire d'application n°98-36 du 17 février 1998. Cette note, publiée par le SETRA et le CERTU, donne les éléments nécessaires à l'approche des effets de la pollution atmosphérique

sur la santé. Cependant, compte tenu des incertitudes méthodologiques du volet sanitaire et du faible nombre d'expertises en la matière, la méthodologie garde un caractère évolutif. Ce document est également susceptible d'être modifié tant sur le plan technique que sur le plan bibliographique, au regard de l'évolution des connaissances dans ce domaine.

Enfin, l'instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport du 25 mars 2004 pose les bases d'une méthodologie prenant en compte les nuisances dues à la pollution atmosphérique pour l'estimation des coûts. Elle fixe les valeurs unitaires relatives pour les coûts de la pollution atmosphérique et de l'effet de serre, sur la base du rapport « Transports : choix des investissements et des coûts des nuisances », établi par le groupe présidé par M. Boiteux en 2001.

## 1.4 Niveau et contenu de l'étude

La circulaire du 25 février 2005 sur laquelle cette étude s'appuie d'un point de vue méthodologique, définit 4 niveaux différents d'études, qui en fixent le contenu (Tableau 1). Ce niveau est défini en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et du nombre de personnes concernées par le projet (Tableau 2).

### Contenu des études de niveau I

- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ;
- Qualification de l'état initial par des mesures in situ ;
- Estimation des concentrations dans la bande d'étude et, selon la nature du projet, dans l'ensemble du domaine en zone urbanisée ;
- Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié (IPP indice pollution-population, croissant émissions de benzène ou concentrations simplifiées et population) ;
- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages / inconvénients induits pour la collectivité ;
- Évaluation quantitative des risques sanitaires sur le seul tracé retenu.

### Contenu des études de niveau II

- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ;
- Qualification de l'état initial par des mesures in situ ;
- Estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet ;
- Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié (IPP indice pollution-population, croissant émissions de benzène ou concentrations simplifiées et population) ;
- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages / inconvénients induits pour la collectivité.

### Contenu des études de niveau III et IV

#### Contenu :

- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude (niveaux III et IV) ;
- Réalisation éventuelle de mesures in situ pour la qualification de l'état initial (niveau III) ;
- Rappel sommaire des effets de la pollution atmosphérique sur la santé (niveaux III et IV).

Tableau 1 – Contenu de l'étude d'impact en fonction du niveau de l'étude.

Trafic à l'horizon d'étude (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)	> 50 000 véh/j ou 5 000 uvp/h	25 000 à 50 000 véh/j ou 2 500 à 5 000 uvp/h	≤ 25 000 véh/j ou 2 500 uvp/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
Densité hbts/km <sup>2</sup> dans la bande d'étude				
G 1 Bâti avec densité ≥ 10 000 hbts/km <sup>2</sup>	1	1	2	2 si $L_{projet} > 5\text{km}$ ou 3 si $L_{projet} \leq 5\text{ km}$
G 2 Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hbts/km <sup>2</sup>	1	2	2	2 si $L_{projet} > 25\text{ km}$ ou 3 si $L_{projet} \leq 25\text{ km}$
G 3 Bâti avec densité ≤ 2 000 hbts/km <sup>2</sup>	1	2	2	2 si $L_{projet} > 50\text{ km}$ ou 3 si $L_{projet} \leq 50\text{ km}$
G 4 Pas de bâti	3	3	4	4

Tableau 2 – Niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de population et de la longueur du projet (densité de population utilisée : ville de Lyon = 10 368,6 hab/km<sup>2</sup> - données INSEE 2012).

Les facteurs suivants peuvent conduire à corriger le niveau d'étude :

- si des sites sensibles (crèches, hôpitaux, écoles,...) se situent sur la bande d'étude, une étude de niveau II est remontée au niveau I seulement pour les lieux sensibles ;
- dans le cas d'un projet avec des différences marquées de milieu (contexte urbain et interurbain), l'absence totale de population sur certains tronçons (supérieur à 1km) autorise l'application d'un niveau moindre sur ces sections du projet ;
- si la population dans la bande d'étude est supérieure à 100 000 habitants, une étude de niveau II est remontée au niveau I et une étude de niveau III est remontée au niveau II ;
- si le domaine d'étude est situé dans une région où un plan de protection de l'atmosphère (PPA) est approuvé ou doit être réalisé : le niveau d'étude au droit de la zone faisant ou devant faire l'objet d'un PPA peut être remonté.

Concernant le projet faisant l'objet de cette étude :

- le trafic moyen journalier annuel est inférieur à 25 000 véhicules par jour à l'horizon d'étude 2030, sur l'axe le plus chargé (TMJA de 16 400 sur la section sud du boulevard Vivier Merle modélisée) ;
- le projet concerne une zone à caractère urbain très peuplée, et des sites sensibles sont identifiés à proximité.

Par conséquent, conformément aux recommandations de la circulaire n°2005-273, le volet « Air et Santé » concernant ce projet a donc été mené comme une **étude de niveau 2 sur l'ensemble du domaine d'étude, et de niveau 1 au niveau des sites sensibles identifiés.**

A ce titre, les polluants atmosphériques considérés dans cette étude sont :

- le NO<sub>2</sub> ;
- le CO ;
- les hydrocarbures, parmi cette famille dont l'étude est recommandée par la circulaire, nous avons choisi de retenir le benzo(a)pyrène, qui fait l'objet d'une réglementation en termes de qualité de l'air ;
- le benzène ;
- les particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> ;
- le SO<sub>2</sub> ;
- le nickel ;
- le cadmium.

Ces substances font toutes l'objet d'une réglementation en termes de qualité de l'air.

Dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires, une liste spécifique de polluants est considérée. Elle est présentée au chapitre 6.

Enfin, notons que l'état initial a été caractérisé par Setec grâce aux mesures et modélisations réalisées par Air Rhône Alpes.

## 1.5 Domaine et bande d'étude

Conformément à la note méthodologique précisant les modalités d'application de la Loi sur l'air en matière d'infrastructures routières, la problématique « pollution atmosphérique » doit être appréhendée à 2 niveaux d'échelles : à l'échelle du domaine d'étude et de la bande d'étude.

### 1.5.1 LE DOMAINE D'ETUDE

Selon la note méthodologique, le domaine géographique d'étude est délimité par l'ensemble des axes routiers dont les trafics varieront de + ou - 10% suite à la réalisation du projet.

Pour cette étude, nous avons fait le choix de retenir un domaine d'étude englobant toutes les rues pour lesquelles une donnée trafic était disponible, quelles que soient les variations de trafic observées entre les situations.

L'ensemble de ces rues est représenté sur la figure suivante. Ce réseau rassemble environ 25 rues différentes sur lesquelles le trafic a été modélisé. Notons que certaines des rues présentées sur cette figure sont en réalité des voies sous-terraines, et ont été modélisées comme telles (voir ANNEXE C, paragraphe C.8).



Figure 5 – Rues définissant le domaine d'étude

### 1.5.2 LA BANDE D'ETUDE

D'après la circulaire, la bande d'étude est définie autour de chaque voie subissant, du fait de la réalisation du projet, une hausse ou une baisse significative de trafic ( $\pm 10\%$ , comme pour le domaine d'étude).

Pour la pollution particulaire (métaux lourds, poussières ...), la largeur de la bande d'étude est prise égale à au moins 100m, quel que soit le trafic.

Pour la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude de part et d'autre de l'axe médian du tracé le plus significatif du projet est définie suivant le Tableau 1 par le plus contraignant des deux critères :

- le trafic moyen journalier annuel (TMJA) prévu à terme, ou en milieu urbain, le trafic à l'heure de pointe la plus chargée ;
- une valeur maximale de concentration en  $\text{NO}_2$  en limite de bande.

TMJA à l'horizon d'étude (véh/jour)	Trafic à l'heure de pointe (uvp/h)	Largeur minimale de la bande d'étude (en m) de part et d'autre de l'axe	Valeur maximale en $\text{NO}_2$ en limite de bande d'étude ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
TMJA > 100 000	UVP > 10 000	300	0.9
50 000 < TMJA ≤ 100 000	5 000 < UVP ≤ 10 000	300	0.7
25 000 < TMJA ≤ 50 000	2 500 < UVP ≤ 5 000	200	0.3
10 000 < TMJA ≤ 25 000	1 000 < UVP ≤ 2 500	150	0.3
TMJA ≤ 10 000	UVP ≤ 1 000	100	0.3

Tableau 3 – Critères permettant de définir la largeur minimale de la bande d'étude

Pour cette étude, étant donné la densité du réseau de rues étudié, il a été fait le choix de ne pas utiliser de bande d'étude, et de travailler à l'échelle du domaine d'étude complet (légerement majorant puisque certaines zones du domaine auraient été exclues par l'utilisation d'une bande d'étude).



---

**Chapitre I, ce qu'il faut retenir :**

*L'étude « Air et Santé » réalisée ici s'est basée d'un point de vue méthodologique, sur les préconisations de la circulaire interministérielle du 25 février 2005. A ce titre, elle a été réalisée comme est une étude de niveau II, relevée à une étude de niveau I au niveau des sites sensibles.*

*Elle intègre une estimation des émissions des polluants NO<sub>x</sub>, CO, benzo(a)pyrène , benzène, particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, Ni, et Cd, une estimation des concentrations en ces polluants sur le domaine d'étude, et la comparaison de ces niveaux aux seuils réglementaires de qualité de l'air pour les trois scénarios étudiés : état initial 2015 et horizon futur 2030, avec et sans projet. L'exposition des populations est tout d'abord estimée selon un indicateur sanitaire simplifié, puis une évaluation des risques sanitaires complète est réalisée au niveau des sites sensibles.*

---

## 2. CARACTERISATION DU DOMAINE ET DE LA BANDE D'ETUDE

### 2.1 Topographie

Le domaine d'étude est caractérisé par un relief très plat, et une altitude de l'ordre de 170m. Les premiers reliefs sont localisés à l'ouest, en rive droite du Rhône et de la Saône.

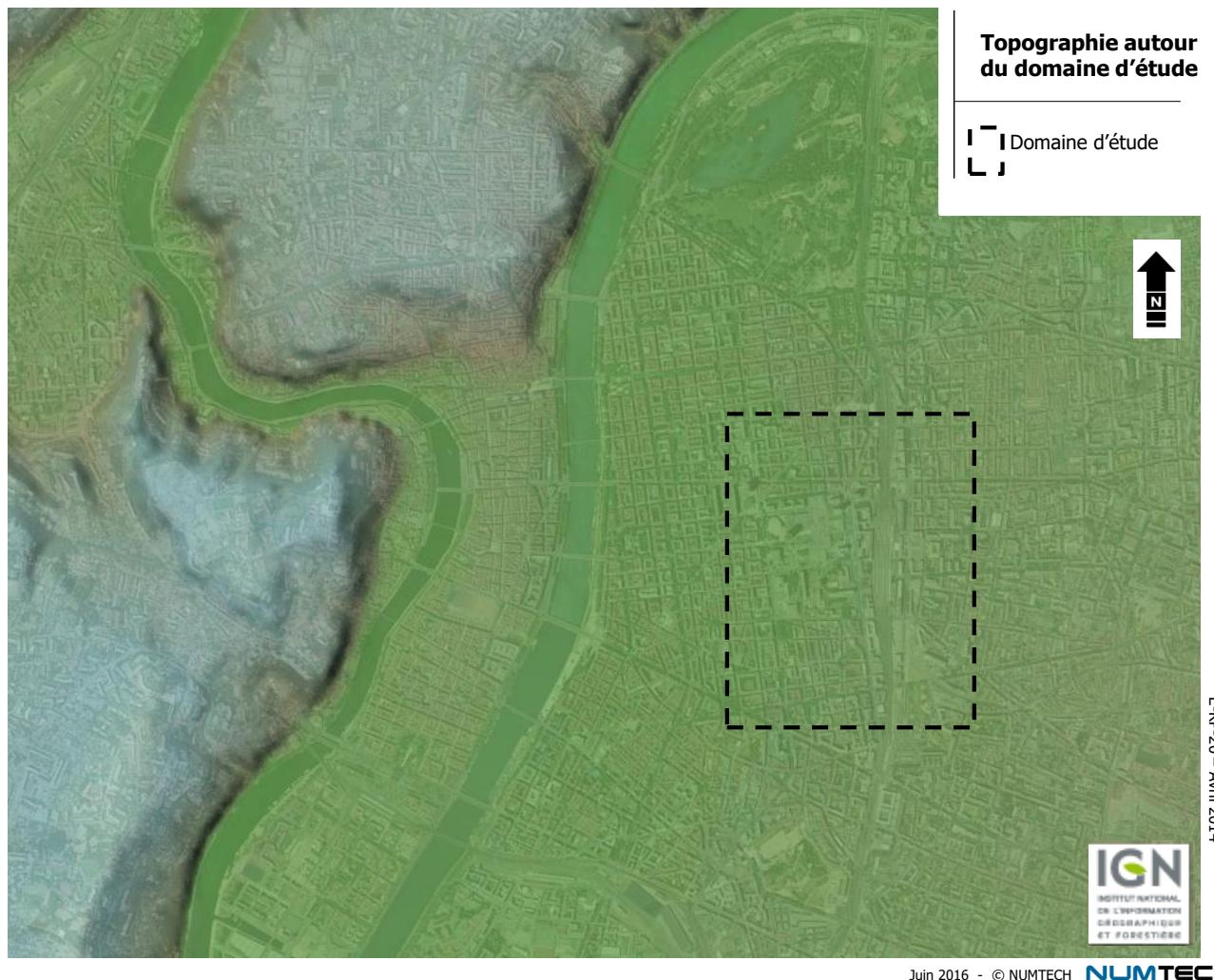


Figure 6 - Topographie autour du domaine d'étude (source Géoportail)

### 2.2 Climatologie

Le département du Rhône est soumis à un climat semi-continental, avec des hivers froids, et des étés chauds et ensoleillés.

Les données de surface utilisées pour caractériser la climatologie du domaine d'étude proviennent de la station de l'aéroport de Lyon Bron, qui se situe à environ 7.5 km au sud-est du domaine d'étude.

#### ■ Vent

La Figure 7 représente la rose des vents décennale à la station Météo France de Lyon Bron. On constate des vents très marqués, avec deux secteurs presque exclusifs : le nord-nord-est, et le sud. Les autres directions de vent sont très rares. Toutes les vitesses sont représentées.

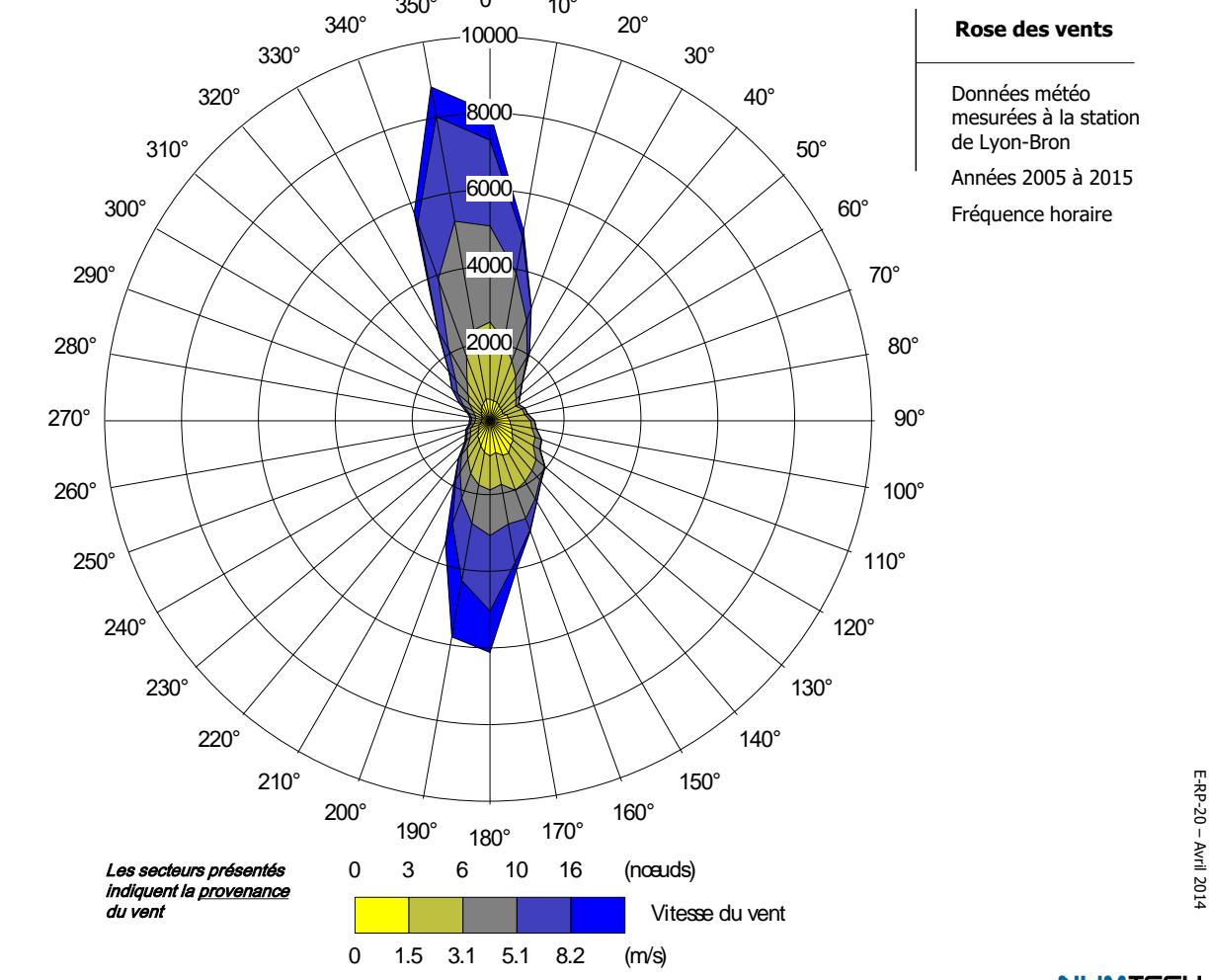


Figure 7 – Rose des vents décennale enregistrée à la station de Lyon Bron

## ■ Précipitations et températures

Les précipitations sont fréquentes et assez régulières sur toute l'année. Les mois de mai et d'octobre sont généralement les mois les plus pluvieux (Figure 8). La moyenne annuelle des précipitations est relativement élevée, de 831.9mm.

Les températures sont contrastées (Figure 8). Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne minimale mensuelle de 0.3°C. Juillet et Août sont les mois les plus chauds avec une température moyenne maximale mensuelle de 27.7°C.

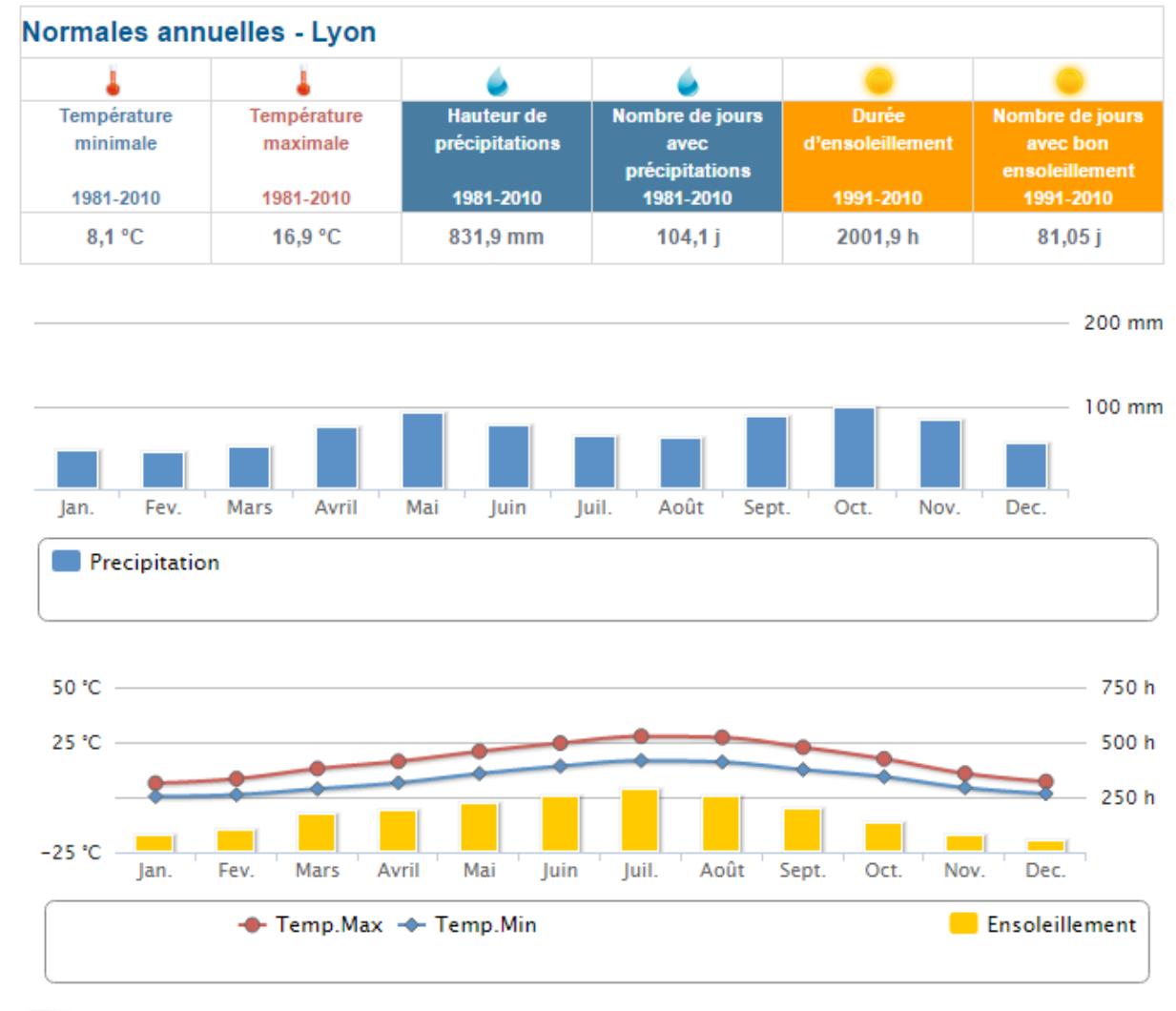


Figure 8 – Normales annuelles (tableau du haut), hauteurs moyennes mensuelles des précipitations (figure du milieu), et températures minimales et maximales mensuelles, et ensoleillement (figure du bas) à l'aéroport de Lyon Bron - (source Météo France).

## 2.3 Caractérisation des populations et des sites sensibles

Les données de population sur l'aire d'étude ont été utilisées pour l'estimation de l'exposition de la population à la pollution atmosphérique.

### 2.3.1 POPULATION RESIDENTE

Le domaine d'étude retenu intègre partiellement les 3<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> arrondissements de Lyon. Afin d'estimer le nombre de personnes résidant sur ce domaine d'étude, des données carroyées de population proposées par l'INSEE à une résolution de 200m, ont été utilisées (Figure 9). Ces données ont été obtenues à partir des Revenus Fiscaux Localisés (RFL) au 31 décembre 2010 et de la Taxe d'habitation (TH) au 1er janvier 2011.

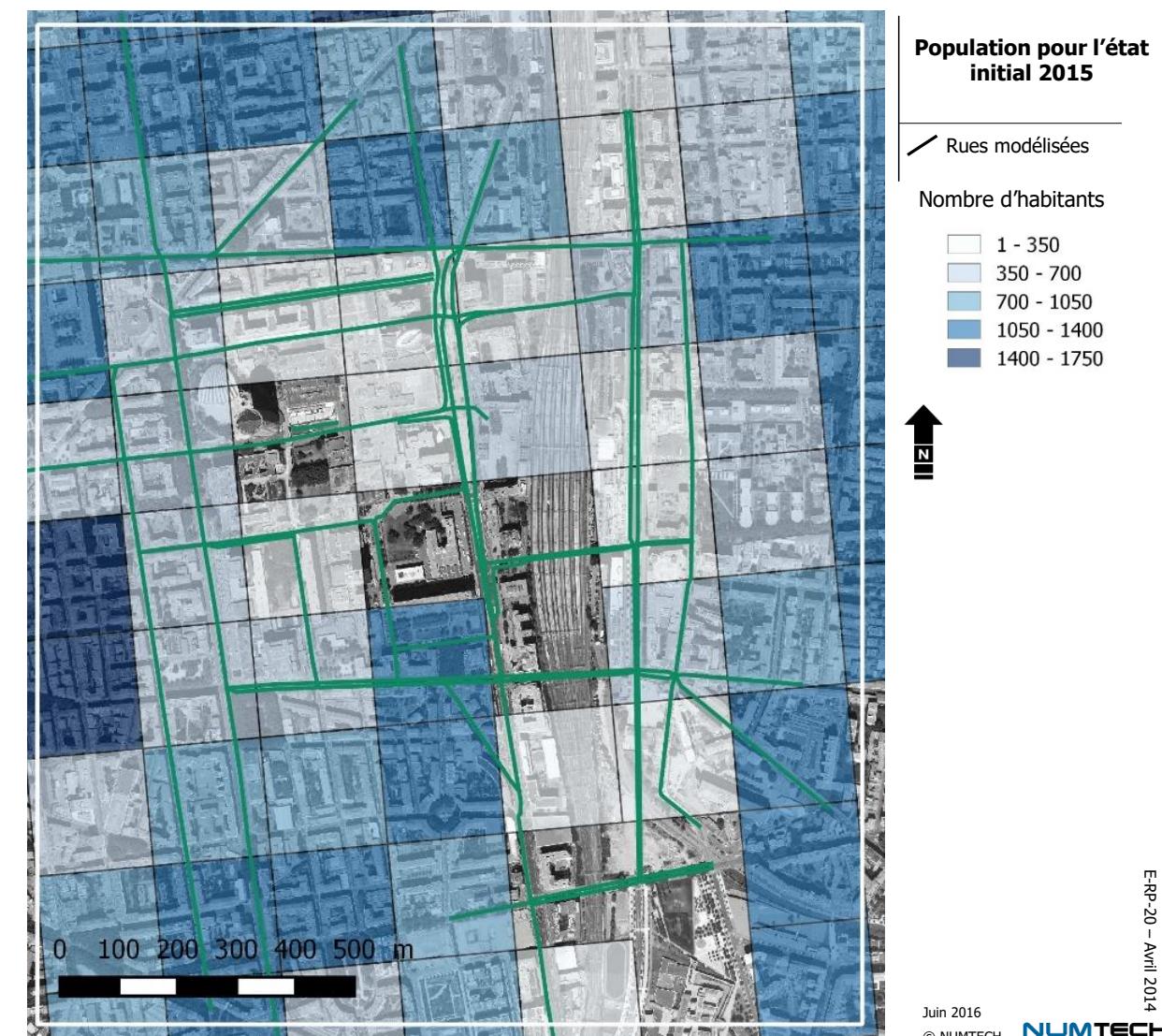


Figure 9 – Population du domaine d'étude pour l'état initial

D'après les informations collectées, environ 38 450 habitants résident sur le domaine d'étude, la quasi-totalité de cette population résidant dans le 3<sup>ème</sup> arrondissement de Lyon.

Pour les scénarios futurs, il a été fait l'hypothèse que la population restait identique à celle de l'état initial, sauf dans les mailles où des projets immobilier sont connus. Le nombre d'habitants associés à chaque bâtiment concerné a été estimé par SETEC. Les évolutions considérées concernent la suppression des logements place de Milan, et l'ajout des bâtiments suivants : Cité administrative, Silex 3, Desaix Sud, France TV et Lafayette. La Figure 10 présente ainsi la population future estimée sur le domaine d'étude. Elle correspond à un apport de 2480 habitants supplémentaires par rapport à l'état initial. Il est considéré que ces opérations immobilières auront lieu que le projet PEM / Two soit réalisé ou non. Les populations pour les scénarios fil de l'eau et projet sont donc identiques.

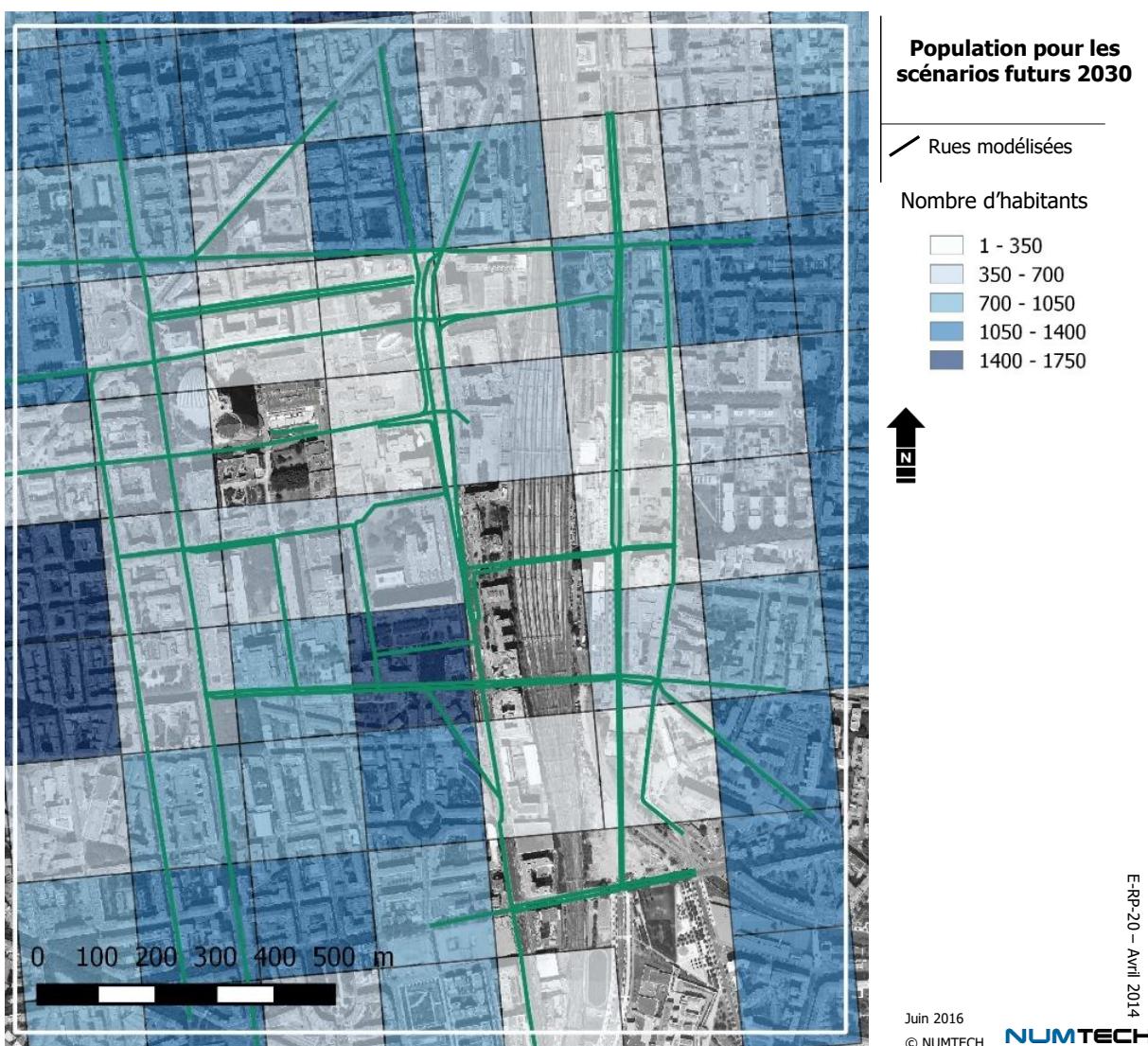


Figure 10 – Population du domaine d'étude pour les scénarios futurs

### 2.3.2 POPULATIONS FREQUENTANT LA ZONE D'ETUDE

Dans la zone d'étude considérée, des sites appelés « **sites sensibles** » ont été localisés. Ces sites correspondent à des lieux de vie où des personnes potentiellement plus sensibles à la pollution atmosphérique que la population générale, passent un temps significatif. Ces populations sensibles sont les enfants, les personnes âgées et hospitalisées. Étant donné que les personnes exerçant une activité physique ont une ventilation pulmonaire augmentée, cette population apparaît comme étant susceptible d'être plus exposée à la pollution atmosphérique que la population générale et est également recensée.

Les « sites sensibles » recensés sont donc les suivants :

- les structures d'accueil des enfants en bas-âge : crèches, haltes garderies ;
- les établissements scolaires : écoles maternelles et primaires, collèges ;
- les structures d'accueil des personnes âgées et/ou handicapées : maisons de retraite, foyers pour personnes âgées ;
- les établissements hospitaliers : hôpitaux, cliniques ;
- les lieux dédiés à la pratique du sport.

#### Enfants / adolescents

Les structures d'accueil des enfants de moins de 3 ans prises en compte sont les crèches et les haltes garderies. Parmi les établissements accueillant des enfants en bas âge, 22 structures d'accueil de la petite enfance ont été recensés dans le domaine d'étude via le Fichier National des Établissements Sanitaires et Sociaux (FINESS). Le tableau récapitulatif de ces établissements identifiés dans la zone d'étude est présenté en ANNEXE A et ils sont localisés sur la Figure 11.

Les structures d'accueil des enfants entre 3 et 16 ans sont les établissements scolaires (écoles maternelles, écoles primaires et collèges). La liste des établissements scolaires (établissements des premier et second degrés sous tutelle du ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche) est issue de la base de données proposée en libre accès par le ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. Cette base de données est disponible en libre accès sur « Open Data »<sup>1</sup>. D'après les données collectées, le domaine d'étude compte 17 établissements scolaires : 5 écoles maternelles, 11 écoles élémentaires et 1 collège. Le tableau récapitulatif de ces établissements identifiés dans la zone d'étude est présenté en ANNEXE A et ils sont localisés sur la Figure 11.

<sup>1</sup> [www.data.gouv.fr](http://www.data.gouv.fr)

### ■ Personnes fréquentant les établissements sanitaires et sociaux

D'après les informations disponibles dans le FINESS<sup>2</sup>, 15 établissements sanitaires et sociaux ont été identifiés dans la zone d'étude. Il s'agit de 8 maisons de retraites ou structures apparentées, de 5 foyers de vie pour adultes handicapés ou structures apparentées, d'un centre de soins et d'un établissement de l'aide sociale à l'enfance. Le tableau récapitulatif de ces établissements identifiés dans la zone d'étude est présenté en ANNEXE A et ils sont localisés sur la Figure 11.

### ■ Personnes exerçant une activité physique

Le recensement des sites utilisés pour la pratique sportive, ainsi que leur localisation, est déduit de la base de données du Ministère des droits des femmes, de la ville, de la jeunesse et des sports. Il s'agit de sites publics et privés, extérieurs ou intérieur. Cette base de données, publiée le 14 septembre 2013, permet d'identifier 20 sites de pratique sportive dans la zone d'étude retenue. Le tableau récapitulatif de ces structures identifiées dans le domaine d'étude est présenté en ANNEXE A et les sites sont localisés sur la Figure 11.

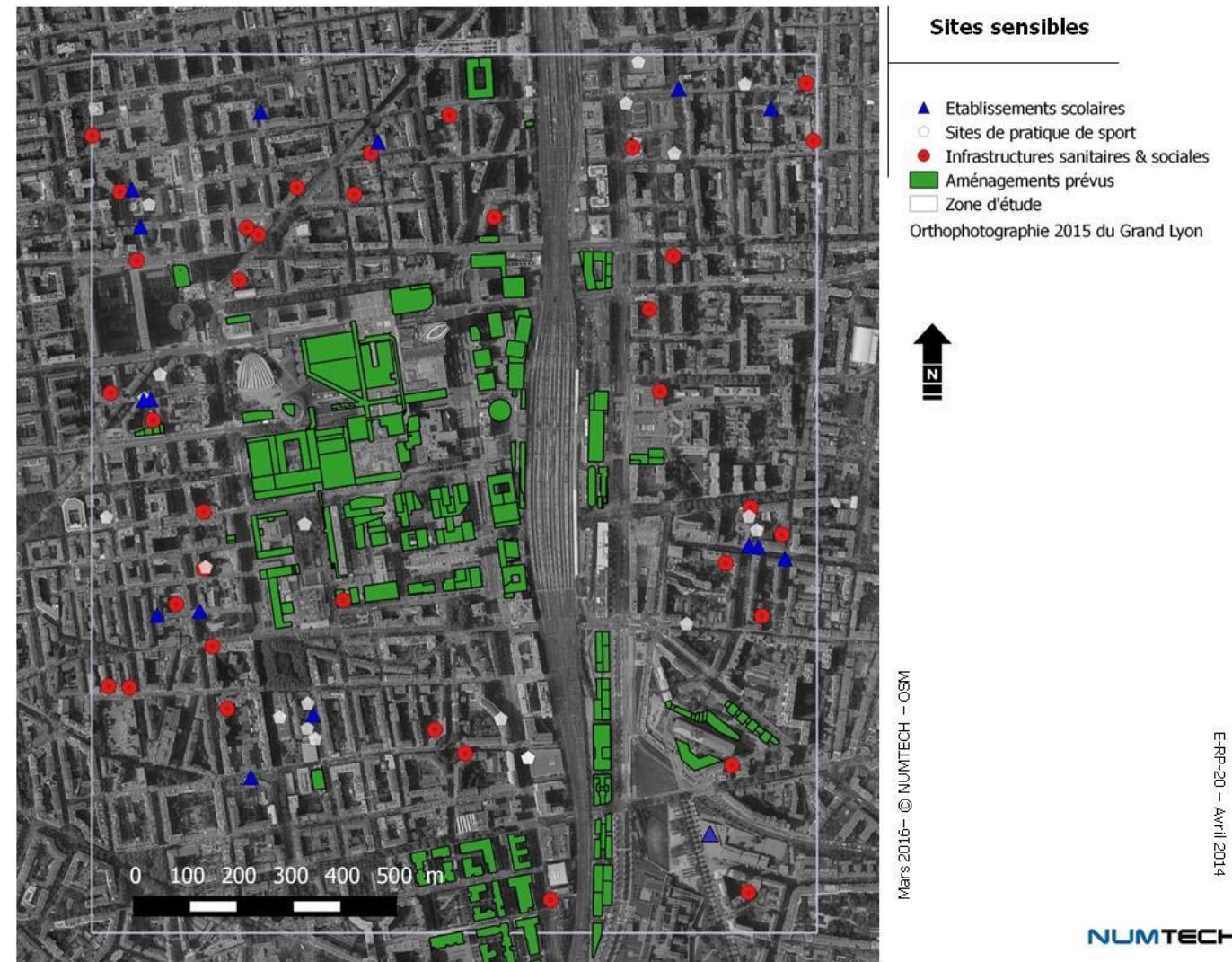


Figure 11 – Localisation des sites sensibles dans le domaine d'étude

<sup>2</sup> Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux

## 2.4 Pollution de fond

Seules les émissions associées au trafic routier dans les rues identifiées précédemment sont considérées dans les modélisations. Toutefois étant donné le contexte urbain du domaine d'étude, d'autres émissions viennent se cumuler à celles de rues, dans l'exposition des populations (contribution de sources industrielles type chaudières, des émissions du secteur résidentiel et tertiaire – chauffage -, des rues secondaires non modélisées, etc...). Les émissions de ces sources n'ont pas pu être intégrées dans les modélisations, faute de données disponibles.

Afin de caractériser au mieux l'exposition des populations, des données de pollution de fond ont donc été considérées dans les modélisations. Ces données de pollution de fond viennent s'additionner aux concentrations estimées à partir des sources polluantes routières, ce qui permet de tenir compte des autres sources polluantes et des apports exogènes de polluants.

Les données utilisées proviennent de la station de mesure automatique Lyon Centre de l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) locale, Air Rhône-Alpes. Il s'agit d'une station de fond urbain, située rue du Lac, sur le domaine d'étude. Elle est localisée Figure 12.

Cette station est définie par Air Rhône-Alpes comme étant une station de fond urbain, ce qui correspond donc bien à la typologie du domaine d'étude considéré ici. La Figure 12 permet en effet de constater qu'elle ne se situe pas à proximité d'axes routiers. Toutefois, les rues modélisées dans l'étude étant relativement proches de cette station, il est très probable que les niveaux de concentrations cumulés estimés (contribution des axes routiers plus pollution de fond) soient surestimés.

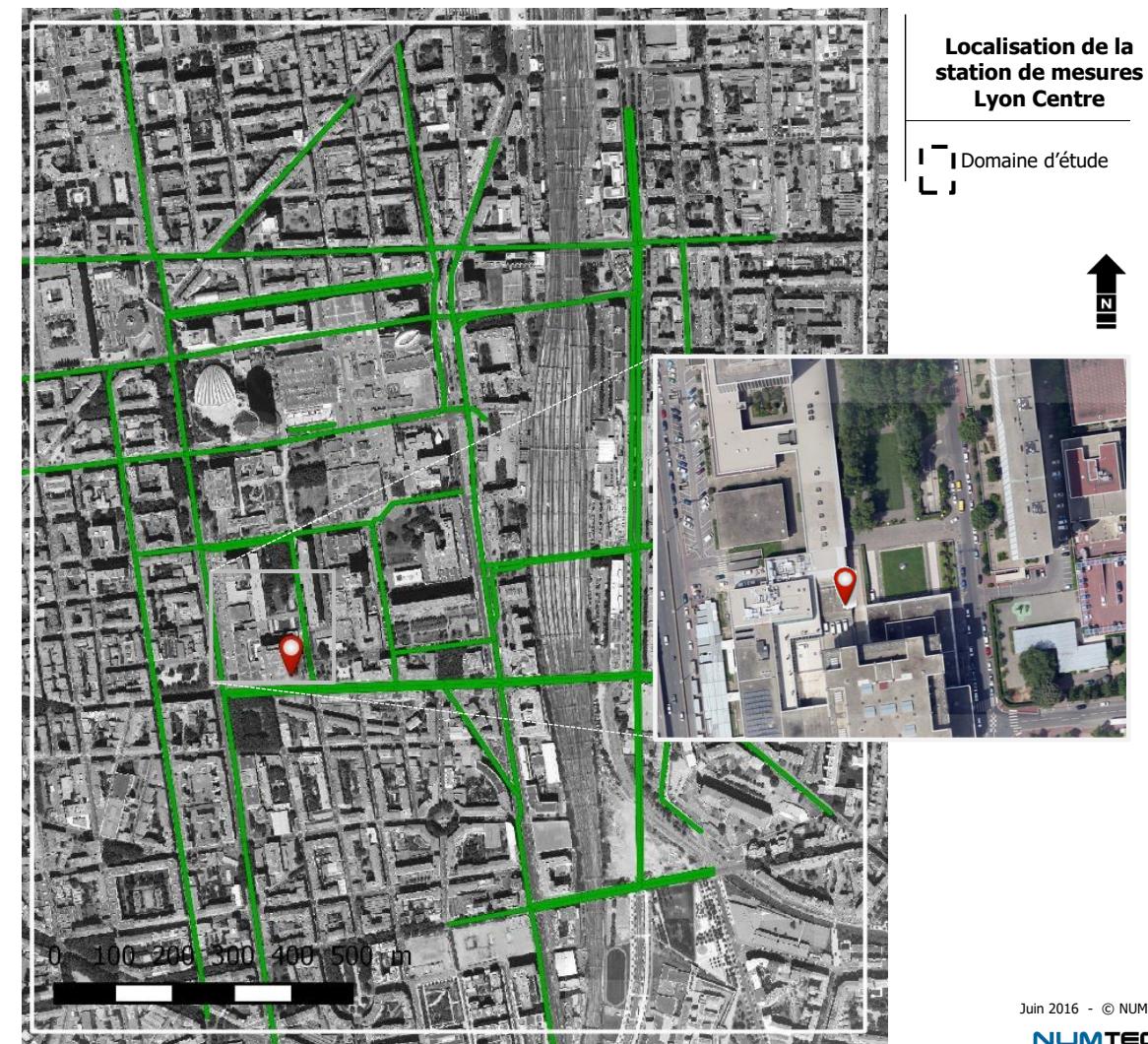


Figure 12 – Localisation de la station de mesure de la qualité de l'air « Lyon Centre »

Cette station effectue, en continu ou non, des mesures pour l'ensemble des polluants considérés ici, à l'exception du monoxyde de carbone. Pour ce dernier polluant, il a été fait le choix de retenir les concentrations de la seule station de Lyon fournissant cette mesure : la station de « Lyon périphérique ». Cette station étant de type trafic, elle est très probablement soumise à des niveaux de CO plus importants que la zone d'étude. Par conséquent le niveau de pollution de fond considéré pour le CO dans cette étude, est majorant.

Les données de pollution de fond utilisées dans l'étude correspondent aux relevés de l'année 2015 (année correspondant à l'état initial étudié). Elles sont résumées dans le tableau suivant.

Polluant	Pollution de fond considérée
NO <sub>2</sub>	Données horaires. Moyenne annuelle correspondante : 30 µg/m <sup>3</sup>
CO	349 µg/m <sup>3</sup> (station Lyon périphérique)
Benzo(a)pyrène	0.18 ng/m <sup>3</sup>
Benzène	1.07 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	24 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2.5</sub>	17 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	1 µg/m <sup>3</sup>
Nickel	1.88 ng/m <sup>3</sup>
Cadmium	0.15 ng/m <sup>3</sup>

Tableau 4 – Données de pollution de fond considérées (station Lyon Centre)

## 2.5 Données trafic

Les données de trafic constituent l'élément primordial pour le calcul des émissions. Les résultats du calcul des émissions sont ensuite utilisés comme données d'entrée pour le logiciel de dispersion ADMS Urban qui permet d'estimer les concentrations polluantes, qui elles-mêmes permettront l'estimation de l'indice IPP utilisé pour l'évaluation de l'exposition des populations, et des différents indices de risques pour l'évaluation des risques sanitaires.

Le réseau routier modélisé compte environ 25 rues différentes, d'une longueur totale d'environ 21km.

Les données fournies et utilisées pour les calculs sont :

- Les trafics aux Heures de Pointe du Soir (HPS). Le coefficient de passage des heures de pointe du soir en trafic moyen journalier annuel (TMJA) fourni est de 12.5. Ce coefficient a permis de déterminer les TMJA qui sont présentés pour chaque scénario sur les figures de l'ANNEXE B. Pour certaines rues, un trafic par sens de circulation est disponible.
- Les vitesses de circulation réglementaires des véhicules (tout type confondu), par rue. Ces vitesses sont de 50 km/h pour toutes les rues à l'état initial et pour le fil de l'eau. Pour l'état futur avec projet, elles sont de 50 km/h sur toutes les rues, excepté certaines qui sont à 30 km/h : rue Bouchut, rue André Philip, rue du Lac, rue des Cuirassiers et rue Desaix. Ces vitesses réglementaires, majorantes en heure de pointe, n'ont pas été directement utilisées, pour ne pas conduire à sous-estimation des émissions et donc des concentrations (pour des vitesses faibles, une diminution de la vitesse conduit à une augmentation des émissions), et dans la mesure où le modèle de dispersion attend des données d'émission moyennes, qui sont ensuite modulées au cours de la journée. Par conséquent une vitesse moyenne a été recalculée pour chaque brin, en réalisant une moyenne pondérée entre la vitesse HPS (estimée à 15 km/h), et la vitesse réglementaire moins 10 km/h (afin de rester légèrement majorant), en fonction du nombre d'heures de

trafic dense (en journée) et de trafic fluide (de nuit). La vitesse varie ainsi au final entre 18 et 29.6 km/h.

- Le pourcentage de poids lourds, supposé constant pour toutes les rues et tous les scénarios, égal à 5%.
- Le pourcentage de 2 roues, constant tous brins confondus : 3%.
- Le nombre de bus en circulation sur le boulevard Vivier-Merle, voie où la circulation des bus est la plus importante.

Notons que les projections de trafic 2030 pour le fil de l'eau ne prennent en compte que le projet de mise à double site propre du trolleybus C3. Les projections 2030 avec projet ont été établies en prenant en compte les hypothèses socio-économiques et l'offre de transport du SCoT de l'agglomération lyonnaise, ainsi que les projets PEM/Two Lyon.

Les données trafic fournies, et utilisées pour le calcul des émissions, sont présentées en TMJA en ANNEXE B.

Les figures suivantes présentent les variations de TMJA observées entre chaque scénario. Les rues représentées en vert voient leur trafic diminuer, celles représentées en rouge voient leur trafic augmenter. En bleu ciel, figurent les rues dont le trafic évolue peu.

Entre l'état initial et la situation fil de l'eau (Figure 13), peu de rues sont concernées par des évolutions du trafic, comme indiqué précédemment.

Entre le scénario fil de l'eau et le scénario avec projet (Figure 14), les différences sont plus marquées. La grande majorité des rues voient leur trafic évoluer. La tendance globale est plutôt une augmentation des trafics.

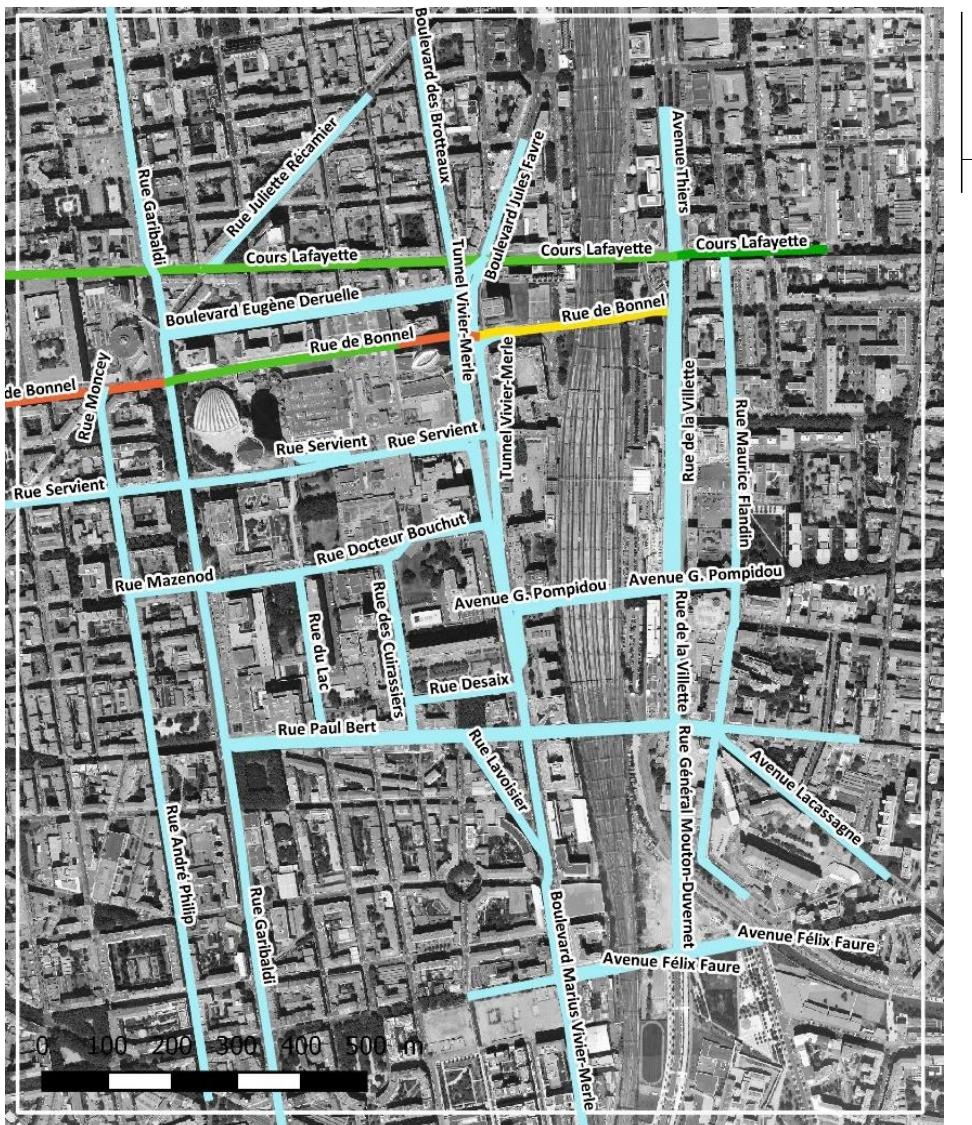


Figure 13 – Variation des TMJA entre l'état initial 2015 et le fil de l'eau 2030

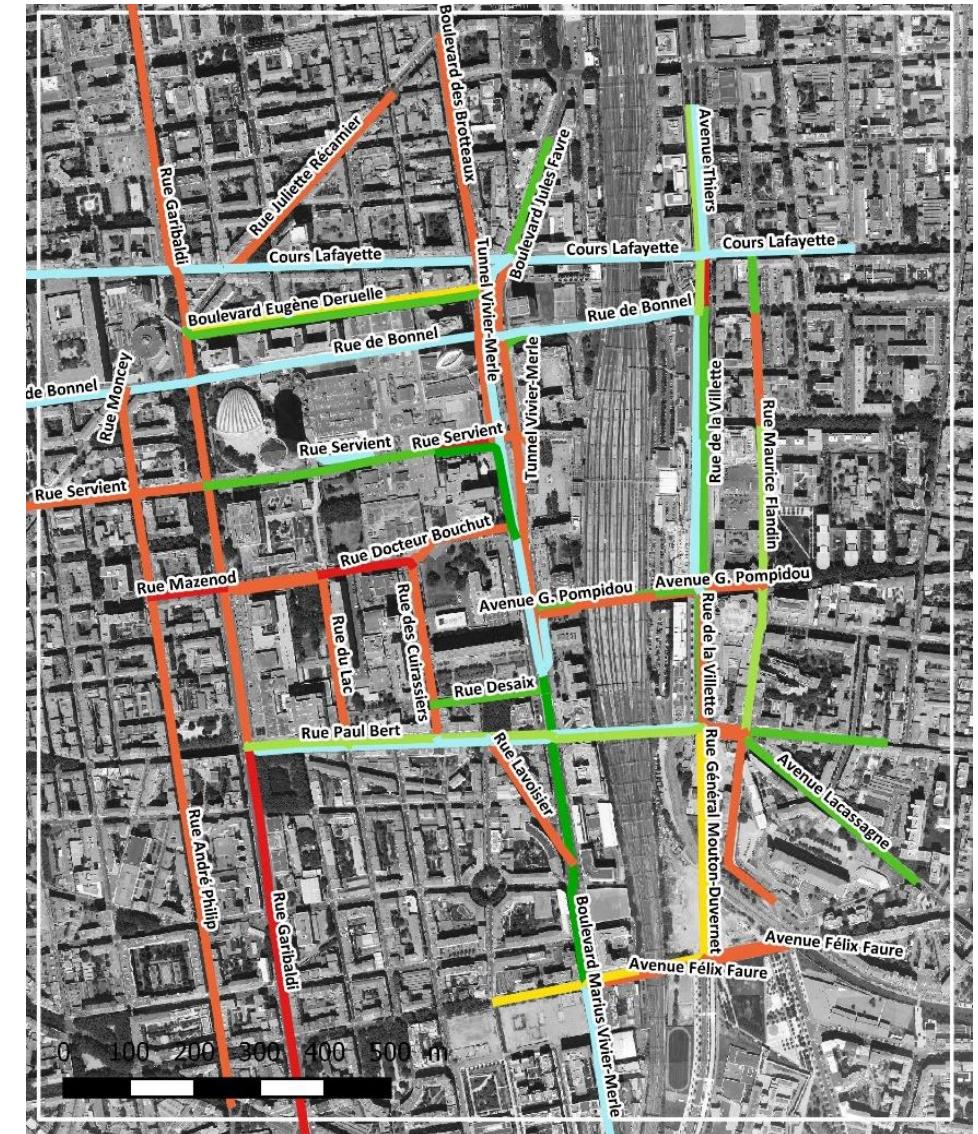


Figure 14 – Variation des TMJA entre le scénario fil de l'eau 2030 et le scénario projet 2030



---

**Chapitre 3, ce qu'il faut retenir :**

**Le domaine d'étude est caractérisé par un relief complètement plat. Les vents observés au niveau de la station de Lyon Bron (7.5 km du domaine d'étude), proviennent très majoritairement des secteurs nord et sud.**

**Des données de population ont été collectées pour le calcul d'un Indicateur Pollution/Population, basées sur le nombre d'habitants par bâtiments.**

**Dans la mesure où seules les émissions issues du trafic routier pour le réseau principal de rues du domaine d'étude ont été modélisées (à défaut de données pour les autres sources d'émissions du domaine), une pollution de fond a été considérée pour l'ensemble des polluants, notamment sur la base des mesures effectuées par la station de fond urbain « Lyon Centre », du réseau Air Rhônes Alpes.**

**Des données trafic en TMJA ont été calculées pour chaque scénario sur la base des données fournies aux heures de pointe.**

---

### 3. ESTIMATION DES EMISSIONS EN POLLUANTS

#### 3.1 Méthodologie

La circulaire de février 2005 prévoit un inventaire des émissions du réseau routier étudié. Les émissions induites par le flux de véhicules ont été calculées pour l'état initial et l'horizon d'étude à l'aide de la méthodologie Copert IV (Computer programme to calculate emissions from road transport – Methodology and emission factors) élaborée par un groupe d'experts européens pour le compte de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE). Cette méthodologie comprend un programme de calcul des émissions de polluants dues au trafic routier. Il se base sur des facteurs d'émissions spécifiques.

Les émissions présentées dans ce chapitre correspondent à la somme des émissions de l'échappement, de l'usure des véhicules (pneumatiques, freins, ...) et de l'entretien des voies.

Les taux d'émissions ont été calculés, pour l'état initial, pour les effluents suivants :

- les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) ;
- le monoxyde de carbone (CO) ;
- le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) ;
- les hydrocarbures (benzo(a)pyrène) ;
- le benzène ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) ;
- les particules  $\text{PM}_{10}$  ;
- le nickel (Ni) ;
- le cadmium (Cd) ;

Les taux d'émission ont été calculés à l'échelle du domaine d'étude.

En plus de ces polluants ayant un impact sanitaire reconnu, les émissions de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) qui constitue le principal gaz à effet de serre émis par le transport routier, ont été calculées.

La méthodologie Copert IV est largement déployée en Europe et constitue une méthodologie privilégiée pour la réalisation des inventaires d'émission. En France, c'est la méthodologie choisie notamment par le CITEPA – organisme chargé des inventaires nationaux et du reporting à l'échelle européenne et internationale – et les associations de surveillance de la qualité de l'air (AASQA).

La méthodologie Copert fait l'objet de fréquentes mises à jour et bénéficie des avancées scientifiques et mises à jour des facteurs d'émissions des véhicules. Son développement et sa diffusion sont assurés par EMISIA SA, société « spin off » de l'université de Thessalonique.

Le parc de véhicules considéré pour les calculs provient de l'IFSTTAR. La version utilisée est celle de l'année 2011. Elle inclut tous les types de véhicules (VL, VUL<sup>3</sup>, PL et bus) jusqu'à la norme technologique Euro 6, et permet des projections jusqu'en 2030.

Les données utilisées pour le calcul des émissions sont :

- les années retenues pour les modélisations : 2015 pour l'état initial, et 2030 pour la mise en service ;
- le flux de véhicules par catégorie (véhicules légers VL, poids lourds PL, bus et deux roues) ;
- la vitesse des véhicules (km/h) ;
- la distance parcourue.

Les véhicules pris en compte sont :

- les véhicules légers (VL) parmi lesquels est estimée une part de véhicules utilitaires légers (VUL) de 23% (en veh.km parcourus d'après une statistique nationale communément utilisée en l'absence de données locales plus précises) ;
- les poids lourds (PL) : un pourcentage de 5 % est utilisé ;
- les bus : le trafic a été estimé par Setec pour ces véhicules, et des hypothèses simplificatrices ont été retenues. Ainsi seul le trafic sur le boulevard Vivier-Merle est pris en compte, ce boulevard étant le plus fréquenté par les bus ;
- les deux roues : un pourcentage de deux roues de 3% a été estimé par Setec.

#### 3.2 Bilan des émissions sur le domaine d'étude

##### Bilan numérique

Le tableau suivant dresse le bilan des émissions dues au trafic routier sur l'ensemble de l'aire d'étude sur un jour moyen annuel pour les trois situations étudiées.

Les émissions sont exprimées en tonnes (t/j) ou kilogrammes (kg/j) ou grammes (g/j) par jour en fonction du polluant considéré.

<sup>3</sup> Véhicules Utilitaires Légers

	CO <sub>2</sub> (T/jr)	CO (T/jr)	NOx (T/jr)	BaP (g/jr)	PM <sub>10</sub> (kg/jr)	PM <sub>2,5</sub> (kg/jr)	SO <sub>2</sub> (kg/jr)	Benzène (kg/jr)	Cd (g/jr)	Ni (g/jr)
<b>Etat initial 2015</b>	11081	28.7	37.0	62.5	3.99	2.63	65.6	157.5	37.1	79.3
<b>Fil de l'eau 2030</b>	10107	13.3	10.5	61.6	2.94	1.66	60.6	64.2	33.9	73.3
<b>Projet 2030</b>	11269	16.1	12.7	70.9	3.48	1.96	71.6	75.0	40.0	86.0
<b>Impact du projet</b>	+11.5%	+20.3%	+20.0%	+15.1%	+18.2%	+18.2%	+18.2%	+16.8%	+17.9%	+17.2%

Tableau 5 - Bilan des émissions sur le domaine d'étude.

Ce même bilan est présenté de façon graphique ci-dessous.

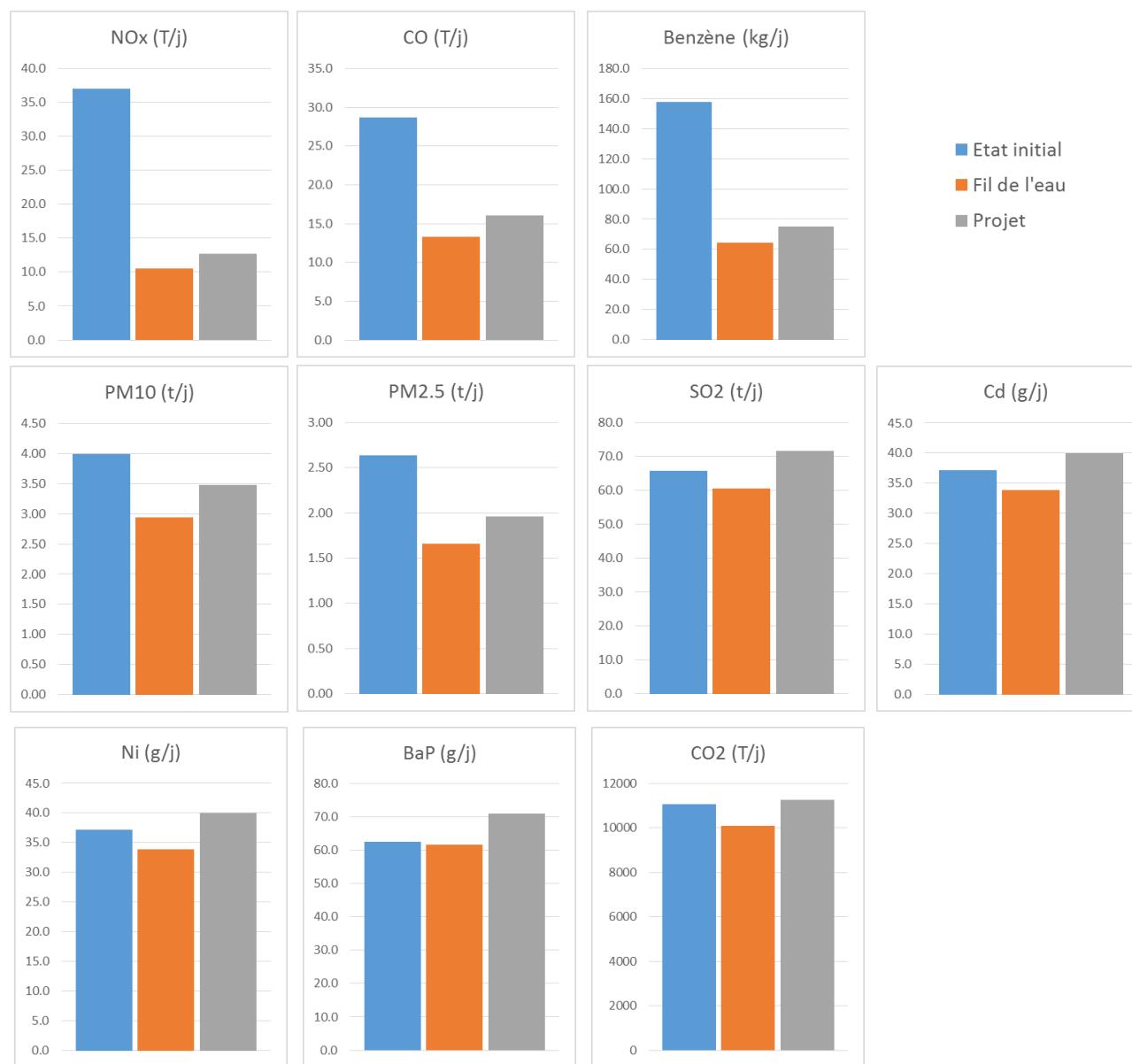


Figure 15 - Bilan des émissions sur le domaine d'étude

Afin de faciliter l'analyse, la Figure 16 présente le bilan des véhicules.kilomètres (nombre de véhicules en circulation, multiplié par la longueur des rues), pour chaque scénario. Ce graphe confirme la faible évolution des trafics entre l'état initial et le fil de l'eau mis en évidence au paragraphe 2.5 (légère diminution), ainsi que la tendance à l'augmentation entre le fil de l'eau et le scénario projet.

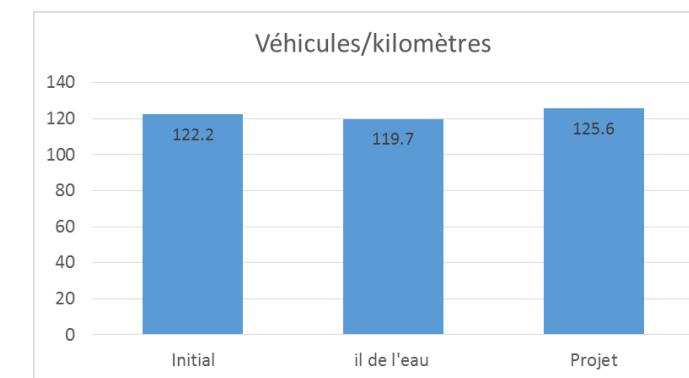


Figure 16 - Bilan des véhicules.kilomètres sur le domaine d'étude, pour les trois scénarios

Le bilan des émissions montre :

- une diminution des émissions de tous les polluants, entre l'état initial 2015 et le fil de l'eau 2030. Celle-ci est due au renouvellement du parc roulant, et aux améliorations technologiques des moteurs et des carburants, prévues pendant les 15 années qui séparent les deux horizons, ainsi qu'aux faibles évolutions de trafic entre les deux scénarios ;
- une augmentation des émissions de tous les polluants entre la situation fil de l'eau et le projet 2030, allant de +11.5% pour le CO<sub>2</sub>, à +20.3% pour les PM<sub>10</sub>. Cette augmentation est due à l'augmentation globale du trafic mise en évidence sur le domaine d'étude. Elle est également due à la diminution de la vitesse réglementaire sur quelques axes, qui passent de 50 à 30 km/h.

### Bilan cartographique

Les deux cartes suivantes représentent les variations d'émission sur le domaine d'étude pour les NO<sub>x</sub>, à titre d'illustration.

On retrouve les tendances générales décrites ci-dessus. Entre l'état initial 2015 et le fil de l'eau 2030, toutes les rues voient leurs émissions diminuer, même les quelques rues où le trafic augmente. Ces diminutions sont liées à l'amélioration des moteurs et au renouvellement du parc roulant prévus entre 2015 et 2030.

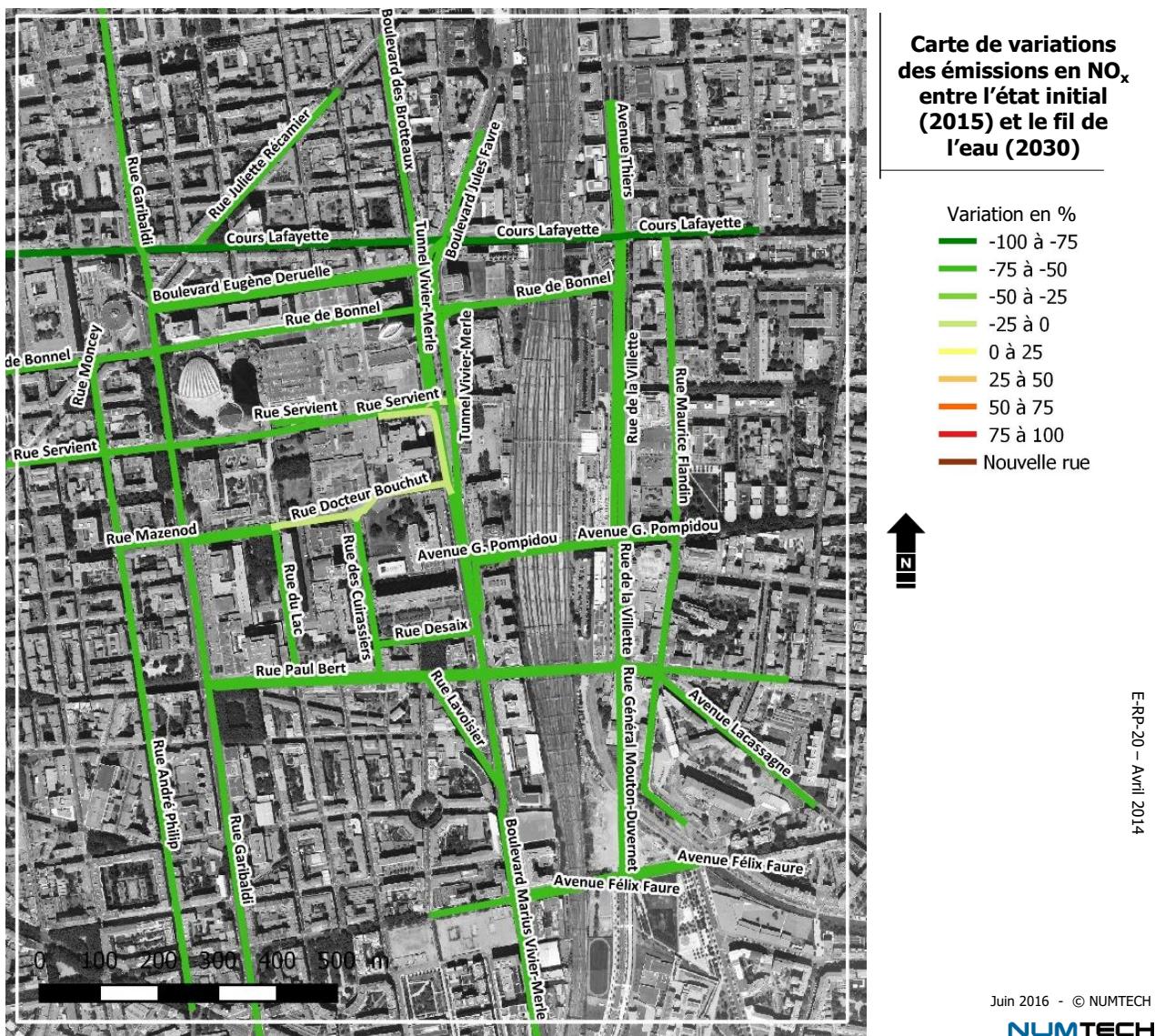


Figure 17 – Variations d'émissions en NO<sub>x</sub> sur le domaine d'étude entre l'état initial et le fil de l'eau

Entre le fil de l'eau et le scénario avec projet (année 2030 pour ces deux scénarios), la tendance est spatialement contrastée, globalement à la hausse. Ces variations sont directement dépendantes des conditions de circulation par rue (trafic et vitesse de circulation), puisque l'horizon d'étude est le même pour ces deux scénarios.

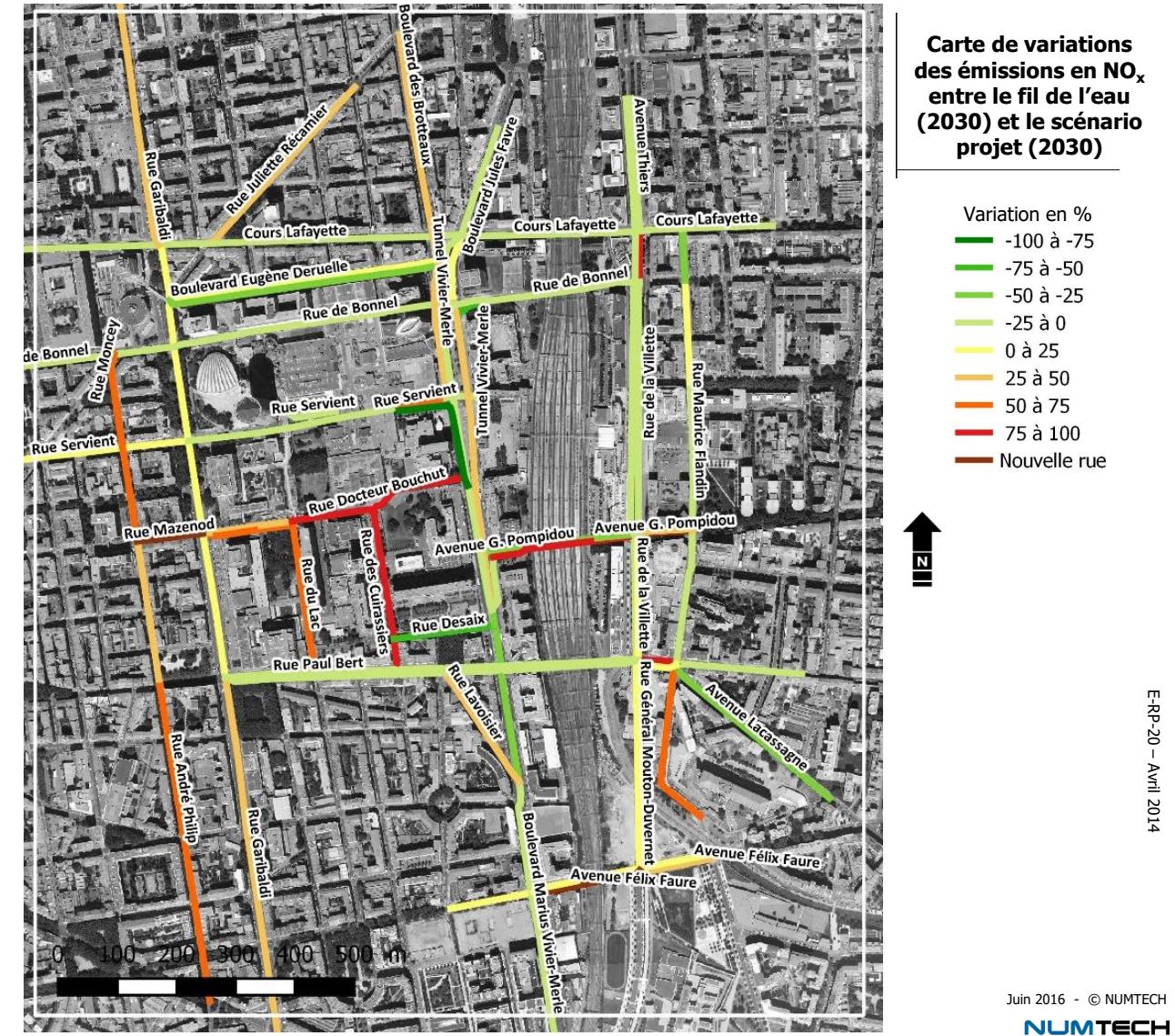


Figure 18 – Variations d'émissions en NO<sub>x</sub> sur le domaine d'étude entre le fil de l'eau et le scénario projet

Pour d'autres polluants, ces cartes pourraient être différentes.



---

**Chapitre 4, ce qu'il faut retenir :**

**Les émissions des axes routiers étudiés ont été calculées pour l'état initial 2015 et les scénarios futurs 2030 avec et sans projet, selon la méthodologie COPERT 4.**

**Sur le domaine d'étude, en 2030, les émissions diminuent par rapport à l'état actuel, en raison de l'amélioration technologique des véhicules. La mise en place des projets conduit à une augmentation globale des émissions polluantes allant jusqu'à 20% au maximum. Localement, les évolutions peuvent être plus contrastées.**

---

## 4. MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DES POLLUANTS

Une modélisation de la dispersion des effluents émis par les véhicules circulant sur la rues modélisées a été réalisée avec le modèle de dispersion ADMS-Urban, afin d'évaluer la contribution du projet aux concentrations moyennes annuelles dans l'air, aux percentiles réglementaires et aux dépôts au sol pour les polluants particulaires (état initial et scénarios futurs). La modélisation s'est appuyée sur les émissions présentées au Chapitre 3.

Ces calculs de dispersion ont été réalisés sur l'ensemble du domaine d'étude, toutefois l'intégralité des rues de ce domaine n'a pas été modélisé (voir Figure 5), de même que les sources d'émission autres que le trafic routier n'ont pas été intégrées, comme décrit au paragraphe 2.4. Pour compenser ces manques et afin de restituer au mieux les concentrations observées dans l'environnement, une pollution de fond a été prise en compte dans les modélisations.

Les concentrations en polluants ont été modélisées à l'aide du logiciel ADMS-Urban version 4.0. Les hypothèses détaillées de calcul sont présentées dans l'ANNEXE C.

### 4.1 Description du modèle ADMS-Urban

Le système de gestion de la qualité de l'air ADMS-Urban repose sur le modèle de dispersion atmosphérique ADMS (Atmospheric Dispersion Modelling System), utilisé, reconnu et validé internationalement. Considéré par l'INERIS comme la nouvelle génération des modèles de dispersion atmosphérique, il a été validé grâce au « Model Validation Kit », outil européen d'évaluation des modèles de dispersion. Il se base en effet sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine, et remplace l'ancienne génération des modèles de dispersion. Parmi les utilisateurs français, on compte des instituts et organismes nationaux (CETE de l'Est, CETE Normandie-Centre, CETE de Lyon, CETE Méditerranée, CETE Nord-Picardie, INERIS, Météo France, l'École Centrale de Lyon...), des industriels (TOTAL FINA ELF, , SOLVAY,...) ainsi que des associations pour la surveillance de la qualité de l'air (AIRPARIF, ASPA, AIR PACA, ATMO Poitou-Charentes, AIR Languedoc Roussillon, ATMO Nord Pas de Calais,...).

Le modèle ADMS est développé depuis 1993 par le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC), groupe de chercheurs de Cambridge (Royaume-Uni). Les versions sont régulièrement réactualisées, afin de tenir compte des dernières avancées technologiques et de l'évolution du cadre réglementaire. Le logiciel est distribué de façon exclusive en France par la société NUMTECH, qui en assure également la maintenance technique et les développements spécifiques.

Outre un modèle de dispersion, ADMS intègre de nombreux modules permettant la gestion de bases de données telles que les inventaires d'émissions, ainsi que des liaisons directes avec des Systèmes d'information géographiques SIG (ARCVIEW et MAPINFO). Il permet par ailleurs de

prendre en compte la dispersion simultanée de nombreux polluants (NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, COV, métaux, HAP,...), pouvant provenir de plus de 3000 sources différentes.

Il est par ailleurs utilisé par de nombreuses agglomérations du monde entier : Strasbourg, Paris, Lille, Nancy, La Rochelle, Lyon, Londres, Budapest, Rome, Pékin, Shanghai...

Le modèle ADMS-Urban est décrit de façon plus complète en ANNEXE C.

### 4.2 Phénomènes pris en compte dans la modélisation de la dispersion atmosphérique

Pour cette étude, les phénomènes physiques pris en compte par le modèle ADMS-Urban sont listés dans le Tableau 6. Une description détaillée des hypothèses de modélisation est donnée en ANNEXE C.

Phénomène physique	Pris en compte par le modèle dans l'étude	Commentaires
<b>Météorologie locale</b>	oui	Données de surface tri-horaires de l'année 2015 mesurées à la station de Lyon Bron pour le vent (Annexe A), la température, la nébulosité et les précipitations, et complétées de données de rayonnement et stabilité simulés par le modèle WRF sur la zone, pour combler les données de nébulosité mesurées manquantes
<b>Description verticale de la turbulence atmosphérique</b>	oui	Analyse d'échelle de Monin-Obukhov
<b>Cycle diurne du développement de la couche de mélange atmosphérique</b>	oui	Les données météorologiques horaires ne sont pas traitées de façon indépendante, mais en considérant toujours les 24 heures précédentes
<b>Nature des sols rencontrés</b>	oui	Hauteur de rugosité constante de 1,5 mètre sur le domaine d'étude (occupation des sols homogène sur le domaine d'étude)
<b>Canopée urbaine</b>	oui	L'écoulement est recalculé sur le domaine d'étude en tenant compte de la canopée urbaine (présence et densité du bâti).
<b>Nature particulaire des poussières</b>	oui	Prise en compte du dépôt sec (chute par gravité) et humide (lessivage par les précipitations)
<b>Évolution chimique des polluants</b>	oui	Les évolutions chimiques simples survenant entre l'O <sub>3</sub> , les NO <sub>x</sub> , le SO <sub>2</sub> et les PM <sub>10</sub> ont été prises en compte dans le modèle.
<b>Variabilité temporelle des émissions</b>	oui	Utilisation de profils horaires tenant compte des périodes d'encombrement et des variations journalières de trafic (heure de pointe).
<b>Obstacles autour des voies</b>	oui	L'effet « canyon » (encaissement des voies entre des bâtiments) a été pris en compte dans le modèle (activation de l'option « avancée » du modèle ADMS Urban). Cette situation est en effet très fréquente sur le domaine d'étude.
<b>Prise en compte des tunnels</b>	oui	Les tunnels ou trémies ont été pris en compte de façon spécifique dans le modèle de dispersion.
<b>Effet du relief sur la dispersion des panaches</b>	non	Le relief est plat sur le domaine.

Tableau 6 – Phénomènes pris en compte dans la modélisation

### 4.3 Présentation des calculs réalisés par modélisation

Les simulations ont permis d'obtenir pour chaque scénario, les concentrations moyennes annuelles dans l'air en polluants, les percentiles réglementaires et les dépôts au sol pour les polluants particulaires.

Les simulations réalisées dans cette étude ont donc permis d'évaluer les grandeurs statistiques listées dans le tableau suivant sur le domaine d'étude :

Polluants	Concentrations moyennes annuelles		Percentiles
NO <sub>2</sub>	X	P100 et P99.8 horaires	
CO	X	P100 journaliers sur 8 heures glissantes	
SO <sub>2</sub>	X	P100 et P99.7 horaires P99.2 journaliers	
Benzène	X		
Poussières PM <sub>10</sub>	X	P90.4 journaliers	
Poussières PM <sub>2.5</sub>	X		
Benzo(a)pyrène	X		
Nickel	X		
Cadmium	X		

Tableau 7 – Paramètres statistiques calculés par le modèle

Remarque : la famille des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) est composée du monoxyde d'azote (NO) et du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Ce dernier est le composé le plus毒ique, et fait l'objet d'une réglementation dans l'air. Les concentrations en NO<sub>2</sub> ont donc été calculées dans ADMS grâce au schéma Generic Reaction Scheme.

Remarque : En chaque point de la grille d'étude, le percentile Px (horaire ou journalier) représente la concentration à laquelle x% des valeurs (horaires ou journalières) calculées sur la période en sont inférieures.

Toutes les concentrations ont été calculées à 1,5 mètre au-dessus du sol, à partir des données météorologiques mesurées durant l'année 2015 (données tri-horaires). Elles ont été calculées en chaque point du maillage pour le scénario état actuel, le scénario fil de l'eau, et le scénario projet.

## 4.4 Dispersion des polluants sur le domaine d'étude

Ce paragraphe présente les cartographies des concentrations moyennes annuelles calculées sur le domaine en  $\text{NO}_2$  et  $\text{PM}_{10}$ , principaux polluants traceurs de trafic routier. L'ANNEXE D présente également les cartographies de dispersion des  $\text{PM}_{2.5}$ . Les résultats présentés tiennent compte de la contribution du réseau routier modélisé et intègrent la pollution de fond estimée pour chaque polluant (détails au paragraphe 2.4). Les concentrations sont maximales sur les voies de circulation. Elles diminuent ensuite en fonction de la distance aux voies pour retomber assez rapidement à un niveau caractéristique de fond.

Les concentrations simulées sur le domaine d'étude étant directement dépendantes des émissions et donc des conditions de circulation (trafics et vitesses des véhicules), ainsi que de la pollution de fond, le niveau des concentrations simulées sur le domaine d'étude est variable. On remarquera, par exemple, que les concentrations simulées sont les plus élevées :

- Pour l'état initial 2015 et le fil de l'eau 2030 : le long de la rue Servient, à l'est de la rue de Bonnel et au sud du boulevard Jules Favre, au nord de la rue de la Villette, et sur la rue Paul Bert ;
- Pour le scénario avec projet 2030 : à l'ouest des passages sous les voies SNCF de l'avenue Georges Pompidou et de la rue de Bonnel.

### 4.4.1 DIOXYDE D'AZOTE ( $\text{NO}_2$ )

Pour l'état initial (Figure 19), les concentrations simulées les plus élevées sont concentrées sur quelques rues : cours Lafayette, boulevard Deruelle, rue de Bonnel, rue Servient, boulevard Jules Favre, rue Paul Bert, rue Monton-Duvernet, rue de la Villette, avenue Lacassagne, rue Garibaldi, puis dans une moindre mesure, boulevard Vivier Merle, avenue Pompidou, et rue Flandin.

La plupart de ces rues sont bordées de bâtiments (on parle d'effet canyon) qui limitent la dispersion des polluants, ce qui est nettement visible sur la carte.

Les niveaux diminuent très nettement en  $\text{NO}_2$  pour les situations futures (Figure 20 et Figure 21). Pour le fil de l'eau, les rues les plus impactées restent globalement les mêmes. Entre la situation fil de l'eau et projet, les différences de concentration sont modérées. Pour la situation projet, on note des concentrations moindres que pour le fil de l'eau sur le sud du boulevard Vivier-Merle ainsi que sur l'avenue Lacassagne (en raison d'une baisse des trafics). Globalement, la tendance est plutôt à une augmentation des concentrations, nettement visibles à l'ouest des passages sous les voies SNCF de l'avenue Pompidou et de la rue de Bonnel (en raison de la construction de nouveaux bâtiments qui créent un effet de canyon plus important), sur le milieu du boulevard Vivier Merle, sur la rue Garibaldi, la rue du Lac, puis dans une moindre mesure la rue de Bonnel et la rue du docteur Bouchut.

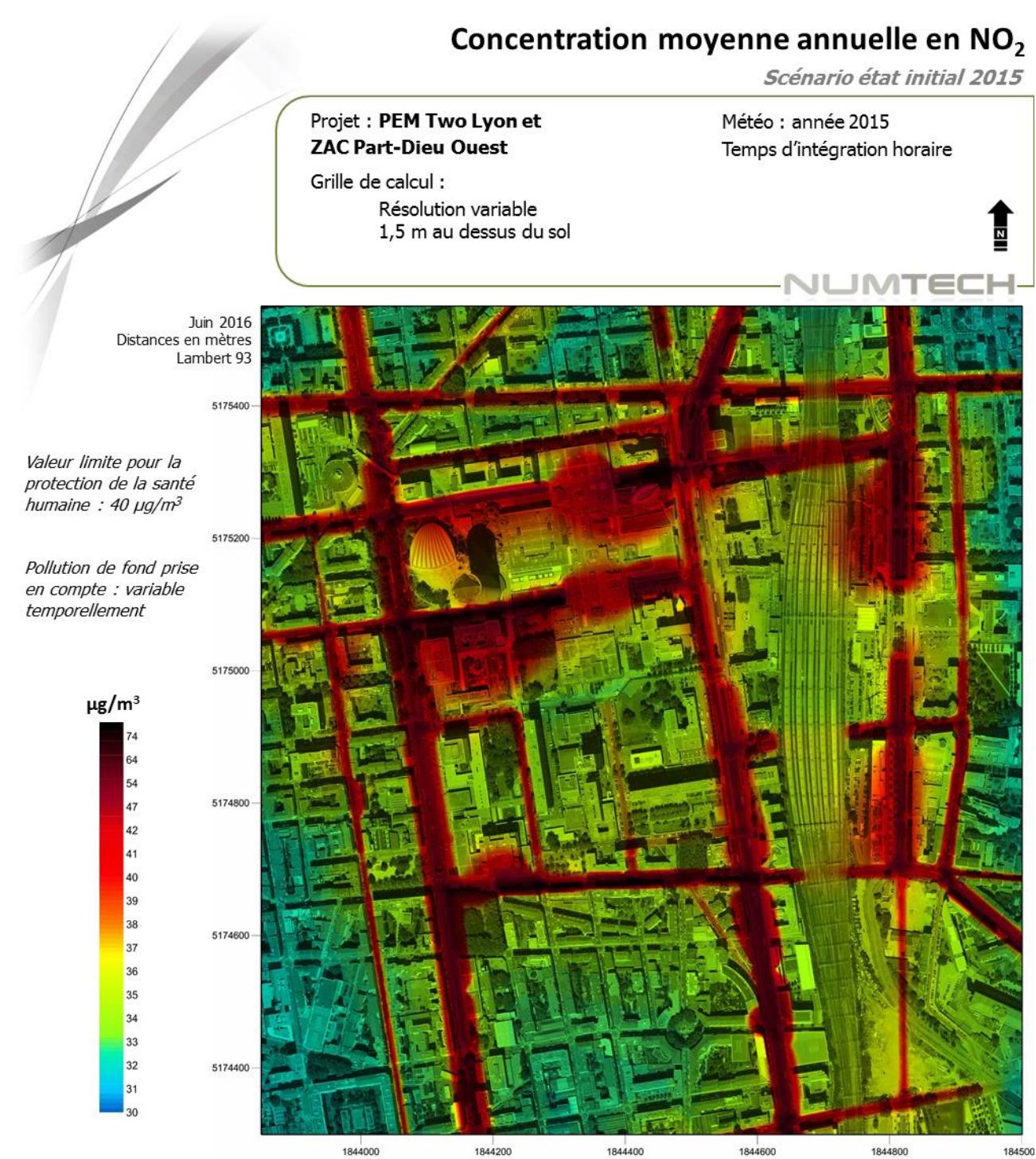


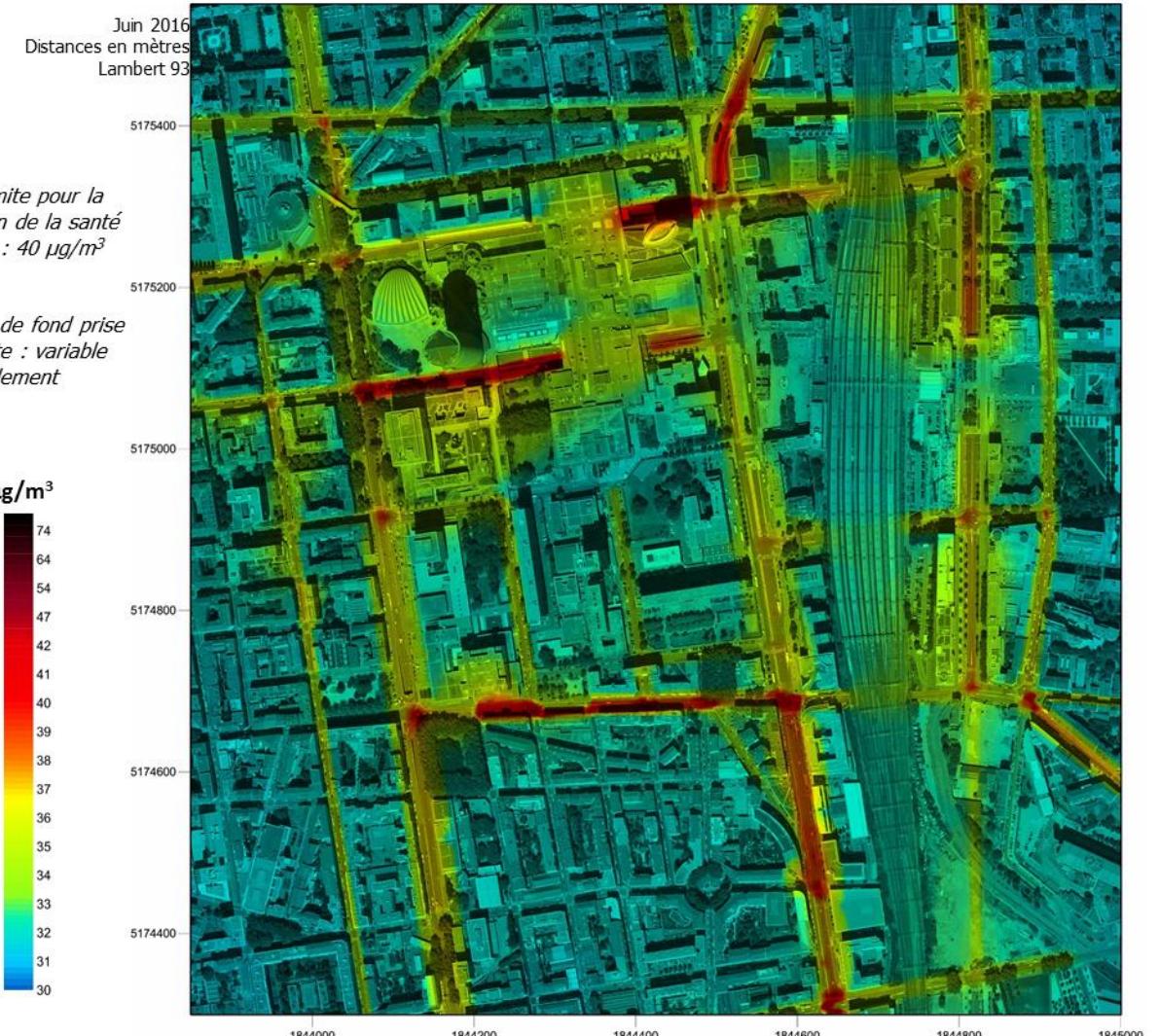
Figure 19 - Concentrations moyennes annuelles simulées en  $\text{NO}_2$  pour l'état initial

Concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub>

Scénario fil de l'eau 2030

Projet : **PEM Two Lyon et**  
**ZAC Part-Dieu Ouest**

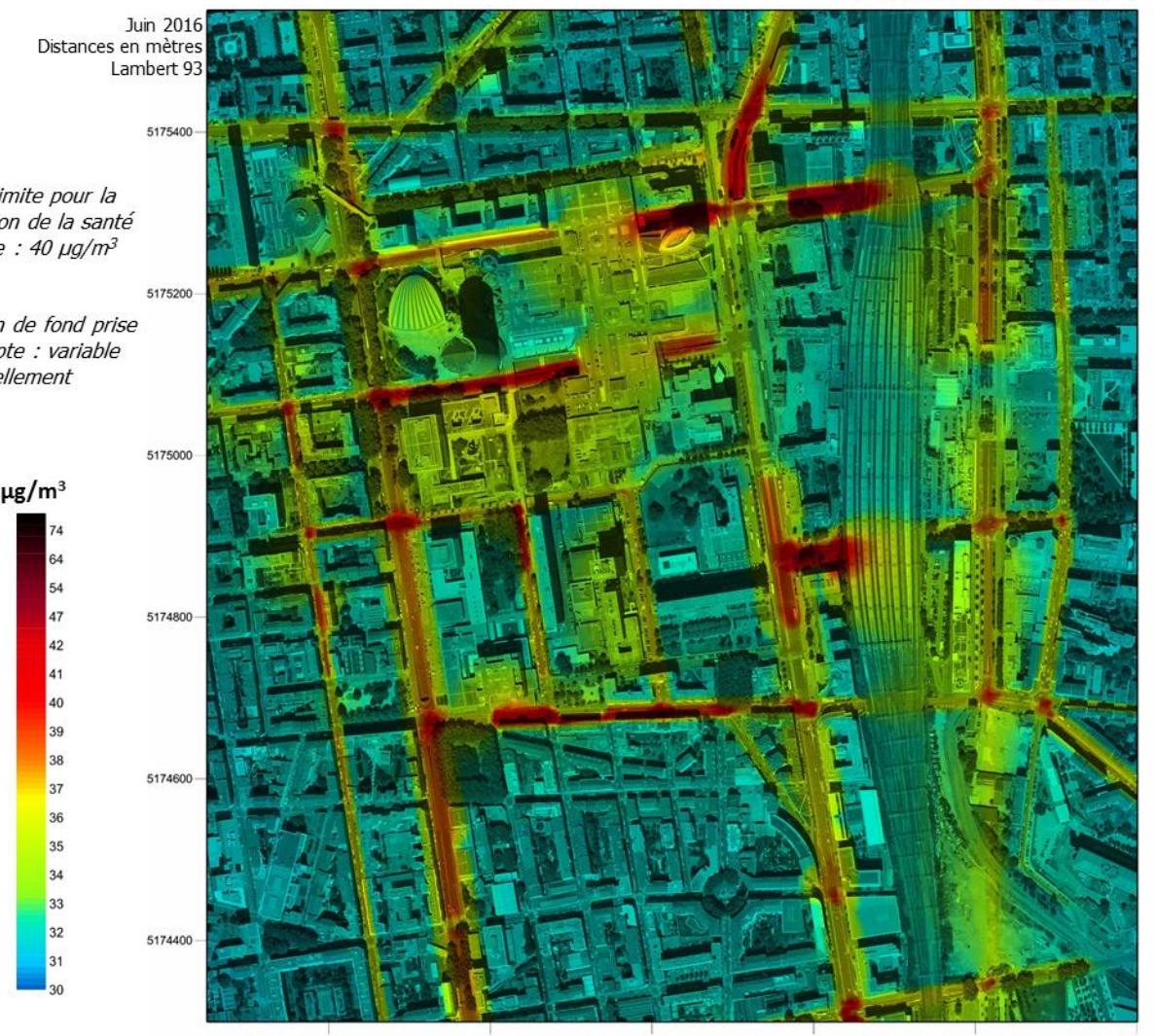
Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du solMétéo : année 2015  
Temps d'intégration horaireFigure 20 - Concentrations moyennes annuelles simulées en NO<sub>2</sub> pour le fil de l'eauConcentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub>

Scénario avec projet 2030

Projet : **PEM Two Lyon et**  
**ZAC Part-Dieu Ouest**

Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du solMétéo : année 2015  
Temps d'intégration horaireFigure 21 - Concentrations moyennes annuelles simulées en NO<sub>2</sub> pour le scénario projet

#### 4.4.2 Poussières $PM_{10}$

En poussières  $PM_{10}$ , les concentrations les plus élevées pour l'état initial se retrouvent sur les mêmes rues que pour le  $NO_2$ .

Pour les situations futures, la décroissance est par contre nettement moins importante. Ceci est dû d'une part, au fait que pour ce polluant, la part de la pollution de fond dans les niveaux simulés est majoritaire, et d'autre part au fait que les améliorations technologiques en termes d'émissions de poussières dans le futur sont moins élevées que celles attendues pour les  $NO_x$  par exemple.

On retrouve globalement les mêmes rues fortement impactées. Les concentrations diminuent principalement sur le sud du boulevard Vivier-Merle, et sur le cours Lafayette.

Le projet, comme pour le  $NO_2$ , a un effet limité sur les concentrations, avec une augmentation plus nette à l'ouest des passages sous les voies SNCF de l'avenue Pompidou et de la rue de Bonnel.

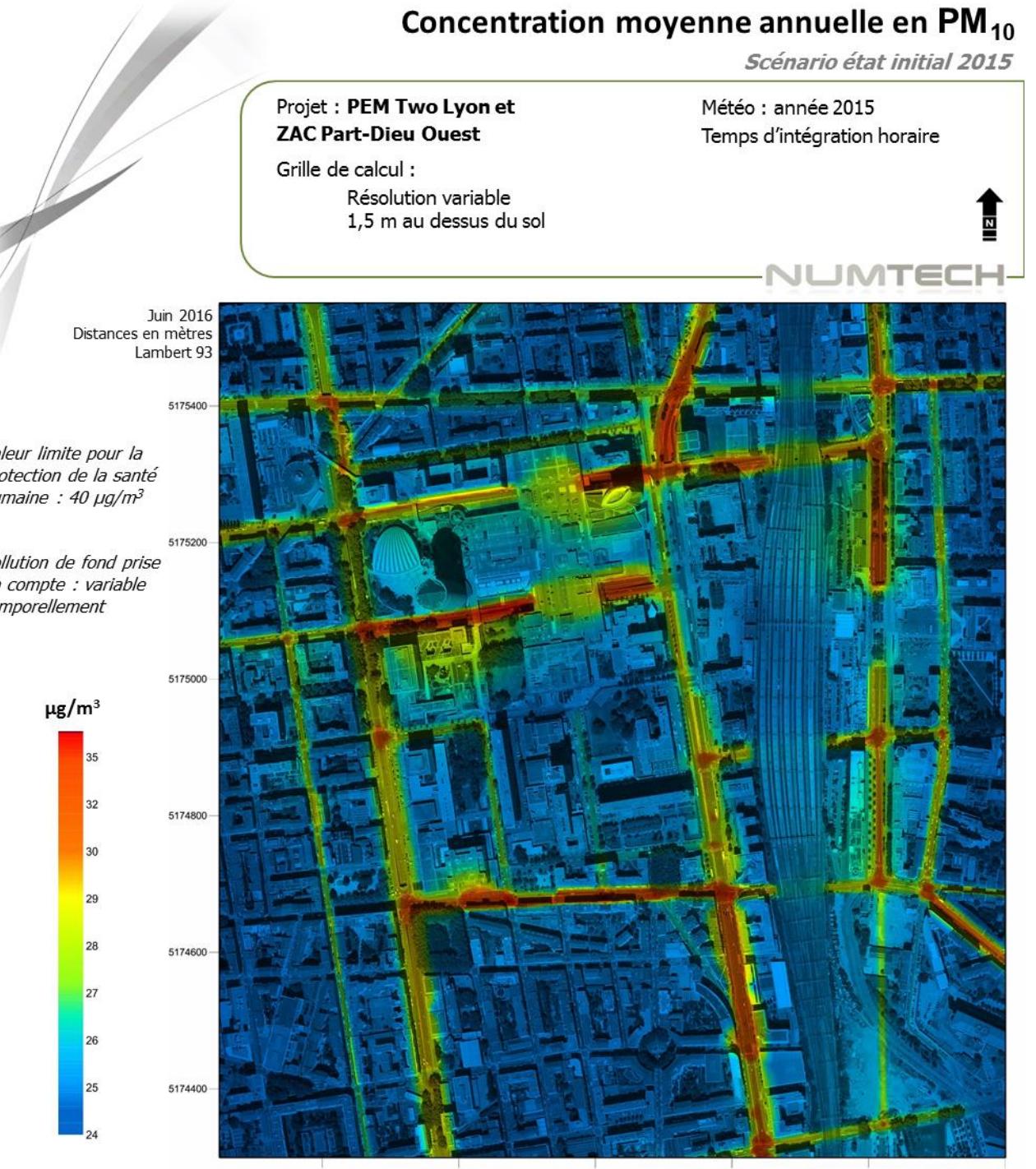
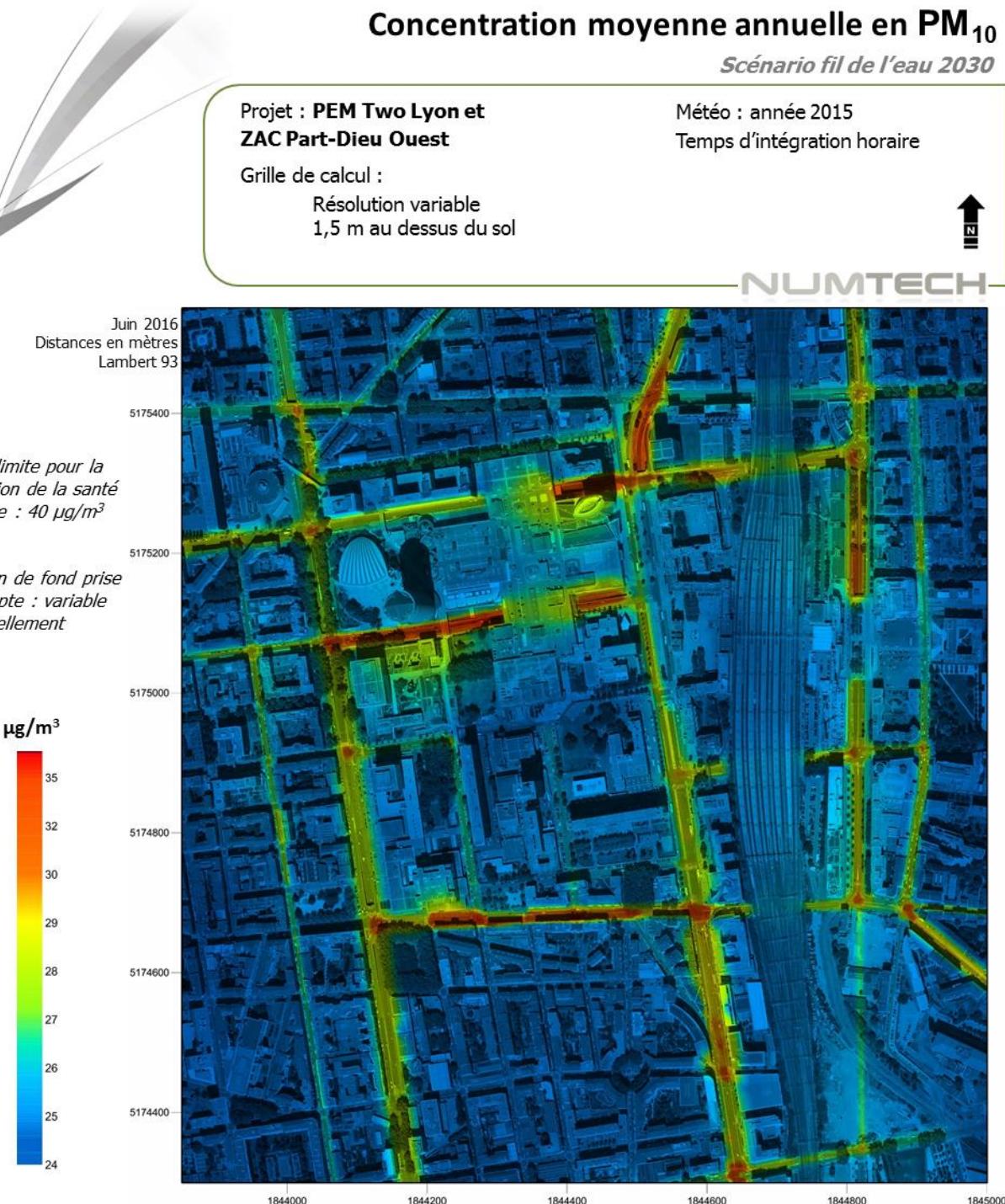
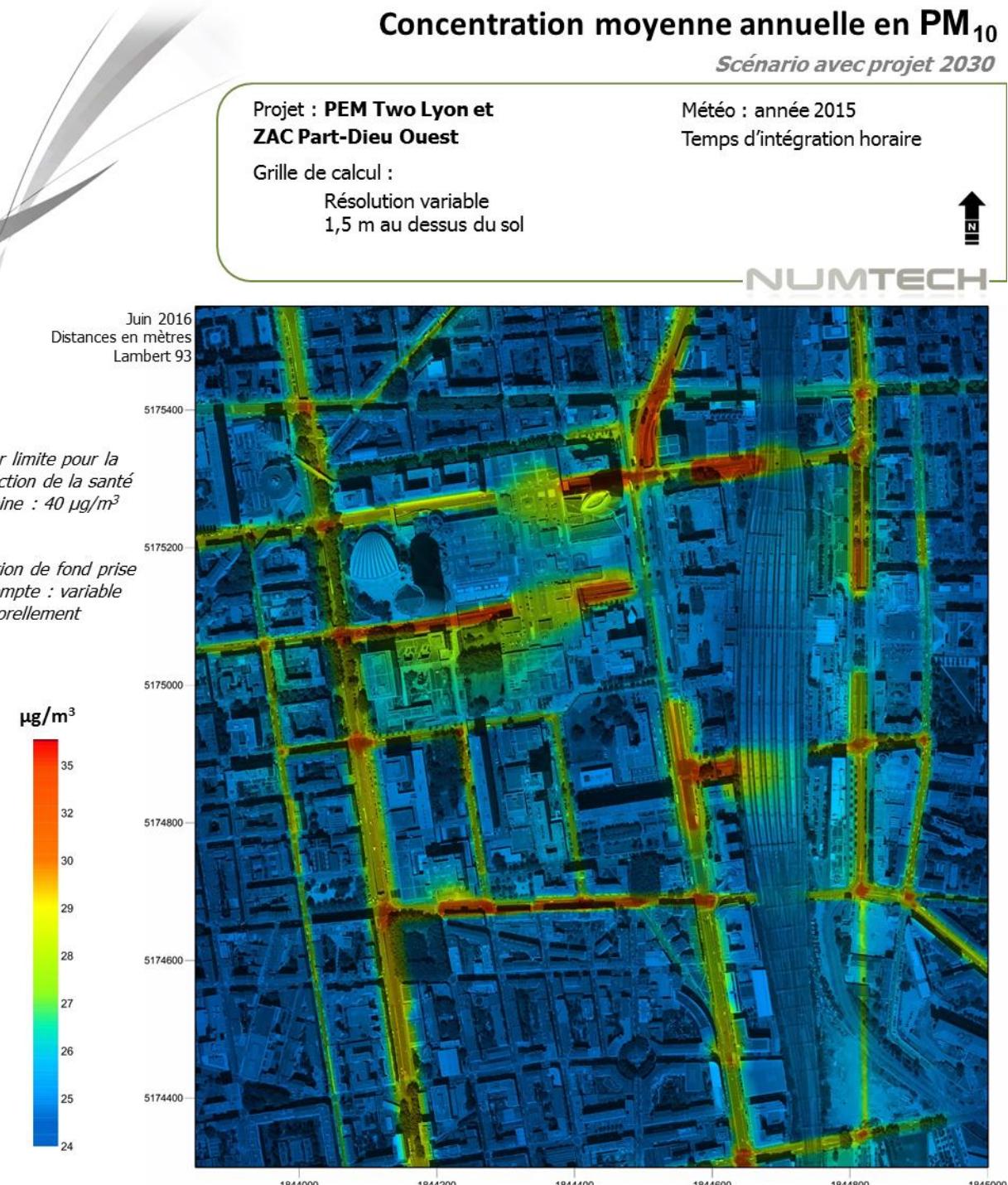


Figure 22 - Concentrations moyennes annuelles simulées en  $PM_{10}$  pour l'état initial

Figure 23 - Concentrations moyennes annuelles simulées en PM<sub>10</sub> pour le fil de l'eauFigure 24 - Concentrations moyennes annuelles simulées en PM<sub>10</sub> pour le projet

## 4.5 Impact du projet sur la qualité de l'air

Les valeurs réglementaires en vigueur des polluants considérés dans cette étude et mentionnées dans la suite de ce rapport sont présentées dans le Tableau 8. Elles sont fixées par l'article R 221-1 du Code de l'Environnement modifié par le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 – art. 1.

Le tableau suivant synthétise le respect de ces valeurs suite à la mise en place du projet en 2030, sur le domaine d'étude.

Remarque importante : cette comparaison aux seuils réglementaires est basée sur deux hypothèses fortes qui peuvent modifier les conclusions :

- A défaut de connaissance, il est supposé que la pollution de fond en 2030 serait identique à celle de l'année 2015 utilisée pour cette étude. Il est en réalité très probable qu'elle évolue pour plusieurs polluants. Cela n'affecte pas les calculs de contribution du projet réalisés.
- Il est supposé que les seuils réglementaires actuels seront identiques en 2030, or il est probable qu'ils diminuent.

### ■ NO<sub>2</sub>

A l'état initial, la valeur limite pour la protection de la santé humaine de 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle est dépassée le long de la majorité des rues modélisées. Généralement, ce dépassement survient sur la globalité de la rue canyon (d'une façade de bâtiment à l'autre).

On rappelle que l'état initial basé sur les simulations d'Air Rhônes Alpes faisait état de tels dépassements.

Pour le scénario fil de l'eau en 2030, la quasi-totalité de ces dépassements disparaît. Ils ne subsistent que sur la rue Servient à l'ouest du centre commercial, à l'est de la rue de Bonnel, au sud du boulevard Jules Favre, et ponctuellement sur la rue Paul Bert.

Enfin, suite à la mise en place du projet, les dépassements perdurent sur la rue Servient, l'est de la rue de Bonnel, le sud du boulevard Jules Favre, et la rue Paul Bert. De nouveaux dépassements apparaissent par ailleurs à l'ouest de l'avenue Georges Pompidou et de la rue de Bonnel, en sortie des voies couvertes sous les voies SNCF. Enfin, quelques dépassements ponctuels sont observés au niveau de plusieurs carrefours.

D'après les simulations, la valeur limite pour la protection de la santé humaine de 200 µg/m<sup>3</sup> en percentiles 99.8 horaires n'est atteinte pour l'état initial que très localement rue Servient à l'ouest du passage couvert sous le centre commercial, rue Paul Bert, et au sud du boulevard Jules Favre. Le dépassement ne survient que sur quelques dizaines de mètres le long de ces

rues. Pour les scénarios futurs (avec ou sans projet), les concentrations simulées diminuent et le seuil n'est plus du tout atteint (maximum simulé de l'ordre de 150 µg/m<sup>3</sup>, pour un seuil à 200).

### ■ SO<sub>2</sub>

Les objectifs de qualité et valeurs limites de protection pour la santé humaine sont tous largement respectés, que le projet soit mis en place ou non. En effet les concentrations simulées en SO<sub>2</sub> restent très faibles : les maximums simulés en moyenne annuelle ne dépassent pas 2.5 µg/m<sup>3</sup> pour tous les scénarios (pour un seuil à 50 µg/m<sup>3</sup>).

On rappelle que ce polluant est peu émis par le trafic routier et l'est majoritairement par l'industrie, types de sources qui sont peu présentes sur le domaine d'étude. La contribution du projet n'est donc pas significative pour ce polluant.

### ■ CO

La valeur limite pour la protection humaine de 10 000 µg/m<sup>3</sup> en maximum journalier de la moyenne glissante sur 8h est largement respectée, à l'état initial, puis avec ou sans la mise en place du projet. Les valeurs maximales simulées sont de l'ordre de 875 µg/m<sup>3</sup> pour le scénario initial, puis 610 µg/m<sup>3</sup> pour les scénarios futurs (pour une valeur limite à 10 000 µg/m<sup>3</sup>). On rappelle par ailleurs qu'une pollution de fond majorante est considérée pour ce polluant.

### ■ Benzène

La valeur limite de 5 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle est respectée sur tout le domaine d'étude et pour les trois scénarios.

De même, l'objectif de qualité de 2 µg/m<sup>3</sup> est respecté sur tout le domaine, pour les trois scénarios.

### ■ PM<sub>10</sub>

Pour l'état initial, l'objectif de qualité de 30 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle est dépassé le long de quelques rues : rue Servient, à l'est de rue de Bonnel, au sud du boulevard Jules Favre, au nord de la rue de la Villette, rue Paul Bert, au sud du boulevard Vivier-Merle, et avenue Lacassagne principalement.

La valeur limite de 40 µg/m<sup>3</sup> en concentration moyenne annuelle est atteinte très ponctuellement sur certains carrefours, sans être dépassée.

En 2030, pour le scénario fil de l'eau, les dépassements de l'objectif de qualité diminuent légèrement mais concernent toujours globalement les mêmes zones. Ces dépassements persistent malgré la diminution des émissions prévue dans le futur, car pour ce polluant, la part de la pollution de fond dans le dépassement des seuils simulé est très importante (pollution de fond moyenne annuelle de 24 µg/m<sup>3</sup> pour un seuil à 30). Or à défaut de plus de connaissance, il est fait l'hypothèse que la pollution de fond de 2030 sera identique à celle de 2015, ce qui constitue une hypothèse forte. La valeur limite de 40 µg/m<sup>3</sup> n'est plus atteinte.

La mise en place du projet ne modifie pas ces résultats, mais rajoute deux zones de dépassement, à l'ouest du passage sous les voies SNCF rue de Bonnel et avenue Pompidou, en raison de la construction de nouveaux bâtiments sur ces zones, qui limitent la dispersion des polluants.

La valeur limite de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  relative aux percentiles 90.4 journaliers est dépassée pour l'état initial rue Servient, à l'est de la rue de Bonnel, au sud du boulevard Jules Favre, rue Paul Bert, ainsi que ponctuellement au niveau de quelques carrefours. Notons que l'état initial simulé par Air Rhône Alpes faisait état de dépassements plus importants, et généralisés sur la majeure partie des rues du domaine d'étude. Il s'agit ici d'un résultat aigu représentatif des concentrations les plus élevées envisageables sur une journée. Il est possible que le fait d'utiliser ici une pollution de fond (variable toutes les heures) plutôt que de simuler l'ensemble des autres sources émettrices de poussières, ne permette pas de restituer aussi bien les concentrations.

Pour le scénario fil de l'eau 2030, les dépassements diminuent mais concernent globalement les mêmes zones. Suite à la mise en place du projet, les dépassements restent similaires, et concernent en plus la section de la rue de Bonnel à l'ouest du passage sous les voies SNCF.

#### ■ PM<sub>2.5</sub>

La valeur limite de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle est dépassée pour le scénario initial uniquement au niveau de la rue Servient à l'ouest du passage sous le centre commercial, et très ponctuellement rue Paul Bert, et au sud du boulevard Jules Favre.

Pour les scénarios futurs, avec ou sans le projet, cette valeur limite est atteinte sur les mêmes zones, sans être dépassée.

#### ■ Cadmium

La valeur cible de 5  $\text{ng}/\text{m}^3$  est respectée sur tout le domaine d'étude, à l'état initial et pour les scénarios futurs, que le projet soit mis en place ou non. Les concentrations maximales simulées sont inférieures à 1  $\text{ng}/\text{m}^3$  pour les trois scénarios.

#### ■ Nickel

La valeur cible de 20  $\text{ng}/\text{m}^3$  est respectée sur tout le domaine d'étude, à l'état initial et pour les scénarios futurs, que le projet soit mis en place ou non. Les maximums simulés sont inférieurs à 3  $\text{ng}/\text{m}^3$  pour les trois scénarios.

#### ■ Benzo(a)pyrène

La valeur cible de 1  $\text{ng}/\text{m}^3$  est respectée sur tout le domaine d'étude, à l'état initial et pour les scénarios futurs, que le projet soit mis en place ou non. Les maximums simulés sont inférieurs à 0.4  $\text{ng}/\text{m}^3$  pour les trois scénarios.

Le tableau suivant synthétise le respect de ces valeurs, notamment suite à la mise en place du projet en 2030.

Polluant	Synthèse du respect des seuils réglementaires de qualité de l'air
NO <sub>2</sub>	A l'état initial 2015 : dépassement généralisé de la valeur limite pour la protection de la santé humaine de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, sur la majorité des rues modélisées. Pour les scénarios futurs en 2030 : ces dépassements sont fortement réduits et ne concernent plus que quelques zones localisées rue Servient, à l'est de la rue de Bonnel, au sud du boulevard Jules Favre, et ponctuellement sur la rue Paul Bert. Suite à la mise en place du projet, les dépassements perdurent rue Servient, à l'est de la rue de Bonnel, au sud du boulevard Jules Favre, et rue Paul Bert. De nouveaux dépassements sont observés avenue Georges Pompidou et rue de Bonnel, en sortie ouest des voies couvertes sous les voies SNCF.
PM <sub>10</sub>	A l'état initial, la valeur limite pour la protection de la santé humaine de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en percentiles 99.8 horaires n'est atteinte que très localement rue Servient à l'ouest du passage couvert sous le centre commercial, rue Paul Bert, et au sud du boulevard Jules Favre. Pour les scénarios futurs (avec ou sans projet), le seuil n'est plus atteint.
PM <sub>2.5</sub>	Pour l'état initial, l'objectif de qualité de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle est dépassé rue Servient, à l'est de la rue de Bonnel, au sud du boulevard Jules Favre, au nord de la rue de la Villette, rue Paul Bert, au sud du boulevard Vivier-Merle, et avenue Lacassagne. La valeur limite de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ est atteinte très ponctuellement sans être dépassée. En 2030 pour le scénario fil de l'eau, les dépassements diminuent légèrement mais concernent toujours globalement les mêmes zones. La valeur limite n'est pas contre plus atteinte. La mise en place du projet ne modifie pas ces résultats mais de nouveaux dépassements sont simulés à l'ouest des passages sous les voies SNCF de l'avenue Georges Pompidou et de la rue de Bonnel.
Benzène, SO <sub>2</sub> , CO, Cd, Ni, BaP	La valeur limite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ relative aux percentiles 90.4 journaliers est dépassée pour l'état initial rue Servient, à l'est de la rue de Bonnel, au sud du boulevard Jules Favre, ainsi que rue Paul Bert. Pour le scénario fil de l'eau 2030, les dépassements diminuent mais concernent globalement les mêmes zones. Suite à la mise en place du projet, ils restent identiques, et concernent en plus la section de la rue de Bonnel à l'ouest du passage sous les voies SNCF. La valeur limite de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle est dépassée pour le scénario initial uniquement au niveau de la rue Servient à l'ouest du passage sous le centre commercial et très ponctuellement rue Paul Bert, et au sud du boulevard Jules Favre. Pour les scénarios futurs avec ou sans projet, cette valeur limite est atteinte sur la même zone, sans être dépassée.
Aucun dépassement simulé, pour les trois scénarios.	

Tableau 8 – Synthèse du respect des seuils de qualité de l'air pour chaque polluant



---

**Chapitre 4, ce qu'il faut retenir :**

**Les concentrations en polluants ont été calculées à l'aide du modèle de dispersion ADMS Urban sur le domaine d'étude.**

**Pour l'état initial 2015 et le fil de l'eau 2030, les maximums sont simulés rue Servient, à l'est de la rue de Bonnel, au sud du boulevard Jules Favre, au nord de la rue de la Villette, et rue Paul Bert.**

**Pour le scénario avec projet 2030, les maximums sont simulées à l'ouest des passages sous les voies SNCF, avenue Georges Pompidou et rue de Bonnel.**

**A l'état initial 2015, les concentrations simulées dépassent la valeur limite réglementaire définie par le Code de l'Environnement en  $NO_2$  (majorité des rues), l'objectif de qualité en  $PM_{10}$ , et la valeur limite en  $PM_{2.5}$  (sur quelques rues).**

**Pour les état futurs 2030, les dépassements diminuent significativement en  $NO_2$ , et de façon moins sensible en poussières.**

**Globalement la mise en place du projet n'a qu'un impact très limité sur les dépassements observés, mais peut faire apparaître des dépassements à l'ouest des passages sous les voies SNCF de l'avenue Georges Pompidou et de la rue de Bonnel.**

---

## 5. CALCUL DE L'INDICE POLLUTION POPULATION (IPP)

### 5.1 Méthodologie

L'Indice Pollution/Population (IPP) est un indicateur sanitaire qui permet de comparer l'impact global des différents scénarios entre eux. Il intègre d'une part les concentrations, et d'autre part la répartition spatiale de la population sur le domaine d'étude. Cet indicateur doit être considéré comme un outil de comparaison de situations et ne peut donc pas être utilisé comme un indicateur d'exposition absolue permettant de quantifier le risque encouru par la population.

L'estimation de l'indice IPP a été menée sur l'ensemble du domaine d'étude.

Son principe de calcul pour un scénario donné repose sur le croisement d'une donnée de pollution (concentration polluante) avec une donnée de population sur le domaine d'étude.

Le calcul a été mené sur la base des données de population présentées au chapitre 2.3.1. L'indice a ainsi été évalué pour chaque maille de 200 m de côté de la base INSEE (désignées par la suite comme les « mailles INSEE »).

Cette échelle de travail convient bien à cet indicateur simplifié qu'est l'IPP, destiné à la comparaison globale de scénarios, et qui n'a pas vocation à être utilisé à un niveau de détail très fin.

L'IPP représente la somme des expositions individuelles des personnes soumises à la pollution d'origine routière. On calcule ainsi un IPP global par polluant et par scénario. Ces IPP globaux constituent des indicateurs simples permettant de comparer les différents scénarios en termes d'exposition des populations à la pollution atmosphérique d'origine routière.

#### 5.1.1 CHOIX DES POLLUANTS

La circulaire n°2005-273 du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières préconise d'utiliser le benzène dans le calcul de cet indicateur, du fait de la toxicité avérée de ce polluant.

Cependant, l'expérience et les retours sur utilisation depuis 2005 ont montré que le choix du benzène seul pour l'évaluation de l'exposition des populations n'était sans doute pas pertinent.

Ceci tient principalement au fait que le benzène ne constitue plus à l'heure actuelle un bon traceur de la pollution d'origine routière. En effet, les progrès sur la composition des carburants font que les teneurs en benzène ne cessent de diminuer et surtout, il n'est pratiquement pas émis par la motorisation diesel, ce qui fait qu'une majorité du trafic n'est pas ou peu concernée en France. Ceci pose problème car l'utilisation d'un IPP benzène seul conduirait à mettre de côté dans le calcul et l'évaluation de scénario, la majeure partie des émissions du réseau et en particulier toute la circulation des PL auquel il n'est pas « sensible ».

Pour cette étude, nous proposons d'utiliser un IPP pour le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ). Ce choix est motivé par le fait que ce polluant est réglementé, mesurable et largement suivi par les réseaux de surveillance, représentatif d'une pollution d'origine routière, et qu'il a un impact sur la santé.

#### 5.1.2 HYPOTHESES DE CALCUL

Les niveaux de concentration ont été calculés pour le  $\text{NO}_2$  avec le logiciel ADMS Urban selon les mêmes hypothèses que les calculs présentés au chapitre précédent. Les points de calcul diffèrent puisqu'il a ici été choisi de réaliser un calcul sur un maillage régulier de 50m de résolution. Les concentrations simulées en ces points ont ensuite été moyennées sur chaque maille INSEE de résolution, où les données de population sont disponibles. La pollution de fond est prise en compte.

A chaque maille INSEE, est affectée la concentration en polluant calculée et la population correspondante. Le calcul de l'IPP est ensuite réalisé en croisant la valeur de population et la concentration. Le résultat fournit un indicateur « d'exposition » de la population.

$$\text{IPP}_{\text{maille}} = \text{Population}_{\text{maille}} \times \text{Concentration}_{\text{maille}}$$

Les IPP par maille les plus forts correspondent :

- aux zones où la densité de population est la plus élevée,
- ou aux zones où les concentrations calculées sont les plus élevées,
- ou aux deux.

On rappelle que la mise en place du projet ne s'accompagne pas d'une évolution de la population, mais que celle-ci évolue entre l'état initial et les situations futures, du fait du projet de ZAC et plus généralement du projet urbain Lyon Part Dieu.

### 5.2 Indicateur global

Pour les trois scénarios étudiés, l'IPP global correspond à la somme des indices IPP calculés pour chaque maille INSEE du domaine d'étude. D'après la circulaire, « cet indicateur est bien représentatif des conséquences d'un bilan « santé » global vis-à-vis des populations exposées ».

Le Tableau 9 présente les valeurs d'IPP obtenues.

	Etat initial	Fil de l'eau	Projet
<b>IPP global <math>\text{NO}_2</math></b>	1 688	1 689	1 692
<b>Evolution par rapport à l'état initial</b>	-	+0.05%	+0.27%
<b>Evolution par rapport au fil de l'eau</b>	-	-	+0.22%

Tableau 9 – IPP globaux pour chaque scénario, en milliers d'unités

La comparaison des IPP globaux montre qu'à l'échelle du domaine d'étude, les variations de l'IPP global entre les scénarios sont minimes (moins de 1%), et donc non significatives.

### 5.3 Variation spatiale de l'indice

Les cartes présentées ci-après représentent les zones où l'exposition des populations à la pollution estimée via l'IPP (pour le NO<sub>2</sub>) augmente ou diminue de manière significative avec l'aménagement du projet.

Le code couleur utilisé est le suivant :

- gris : pas d'évolution significative de l'IPP
- niveaux de bleu : diminution de l'IPP avec l'aménagement
- niveaux de rouge : augmentation de l'IPP avec l'aménagement
- rose : augmentation de l'IPP avec l'aménagement sur des mailles où la population était nulle précédemment (pas de calcul de variation possible).

Entre l'état initial et le scénario fil de l'eau (Figure 25), la tendance globale est une diminution de l'IPP et donc de l'exposition des populations (en raison de la diminution des émissions attendues en NO<sub>2</sub>), excepté sur les mailles où des populations supplémentaires sont attendues (rue du Lac et rue Mazenod, rue Paul Bert, nord du boulevard Vivier Merle, et nord de la rue de la Villette).

La mise en place du projet (Figure 26) modifie très peu l'exposition des populations (couleur grise sur la majorité du domaine d'étude). On observe 7 mailles où l'exposition devrait augmenter (suite à une augmentation des émissions et donc des concentrations), le long de la rue de Bonnel, de la rue André Philip, et de la rue des Cuirassiers, et une maille où l'exposition devrait diminuer, à l'intersection entre la rue Lavoisier et le boulevard Vivier-Merle.

Enfin la Figure 27, qui présente l'évolution de l'exposition entre l'état initial et le scénario projet, conduit à des conclusions proches de celles de la Figure 25.

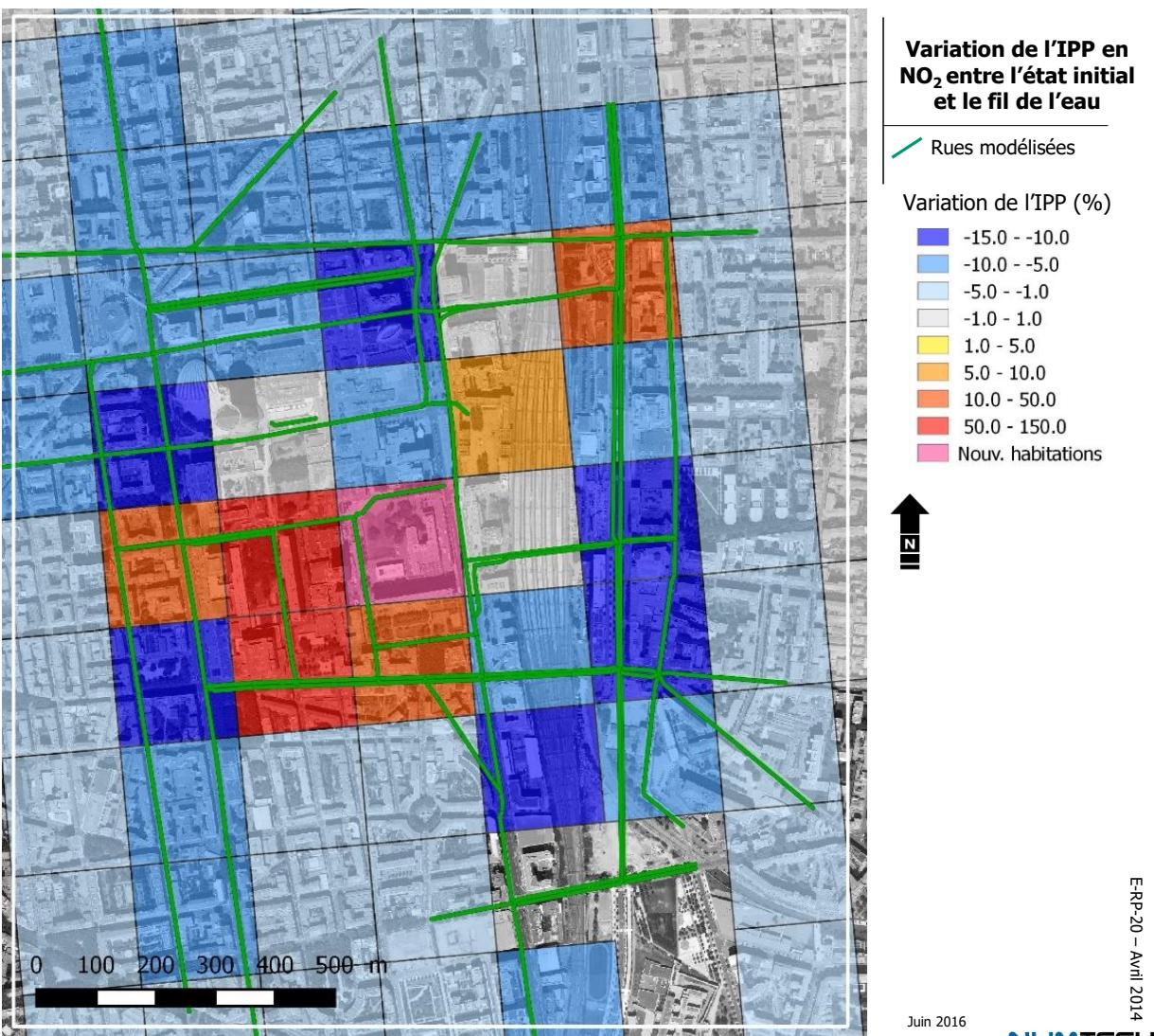
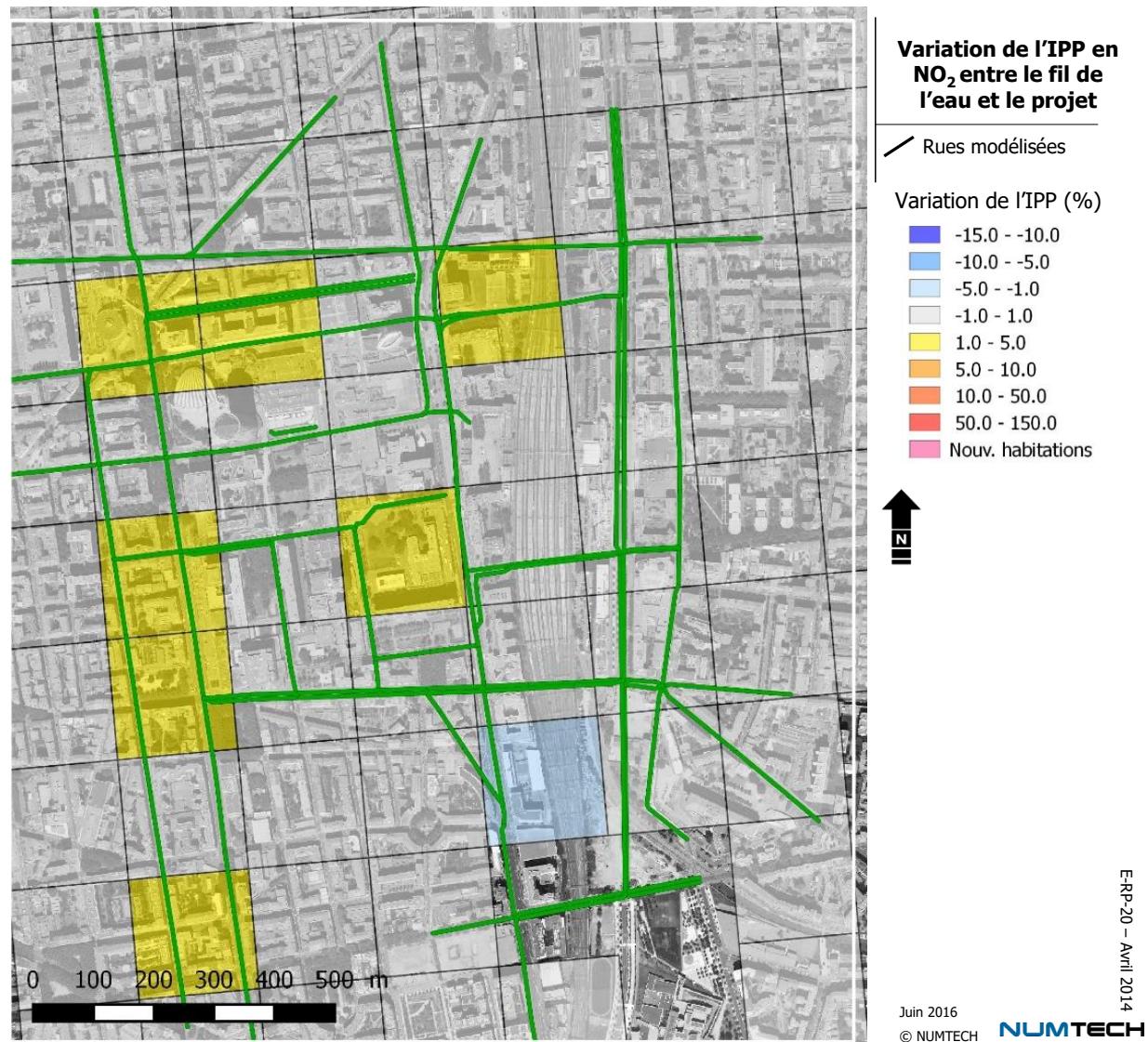
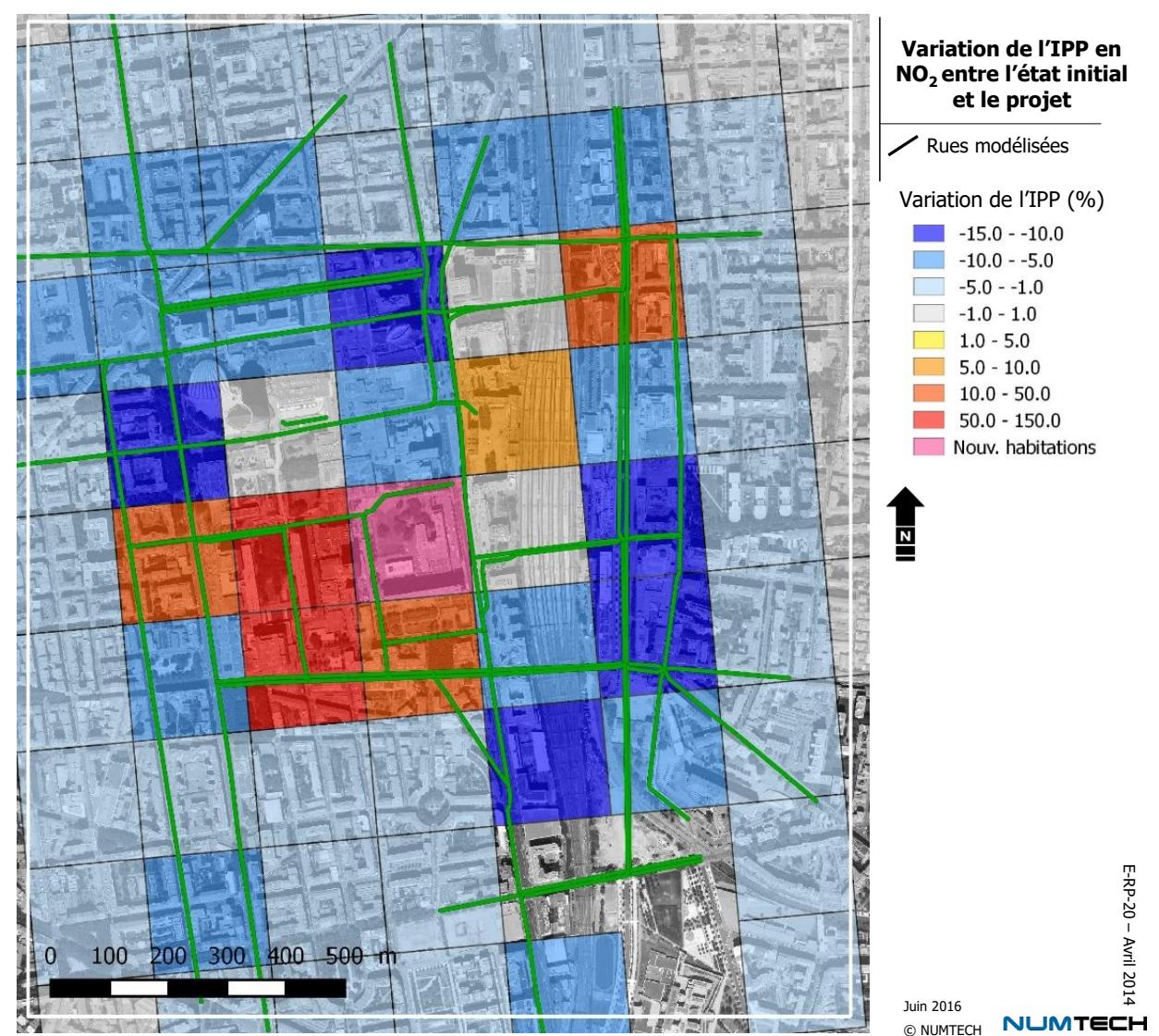


Figure 25 - Variation de l'IPP en NO<sub>2</sub> entre l'état initial et le fil de l'eau

Figure 26 - Variation de l'IPP en NO<sub>2</sub> entre le fil de l'eau et le projetFigure 27 - Variation de l'IPP en NO<sub>2</sub> entre l'état initial et le projet



---

**Chapitre 6, ce qu'il faut retenir :**

**Un Indice Pollution Population a été calculé, sur chaque maille de données de population INSEE du domaine d'étude (résolution 200m), pour le polluant NO<sub>2</sub>.**

**La comparaison des trois scénarios montre une évolution contrastée de l'exposition des populations : dans le futur, l'exposition devrait globalement diminuer par rapport à l'état initial, que le projet soit mis en place ou non, excepté sur quelques zones où de nouveaux projets immobilier (et donc une augmentation de la population résidente) sont attendus.**

**La mise en place du projet ne conduit pas à une évolution significative de l'exposition des populations, excepté localement : augmentation légère rue de Bonnel, rue des Cuirassiers, et rue André Philip, et diminution légère à l'intersection entre la rue Lavoisier et le boulevard Vivier-Merle.**

---

## 6. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

L'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) est une démarche structurée élaborée par le national research council (NRC) (l'Académie des sciences nord américaine) (NRC, 1983<sup>4</sup>) qui la décrit comme « [...] l'utilisation de faits scientifiques pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou des situations dangereuses ». Cette démarche suit une méthode définie permettant de fournir aux gestionnaires des estimations des risques pour la santé, en l'état actuel des connaissances scientifiques.

La méthodologie de l'EQRS a été retenue par l'InVS en 2000 pour répondre au volet air et santé des dossiers d'études d'impact. Concernant la méthodologie à suivre pour la réalisation d'une telle étude, deux documents font référence en France :

- le « Guide de lecture du volet sanitaire d'une étude d'impact » publié par l'InVS<sup>5</sup> (InVS, 2000)<sup>6</sup> ;
- le guide méthodologique de l'Ineris<sup>7</sup> « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées, Impact des activités humaines sur les milieux et la santé » (Ineris, 2013)<sup>8</sup>.

Compte tenu des trafics et la densité de population après mise en service du projet, la présente étude est classée de niveau II par la circulaire du 25 février 2005. Conformément à ce que cette circulaire prévoit, l'étude de niveau II est rehaussée à une étude de niveau I au droit des lieux sensibles.

De plus, l'avis de l'Anses relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières a également été considéré<sup>9</sup>.

La démarche d'évaluation des risques sanitaires du volet air et santé de l'étude d'impact s'appuie sur les 4 étapes présentées ci-dessous :

- Etape 1 : l'identification des dangers qui consiste en l'identification et la description les plus exhaustives possible des substances capables de générer un effet sanitaire indésirable, ainsi que la description de cet effet sanitaire ;
- Etape 2 : l'évaluation de la relation dose-réponse qui a pour but d'estimer le lien entre la dose d'une substance mise en contact avec l'organisme et l'incidence de l'apparition d'un effet toxique jugé critique pour l'organisme. Cette étape se caractérise par le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour chaque toxique étudié ;

- Etape 3 : l'évaluation des expositions qui permet de juger du niveau de contamination des milieux, de caractériser les populations potentiellement exposées et de quantifier l'exposition de celles-ci ;
- Etape 4 : la caractérisation du risque qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de quantifier le risque encouru pour la ou les population(s) exposées.

Cette 4ème étape est suivie d'un récapitulatif des hypothèses et des incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires. Comme le recommande l'Ineris, une étape préalable de « Caractérisation de l'installation et de son environnement » a été réalisée. Cette étape préalable a déjà été traitée dans les chapitres précédents, elle ne sera donc pas rappelée dans la partie « Evaluation des risques sanitaires ».

La Figure 28 synthétise la démarche d'ERS suivie dans cette étude.

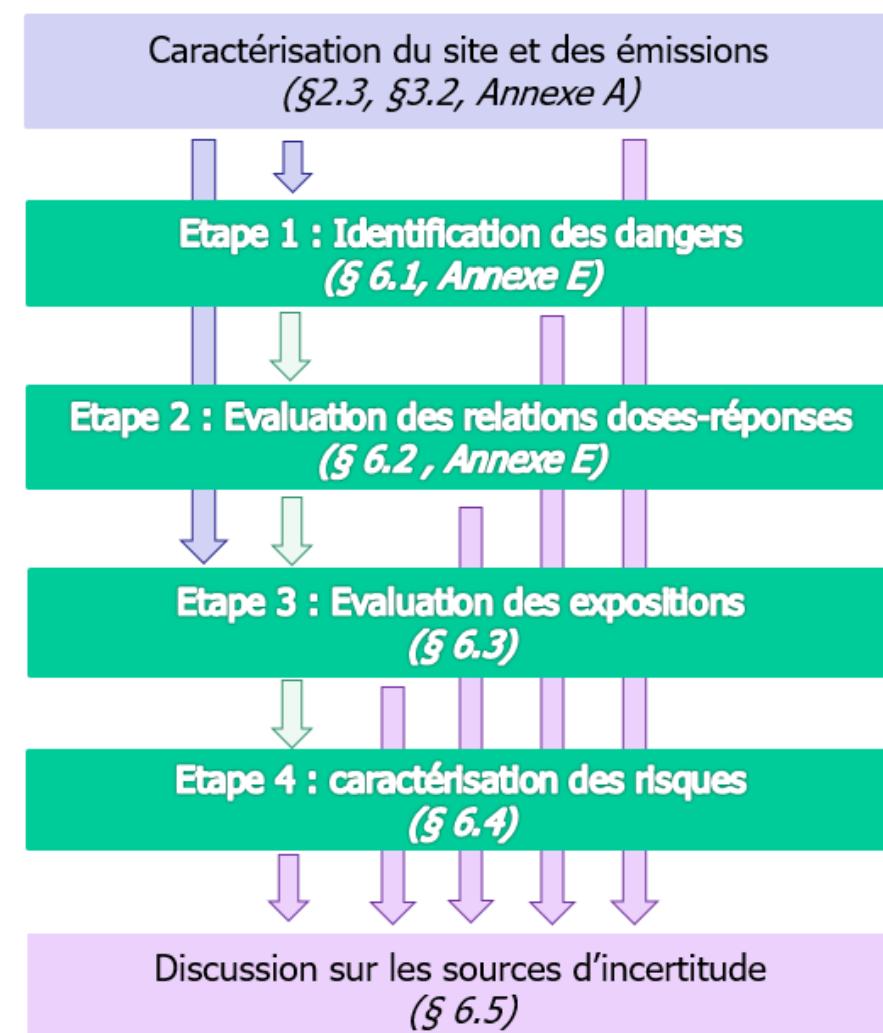


Figure 28 – Logigramme de la démarche d'évaluation des risques sanitaires

4 Risk assessment in the federal government. Managing the process. Washington DC, National Academy of Science, 191 p.

5 Institut national de veille sanitaire

6 Institut de Veille Sanitaire (InVS), 2000, Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact, 49 p.

7 Institut national de l'environnement industriel et des risques

8 Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2013, Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées, Impact des activités humaines sur les milieux et la santé, 102 p.

9 Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), 2012, Avis relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières, Saisine n° 2010-SA-0283, 195 p.

Plusieurs grands principes sont respectés dans l'ERS, conformément aux recommandations de l'InVS, de l'Ineris et de la circulaire du 17 février 1998 relative à l'application de l'article 19 de la loi LAURE<sup>10</sup>, complétant le contenu des études d'impact des projets d'aménagement :

- la transparence : les sources de données et les méthodes utilisées, les choix réalisés et les incertitudes relevées sont explicités et référencés ;
- la cohérence : les meilleures connaissances scientifiques du moment (cohérence externe) sont utilisées de même que des règles systématiques pour recueillir et traiter l'information, choisir les méthodes et les hypothèses de calcul (cohérence interne) ;
- la spécificité : l'étude s'appuie sur les connaissances scientifiques et les données propres au site ou qui s'en rapprochent le plus ;
- la prudence scientifique : en l'absence de donnée reconnue, sont prises en compte des hypothèses raisonnablement majorantes ;
- la proportionnalité : le degré d'approfondissement doit être cohérent avec l'importance des incidences prévisibles de la pollution.

Cette étude s'appuie sur les méthodes et les connaissances disponibles au moment de la rédaction du rapport. Sa validité est donc limitée par l'évolution des outils et des connaissances des sciences utilisées dans l'évaluation des risques sanitaires.

Dans la suite de ce chapitre « évaluation des risques », sont traitées les étapes qui n'ont pas encore été appréhendées dans le rapport à savoir les étapes 1 et suivantes. Pour rappel, le paragraphe 2.3 « caractérisation des populations et sites sensibles » du chapitre 2 a présenté la caractérisation du site, les populations qui y résident, et la localisation des sites sensibles (soit l'étape préalable aux 4 étapes de l'ERS). Ces différentes informations sont réutilisées dans le présent chapitre.

## 6.1 Etape 1 : Identification des dangers

### 6.1.1 LISTE DE SUBSTANCES APPREHENDÉES DANS L'ERS

Dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires, les substances appréhendées sont celles recommandées dans **l'avis de l'Anses de 2012** relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières. Il s'agit d'une mise à jour de la liste de substances proposées par la **circulaire ministérielle DGS/SD7B n°2005-273 du 25 février 2005** relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

A noter que dans le cadre d'une étude de niveau II rehaussée à une étude de niveau I, dans la mesure où l'ERS est proposée uniquement au droit de sites sensibles, seule la voie d'exposition respiratoire est considérée.

Le tableau ci-après synthétise les substances étudiées :

Durée d'exposition	Substances
Aiguë	Particules (PM <sub>10</sub> et PM <sub>2.5</sub> )
	Dioxyde d'azote
	Particules (PM <sub>10</sub> et PM <sub>2.5</sub> )
	Dioxyde d'azote
	Acétaldéhyde
	Acroléine
	Ammoniac
	Arsenic
	Benzène
	1,3-butadiène
Chronique	Chrome
	Ethylbenzène
	Formaldéhyde
	Naphtalène
	Nickel
	Propionaldéhyde
	16 HAP

Tableau 10 - Substances appréhendées dans l'ERS (source : Anses, 2012)

10 Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie

Pour la famille de substances des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), l'Anses recommande le traitement de certains congénères de ces familles. Ces congénères sont les suivants :

- Acénaphtène
- Acénaphtylène
- Anthracène
- Benzo[a]anthracène
- Benzo[a]pyrène
- Benzo[b]fluoranthène
- Benzo[k]fluoranthène
- Benzo[ghi]pérylène
- Chrysène
- Dibenzo[ah]anthracène
- Fluorène
- Fluoranthène
- Indéno[123-cd]pyrène
- Phénanthrène
- Pyrène
- Benzo[j]fluoranthène

vasculaire...) et les substances associées à ces systèmes, selon la voie d'exposition. Ce tableau liste les principaux effets répertoriés dans la littérature scientifique, sans être exhaustif. Il permet également de pointer le fait que chaque système est la cible de plusieurs substances étudiées. Elles peuvent interagir pour potentialiser, neutraliser ou diminuer les effets néfastes de substances considérées individuellement. Dans le tableau suivant, la famille des HAP est représentée par le benzo[a]pyrène et le naphtalène.

Une description toxicologique complète de ces dangers est présentée en ANNEXE E (document présenté à part).

### 6.1.2 ETUDE DES DANGERS

Cette partie a pour objectif de présenter les principaux effets sur la santé humaine associés aux substances retenues dans le cadre de cette étude. Pour chacune des substances, ce chapitre présente un résumé des connaissances en toxicité aiguë (quelques heures à quelques jours) et chronique (plusieurs mois à plusieurs années), qui sont les deux types d'exposition qui seront étudiés pas la suite dans l'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS). Pour les expositions chroniques, il est distingué les connaissances sur les effets systémiques<sup>11</sup> et celles sur les effets cancérogènes.

Les principales bases de données consultées sont les suivantes :

- « L'United-States Environmental Protection Agency » (US-EPA) ;
- l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ;
- « L'International Program on Chemical Safety » (IPCS) ;
- Santé Canada (« Health Canada ») ;
- l'institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Ineris) ;
- l'institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) ;
- Hazardous Substances Data Bank (HSDB).

La consultation de ces bases a permis de répertorier les dangers associés aux substances ou familles de substances inventoriées (certaines substances sont regroupées par famille). Le Tableau 11 présente les principaux systèmes cibles (par exemple : système respiratoire, système digestif, système cardio-

<sup>11</sup> Toxicité d'une substance qui se manifeste par une atteinte non cancéreuse d'un tissu ou d'une fonction

Substances	Respiratoire	Oculaire	Hématologique et immunitaire	Cardio-vasculaire	Nerveux	Digestif	Musculo-squeletique	Urinaire	Cutané	Reproductif et développemental
1,3-butadiène	AR*	-	CR	CR	-	-	-	-	AR	CR
Acétaldéhyde	AR, AO*, CR*, CO*	AR	-	AO	CO	-	-	-	-	-
Acroléine	AR, AO, CR	AR, AO	CO	-	-	AO	-	-	AR, AO	-
Ammoniac	AR	-	-	AR	-	AR	-	-	-	-
Arsenic	AR, CR	-	AO, CO	CR, CO	AO, CR, CO	AO, CO	-	-	AO, CR, CO	-
Benzène	-	-	CR, CO	-	AR, CR, CO	-	-	-	-	-
Benzo[a]pyrène	-	-	CO	-	-	CO	-	CO	-	-
Chrome	CR, CO	-	-	-	AO	AO	-	-	-	-
Dioxyde d'azote	AR, CR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethylbenzène	AR	AR	-	-	AR	CR	-	-	-	-
Formaldéhyde	AR, AO, CR	AR	-	AO, CO	-	-	-	-	-	-
HAP	CR	CC	AO, AC, CR						AC	
Naphtalène	CR	CR	CR, AO	-	-	-	-	-	-	-
Nickel	AR, CR	-	-	-	AR	AR, AO	-	-	-	CR, CO
Poussières	AR, CR	-	-	AR	-	-	-	-	-	-
Propionaldéhyde	AR, CR	AR, CR	-	-	-	AO, CO	-	-	-	-

\*Type d'exposition aux substances : AR : Aigu respiratoire / AO : Aigu oral / AC : Aigu cutané / CR : Chronique respiratoire / CO : Chronique oral / CC : Chronique cutané

Tableau 11 – Liste des systèmes-cibles susceptibles d'être atteints et substances et type d'exposition associés

## 6.2 Etape 2 : Inventaire et choix des valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour une substance donnée sont des valeurs établissant une relation entre les niveaux d'exposition auxquels les personnes peuvent être exposées et l'incidence ou la gravité des effets associés à l'exposition.

### 6.2.1 METHODE

Les valeurs toxicologiques de référence sont distinguées en fonction de leur mécanisme d'action :

- Les toxiques à seuil de dose : Les VTR sont les valeurs en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque.
- Les toxiques sans seuil de dose : Les VTR correspondent à la probabilité, pour un individu, de développer l'effet indésirable (ex : cancer) lié à une exposition égale, en moyenne sur sa durée de vie, à une unité de dose de la substance toxique. Ces probabilités sont exprimées par la plupart des organismes par un excès de risque unitaire (ERU). Un ERU de  $10^{-5}$  signifie qu'une personne exposée, en moyenne durant sa vie à une unité de dose, aurait une probabilité supplémentaire de 1/100 000, par rapport au risque de base, de contracter un cancer lié à cette exposition.

### 6.2.2 SOURCES DE DONNEES

D'après la note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, il est recommandé de sélectionner la VTR proposée par l'un des organismes suivant : Anses, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA.

Par mesure de simplification, dans la mesure où il n'existe pas de méthode de choix faisant consensus, il est recommandé de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'Anses même si des VTR plus récentes sont proposées dans les autres bases de données. À défaut, si pour une substance une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, alors cette VTR doit être retenue, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente.

En l'absence d'expertise nationale, la VTR à retenir correspond à la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée.

Si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données précédemment citées (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA est utilisée.

En l'absence de VTR dans une de ces 8 bases de données, la note n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 indique qu'il est préférable d'éviter d'utiliser d'autres valeurs telles qu'une valeur toxicologique publiée par un autre organisme que ceux précédemment listés, ou une valeur limite d'exposition professionnelle ou encore une valeur guide de qualité des milieux.

Les VTR utilisées en évaluation de risques sanitaires doivent avoir des fondements uniquement sanitaires. Cependant, certaines valeurs émises par l'OMS (appelées « valeurs guides ») sont établies en tenant compte de considérations supplémentaires (environnementales, techniques, économiques...). Lorsque de telles valeurs guides (VG) sont utilisées à défaut de VTR, elles sont traitées à part dans l'étude et il ne sera pas réalisé de caractérisation des risques comme avec une VTR, mais seulement une comparaison des VG avec les doses d'exposition. En revanche, si une VG peut être assimilée à une VTR de par sa construction, alors un calcul de risque sera réalisé.

La Figure 29 présente le logigramme permettant de choisir les VTR selon les recommandations de la note ministérielle N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

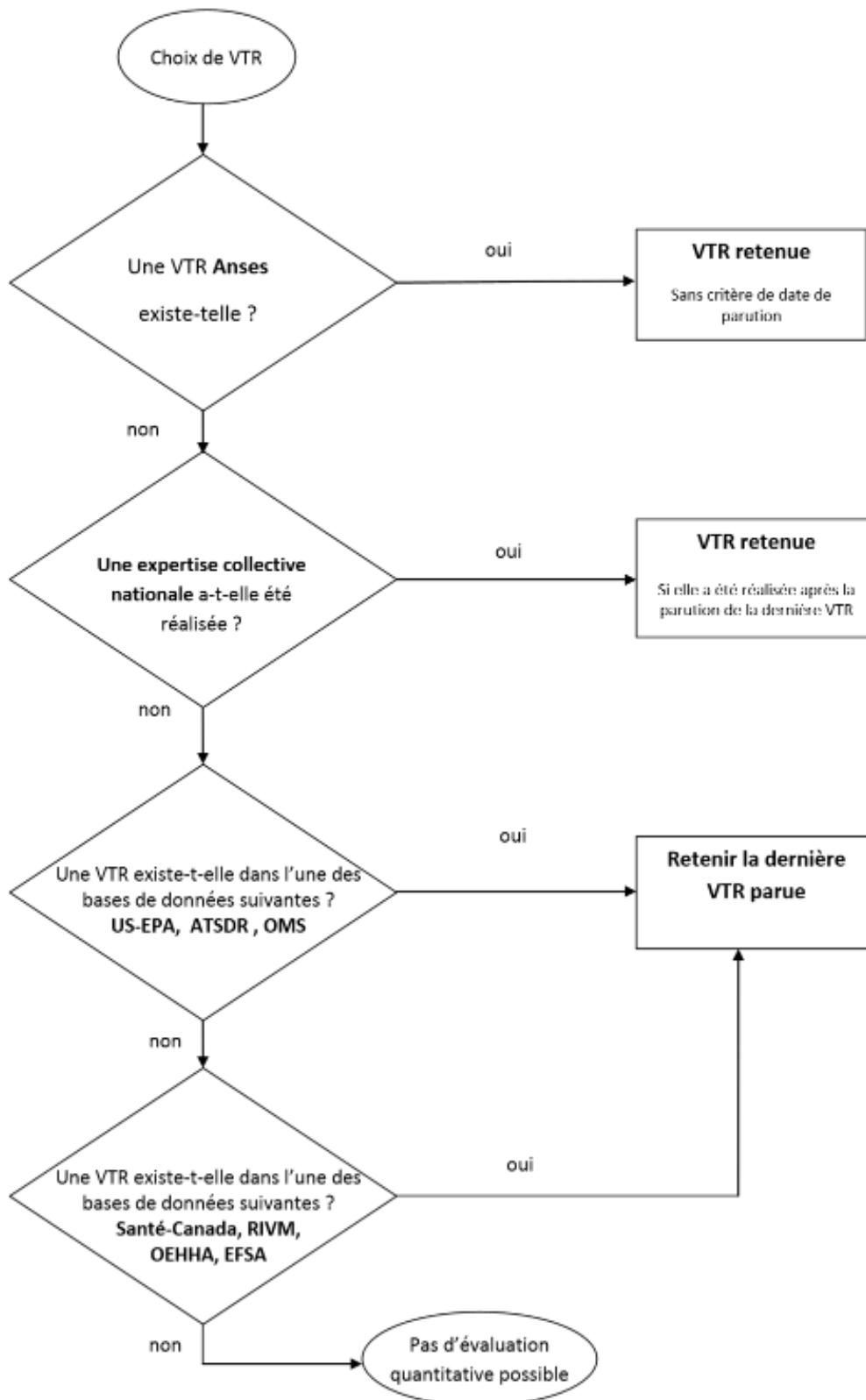


Figure 29– Logigramme pour le choix des VTR (note n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014)

### 6.2.3 CHOIX DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

Les Tableau 12 à Tableau 14 synthétisent les VTR (ou les valeurs-guides) retenues selon les recommandations de la note N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 pour chaque durée d'exposition (aiguë et chronique) et chaque type d'effet (à seuil ou sans seuil de dose).

Dans le cas de l'exposition aiguë, le guide de l'Anses de 2012 recommande de considérer uniquement les poussières et le dioxyde d'azote. Pour ces substances/famille de substance, seules des valeur-guides sont disponibles :

Substances	VTR aiguë/VG ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Durée	Système cible	Référence
NO <sub>2</sub>	200	1h	Respiratoire	Expertise Anses, 2013 (OMS, 2010)
PM <sub>10</sub>	50	24h	Respiratoire	OMS, 2005
PM <sub>2,5</sub>	25	24h	Respiratoire	OMS, 2005

Tableau 12 - VG aiguës

Substances	VTR ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Système cible	Référence
1,3-butadiène	2	Reproductif et développemental	EPA, 2002
Acétaldéhyde	160	Respiratoire	Anses, 2014
Acroléine	0,8	Respiratoire	Anses, 2013
Ammoniac	200	Respiratoire	Expertise Ineris 2011 (OEHHA, 2000)
Arsenic	0,015	Nerveux, Reproductif et développemental	Expertise Ineris 2010 (OEHHA, 2008)
Benzène	3	Hématologique et immunitaire	OEHHA, 2014
Chrome VI	0,1	respiratoire	Expertise Ineris 2007 (EPA, 1998)
Ethylbenzène	300	Urinaire	ATSDR, 2010
Formaldéhyde	9	Respiratoire	Expertise Ineris, 2010 (OEHHA, 2008)
Naphtalène	37	Respiratoire	Anses, 2013
Nickel (sous forme oxydé)	0,014	Respiratoire	OEHHA, 2012
NO <sub>2</sub>	40*	Respiratoire	OMS, 2000
PM <sub>10</sub>	20*	Respiratoire	OMS, 2005
PM <sub>2,5</sub>	10*	Respiratoire	OMS, 2005
Propionaldéhyde	8	Respiratoire	EPA, 2008

\*valeur-guide

Tableau 13 - VTR chronique non cancérogène

Substances	VTR (( $\mu$ g/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> )	Système cible	Référence
1,3-Butadiène	1,7 10 <sup>-4</sup>	Respiratoire	Expertise Ineris, 2011 (OEHHA, 2009)
Acétaldehyde	2,2 10 <sup>-6</sup>	Respiratoire	INERIS, 2011 (EPA, 1991)
Arsenic	4,3 10 <sup>-3</sup>	Respiratoire	Expertise Ineris 2010 (EPA, 1998)
Benzène	2,6 10 <sup>-5</sup>	Hématologique et immunitaire	Anses, 2014
Benzo[a]pyrène	1,1 10 <sup>-3</sup>	Respiratoire	OEHHA, 2009
Chrome VI	4,0 10 <sup>-2</sup>	Respiratoire	OMS, 2013
Dibenzo[a,h]anthracène	1,2 10 <sup>-3</sup>	Respiratoire	OEHHA, 2009
Ethylbenzène	2,5 10 <sup>-6</sup>	Urinaire	OEHHA, 2009
Formaldéhyde	5,3 10 <sup>-6</sup>	Respiratoire	Expertise Ineris, 2010 (Santé Canada, 2001)
Naphtalène	5,6 10 <sup>-6</sup>	Respiratoire	Anses, 2013
Nickel	3,8 10 <sup>-4</sup>	Respiratoire	Expertise Ineris 2007 (OMS, 2000)

Tableau 14 - VTR chronique cancérogène

### Cas particulier du nickel

Dans le cadre de cette étude, le nickel pris en compte est uniquement émis par combustion de carburant (émission à chaud et à froid). L'expertise de l'Ineris de 2007 propose 2 VTR respiratoires pour cette substance : une VTR pour l'oxyde de nickel et une autre pour les autres formes de nickel. Les produits de combustion s'oxydent avec l'oxygène de l'air, par conséquent, il a été jugé plus pertinent de prendre en compte la VTR associée à l'oxyde de nickel qui apparaît comme la forme de nickel la plus cohérente avec le contexte (par rapport à d'autres formes de nickel).

### Cas particulier du Chrome

Dans l'environnement, le chrome existe sous plusieurs degrés d'oxydation, principalement le chrome III (Cr III) et le chrome VI (Cr VI), c'est la raison pour laquelle des VTR pour la voie respiratoire sont disponibles pour le chrome VI et le chrome III. De ces deux degrés d'oxydation, le chrome VI est le plus毒ique, c'est pourquoi il est retenu comme représentant du chrome et de ses composés dans la présente ERS. Pour le chrome VI, des VTR sont à la fois disponibles pour la forme particulaire et pour la forme aérosol. La forme aérosol correspond à une forme dissoute, il est donc préféré la forme particulaire qui correspond mieux au contexte de notre étude.

Dans le cadre de cette étude, le chrome est émis par l'usure des pneus, des freins, de l'embrayage et de la route. Parmi les différentes sources d'émission en chrome, aucune information n'est exploitabile pour estimer la part de chrome VI dans le chrome total, il a donc été décidé, dans une hypothèse majorante, de considérer la totalité du chrome émis comme du chrome VI.

### Cas particulier des hydrocarbures aromatiques polycycliques

Pour les effets sans seuil de dose, les recommandations de l'Ineris sont suivies. Elles consistent à tenir compte des facteurs d'équivalence toxique pour calculer les VTR sans seuil de chacun des HAP qui ne disposent pas de VTR spécifiques, à partir de la VTR sans seuil du benzo(a)pyrène (Ineris, 2006)<sup>12</sup>. Les facteurs d'équivalence toxique (FET) utilisés sont ceux qui ont été retenus en France par l'Ineris à l'issue d'un travail d'analyse des différents FET disponibles dans la littérature. Les valeurs de ces FET sont présentées dans le Tableau 15.

Substances	FET
Acénaphthène	0,001
Anthracène	0,01
Benzo(a)anthracène	0,1
Benzo(a)pyrène*	1
Benzo(b)fluoranthène	0,1
Benzo(g,h,i)perylène	0,01
Benzo(j)fluoranthène*	0,1
Benzo(k)fluoranthène	0,1
Chrysène	0,01
Dibenz(a,h)anthracène*	1
Fluoranthène	0,001
Fluorène	0,001
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	0,1
Naphtalène*	0,001
Phénanthrène	0,001
Pyrène	0,001

\*ces HAP disposent de VTR spécifiques (cf. Tableau 14)

Tableau 15 - FET des HAP pris en compte (source Ineris, 2006)

12 Ineris, 2006, Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) – Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes : Approche substance par substance (facteur d'équivalence toxique – FET) et approche par mélanges, 64 p.

Le Tableau 16 synthétise les substances retenues et les VTR associées pour chacune des durées d'exposition et des types d'effets.

Substances	Respiratoire aiguë	Respiratoire non cancérogène	Respiratoire cancérogène
1,3-butadiène	X	X	X
Acénaphthène	-	-	-
Acétaldéhyde	X	X	X
Acroléine	X	X	-
Ammoniac	-	X	-
Anthracène	-	-	-
Arsenic	X	X	X
Benzène	X	X	X
Benzo[a]anthracène	-	-	-
Benzo[b]fluoranthène	-	-	-
Benzo[ghi]pérylène	-	-	-
Benzo[k]fluoranthène	-	-	-
Benzo[a]pyrène	-	-	X
Chrome	-	X	X
Chrysène	-	-	-
Dibenzo[a,h]anthracène	-	-	X
Ethylbenzène	-	X	X
Fluoranthène	-	-	-
Fluorène	-	-	-
Formaldéhyde	X	X	-
Indeno[1,2,3-cd]pyrène	-	-	-
Naphtalène	-	X	X
Nickel	X	X	X
NO <sub>2</sub>	X	X	-
Phénanthrène	-	-	-
PM <sub>10</sub>	X	X	-
PM <sub>2,5</sub>	X	X	-
Propionaldéhyde	-	X	-
Pyrène	-	-	-

Tableau 16 - Synthèse des substances retenues et des VTR disponibles

### 6.3 Etape 3 : Evaluation des expositions

L'objet de ce chapitre est d'évaluer les doses auxquelles les populations humaines sont susceptibles d'être exposées.

#### 6.3.1 VOIES ET VECTEURS D'EXPOSITION

La population de la bande d'étude est exposée aux substances présentes dans son environnement essentiellement par voies respiratoire, orale et cutanée. L'objectif de cette ERS est de quantifier les risques sanitaires uniquement au droit des sites sensibles pour la voie respiratoire, par conséquent, seule la voie respiratoire a été appréhendée dans le cadre de cette étude. La voie respiratoire est en effet la principale voie d'exposition aux polluants atmosphériques.

De manière générale, l'exposition d'une population est déterminée à partir du calcul de la concentration moyenne inhalée (CMI) en chaque substance, selon l'équation générale suivante :

Équation 1 :

$$CMI = \sum_i (C_i \times T_i) \times F \times \left( \frac{DE}{T_m} \right)$$

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )

Ci : Concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps Ti ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )

Ti : Taux d'exposition à la concentration Ci pendant une journée (-)

F : Fréquence ou taux d'exposition annuel (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours) (-)

DE : Durée d'exposition, intervient uniquement dans le calcul des risques des polluants sans effet de seuil (années)

Tm : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années), intervient uniquement pour les effets sans seuil où cette variable est assimilée à la durée de la vie entière (Tm est pris égal à 70 ans)

#### 6.3.2 SCENARIO D'EXPOSITION RETENU

Dans le cadre de cette étude, le scénario « Populations sensibles » est le seul scénario d'exposition retenu. Ce scénario d'exposition correspond aux populations qui sont susceptibles de se rassembler dans le domaine d'étude, au droit des sites sensibles.

### 6.3.3 PARAMETRES DU SCENARIO D'EXPOSITION

#### Taux d'exposition journalier (Ti)

Le taux d'exposition journalier des différentes populations au droit des sites sensibles varie en fonction du type de site :

- 100% du temps pour une personne située en maison de retraite,
- 30% du temps pour un enfant dans son école (7h par jour),
- 2% du temps pour une personne pratiquant une activité sportive (4h par semaine).

Afin de limiter les calculs, une hypothèse simplificatrice et majorante a été appréhendée pour tous les sites sensibles. Elle consiste à considérer dans un premier temps que les populations restent toute la journée au niveau des différents sites sensibles. Cette hypothèse peut être affinée ou discutée en cas de dépassements observés des seuils sanitaires.

**Ti = 1 (ou 100%)**

#### Fréquence d'exposition annuelle (F)

La fréquence d'exposition annuelle des différentes populations au droit des sites sensibles varie en fonction du type de site :

- 100% du temps pour une personne située en maison de retraite (365 jours de présence par an),
- 50% du temps pour un enfant dans son école (184 jours de présence par an),
- 2% du temps pour une personne pratiquant une activité sportive (9 jours de présence par an).

Afin de limiter les calculs, une hypothèse simplificatrice et majorante a été appréhendée pour tous les sites sensibles. Elle consiste à considérer dans un premier temps que les populations restent toute l'année au niveau des différents sites sensibles. Cette hypothèse peut être affinée ou discutée en cas de dépassements observés des seuils sanitaires.

**F = 1 (ou 100%)**

#### Durée d'exposition (DE)

Pour les substances à effet sans seuil de dose, la durée d'exposition (DE) doit être prise en compte. Une étude sur le temps de résidence des Français (basée sur la durée des abonnements privés à Electricité de France) (Nedellec et al., 1998)<sup>13</sup> montre, que pour les données de 1993, 90 % de la population investiguée reste au plus 30 ans dans la même résidence (30 ans correspond au percentile 90 des durées d'exposition obtenues). Au niveau des sites sensibles, la durée d'exposition peut varier :

- Plusieurs années pour une personne située en maison de retraite,
- Entre 4 et 8 ans pour un enfant dans son école (maternelle + primaire),
- De 1 à plus de 30 ans pour une personne pratiquant une activité sportive.

Afin de limiter les calculs, une hypothèse simplificatrice et majorante a été appréhendée pour tous les sites sensibles. Elle consiste à considérer dans un premier temps que les populations restent pendant 30 ans au niveau des différents sites sensibles. Cette hypothèse peut être affinée ou discutée en cas de dépassements observés des seuils sanitaires. A noter que cette durée de 30 ans est celle souvent utilisée

13 Nedellec V., Courgeau D., Empereur-Bissonnet P., Energies santé, 1998 (vol. 9, n°4, pp. 503-515), La durée de résidence des Français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués.

par l'US-EPA dans les scénarios dits résidentiels (95ème percentile des durées de résidence aux Etats-Unis) (EPA, 1997)<sup>14</sup>.

#### DE = 30 ans

D'après les éléments d'information fournis à NUMTECH, les aménagements sont prévus vers 2030. Dans la mesure où l'étude appréhende 3 états d'étude, à savoir l'état initial, l'état futur sans aménagement et l'état futur avec aménagement ; 2 durées d'exposition DE ont été considérées :

- Une 1<sup>ère</sup> durée d'exposition qui permet de se rendre compte des niveaux d'exposition si aucun aménagement n'est réalisé. Cette durée d'exposition se compose de 2 phases : une première phase de 15 ans entre 2015 et 2030 correspondant à l'état initial et une seconde phase de 15 ans entre 2030 et 2045 correspondante à l'état futur **sans** aménagement,
- Une 2<sup>nde</sup> durée d'exposition qui permet de se rendre compte des niveaux d'exposition si un aménagement est réalisé. Cette durée d'exposition se compose de 2 phases : une première phase de 15 ans entre 2015 et 2030 correspondant à l'état initial et une seconde phase de 15 ans entre 2030 et 2045 correspondante à l'état futur **avec** aménagement,

#### Estimation des concentrations en polluants à l'intérieur et à l'extérieur des locaux (Ci)

En l'absence de données sur le taux de pénétration des substances retenues dans l'étude, nous supposons que leur concentration dans l'air (paramètre Ci de l'Équation 1) des milieux intérieurs (habitations) est la même que celle obtenue à l'extérieur.

**Ci intérieur = Ci extérieur**

#### Synthèse des paramètres du scénario d'exposition

Le Tableau 17 synthétise les paramètres relatifs au scénario d'exposition retenu :

Zone concernée pour la caractérisation du risque	Voies d'exposition	Type d'exposition respiratoire	Durée d'exposition
Sites sensibles	Respiratoire	Aigu, chronique	24 heures/24 365 jours/an 30 ans

Tableau 17 - Paramètres du scénario d'exposition

### 6.3.4 ESTIMATION DES CONCENTRATIONS EN SUBSTANCES DANS L'AIR

Les niveaux en substances auxquels sont susceptibles d'être exposées les populations situées au droit des sites sensibles sont estimés par l'intermédiaire de la modélisation de la dispersion atmosphérique. Suivant le type d'exposition considéré (aiguë ou chronique), les valeurs de concentrations dans l'air (Ci) considérées sont les suivantes :

14 Environmental Protection Agency (EPA), 1997, Exposure Factors Handbook, volume 1 : General Factors.

- **pour les expositions de type chronique** : les concentrations moyennes annuelles ;
- **pour les expositions de type aigu** : les concentrations maximales horaire ou journalière (suivant la durée d'exposition associée à la VTR aiguë ou à la valeur guide retenue).

Pour l'ensemble des substances appréhendées, les niveaux en substances sont représentatifs de la seule contribution du trafic automobile **sauf pour** :

- le dioxyde d'azote,
- les poussières (PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub>),
- le benzène,
- l'arsenic,
- le nickel,
- le cadmium,
- le benzo(a)pyrène,

En effet, pour ces dernières substances, le niveau de fond ambiant a été pris en compte en plus des niveaux induits par le trafic routier.

Dans les cas particuliers des familles d'hydrocarbures aromatiques polycyclique (HAP) et des composés organiques volatils (COV), ces substances n'ont pas été distinguées (ou partiellement) dans le cadre de l'étude de dispersion, or, la spéciation de ces familles est nécessaire à la démarche ERS qui s'applique à chaque substances prises individuellement. Les paragraphes suivants présentent la méthodologie pour ces différentes familles de substances.

Concernant les HAP, Le calcul des concentrations à l'émission a été réalisé pour le pour le benzo[a]pyrène uniquement d'une part (émis par l'échappement et hors échappement), et par la somme de 6 HAP d'autre part considérés comme les plus toxiques (indeno[1,2,3-cd]pyrene, benzo[k]fluoranthene, benzo[b]fluoranthene, benzo[a]pyrène, benzo[a]anthracene, dibenzo[ah]anthracene). Dans le cadre de cette étude, 16 HAP doivent être appréhendés selon les recommandations de l'Anses. Afin de pouvoir estimer la part de chacun des 6 HAP dans les HAP issus de l'outil utilisé pour l'estimation des émissions du trafic routier et des 10 autres HAP recommandés par l'Anses, l'outil COPERT IV a été utilisé. Cet outil a permis de quantifier les émissions totales du parc automobile actuel et du parc automobile prévu en 2025 (en s'appuyant sur les prévisions de l'IFSTTAR<sup>15</sup>) pour un grand nombre de HAP, dont ceux qui ont été retenus dans cette étude. Ces différentes données ont permis d'estimer les concentrations pour les HAP retenus dans l'ERS. Le détail des résultats obtenus est présenté en ANNEXE F.

Concernant les COV, l'outil utilisé pour estimer les concentrations à l'émission a permis d'estimer l'ensemble des substances, sauf l'éthylbenzène et le propionaldéhyde. Afin de pouvoir appréhender ces 2 substances, une démarche similaire aux HAP a été suivie. Le tableau suivant synthétise les données appréhendées dans le cadre de cette étude :

	2 Roues	VL	PL			
	Initial	Futur	Initial	Futur	Initial	Futur
Ethylbenzène	2.1%	2.1%	2.0%	1.4%	0%	0%
Propionaldéhyde	0%	0%	0.6%	0.9%	1.3%	1.3%

Tableau 18 – Part d'éthylbenzène et de propionaldéhyde dans les COVNM émis par les différentes catégories de véhicules en fonction de l'horizon d'étude

Les tableaux suivants présentent les intervalles de concentrations (minimum-maximum) obtenues sur l'ensemble des sites sensibles par l'étude de dispersion pour les différents scénarios :

substances	Etat initial	Etat futur sans aménagement	Etat futur avec aménagement
NO <sub>2</sub>	[153.0, 167.4]	[153.0, 158.8]	[153.0, 158.7]
PM <sub>10</sub>	[108.9, 113.4]	[108.9, 112.0]	[108.9, 112.2]
PM <sub>2,5</sub>	[98.4, 101.4]	[98.4, 100.1]	[98.4, 100.3]

Tableau 19 - Intervalles de concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition aiguë ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )

substances	Etat initial	Etat futur sans aménagement	Etat futur avec aménagement
1,3-Butadiene	[2.4E-4, 3.1E-2]	[8.4E-5, 9.1E-3]	[8.4E-5, 1.3E-2]
Acénaphthène	[4.0E-6, 5.3E-4]	[3.2E-6, 3.5E-4]	[3.1E-6, 3.7E-4]
Acénaphthylène	[3.0E-6, 3.9E-4]	[2.4E-6, 2.6E-4]	[2.3E-6, 2.7E-4]
Acetaldéhyde	[7.0E-4, 0.1]	[4.1E-4, 0.0]	[4.1E-4, 0.1]
Acroléine	[3.5E-4, 0.0]	[2.2E-4, 2.4E-2]	[2.2E-4, 3.5E-2]
Ammoniac	[1.6E-3, 0.2]	[3.9E-4, 4.3E-2]	[3.9E-4, 0.0]
Anthracène	[4.5E-7, 5.9E-5]	[3.8E-7, 4.1E-5]	[3.8E-7, 4.3E-5]
Arsenic	[4.8E-4, 4.8E-4]	[4.8E-4, 4.8E-4]	[4.8E-4, 4.8E-4]
Benzène	[1.1, 1.2]	1.1	1.1
Benzo(a)anthracène	[3.8E-7, 5.3E-5]	[3.1E-7, 3.6E-5]	[3.1E-7, 3.8E-5]
Benzo(a)pyrène	[1.8E-4, 2.4E-4]	[1.8E-4, 2.3E-4]	[1.8E-4, 2.3E-4]
Benzo(b)fluoranthène	[3.3E-7, 4.3E-5]	[2.8E-7, 3.0E-5]	[2.7E-7, 3.1E-5]
Benzo(ghi)pérylène	[4.0E-7, 5.7E-5]	[3.2E-7, 3.8E-5]	[3.2E-7, 4.0E-5]
Benzo(j)fluoranthène	[2.3E-7, 3.1E-5]	[2.1E-7, 2.4E-5]	[2.0E-7, 2.5E-5]
Benzo(k)fluoranthène	[2.7E-7, 3.7E-5]	[2.3E-7, 2.6E-5]	[2.2E-7, 2.7E-5]
Chrome	[1.4E-6, 2.1E-4]	[1.4E-6, 1.6E-4]	[1.3E-6, 1.8E-4]
Chrysène	[8.4E-7, 1.1E-4]	[7.1E-7, 7.8E-5]	[7.0E-7, 8.2E-5]
Dibenzo(ah)anthracène	[4.8E-8, 6.9E-6]	[3.9E-8, 4.6E-6]	[3.9E-8, 4.9E-6]
Ethylbenzène	[5.3E-4, 0.1]	[2.6E-4, 2.9E-2]	[2.6E-4, 3.8E-2]
Fluoranthène	[3.7E-6, 4.9E-4]	[3.0E-6, 3.3E-4]	[3.0E-6, 3.5E-4]
Fluorène	[6.6E-7, 8.3E-5]	[6.2E-7, 6.5E-5]	[6.2E-7, 6.7E-5]
Formaldehyde	[1.3E-3, 0.2]	[7.6E-4, 0.1]	[7.6E-4, 0.1]
HAP eq BaP	[1.8E-4, 2.7E-4]	[1.8E-4, 2.5E-4]	[1.8E-4, 2.5E-4]
Indéno(123cd)pyrène	[2.1E-7, 3.0E-5]	[1.7E-7, 2.0E-5]	[1.7E-7, 2.1E-5]
Naphtalène	[1.8E-4, 2.4E-2]	[1.5E-4, 1.6E-2]	[1.5E-4, 1.7E-2]
Nickel	[1.9E-3, 2.0E-3]	[1.9E-3, 1.9E-3]	[1.9E-3, 1.9E-3]
NO <sub>2</sub>	[31.0, 44.5]	[30.9, 35.6]	[30.9, 36.1]
Phénanthrène	[7.1E-6, 9.4E-4]	[5.8E-6, 6.3E-4]	[5.7E-6, 6.6E-4]
PM <sub>10</sub>	[24.6, 28.4]	[24.5, 26.9]	[24.5, 27.0]
PM <sub>2.5</sub>	[18.0, 20.6]	[18.0, 19.3]	[18.0, 19.4]
Propionaldéhyde	[1.4E-4, 1.8E-2]	[4.9E-5, 5.4E-3]	[4.9E-5, 7.8E-3]
Pyrène	[3.5E-6, 4.7E-4]	[2.9E-6, 3.2E-4]	[2.9E-6, 3.3E-4]

Tableau 20 - Intervalles de concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition chronique ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )

### 6.3.5 PRISE EN COMPTE DU BRUIT DE FOND LOCAL

Au sens de l'étude sanitaire, le bruit de fond local correspond aux niveaux en substances induits par des sources d'émissions autres que le trafic routier local au niveau des sites sensibles. Il peut s'agir des émissions résidentielles tertiaires (chauffage), des émissions industrielles, des émissions routières situées en dehors du domaine d'étude ou des émissions plus diffuses qui voyagent sur de grandes distances (comme les poussières).

Comme indiqué dans le paragraphe 4.3, des niveaux ambients en substance ont pu être estimés dans le domaine d'étude pour 6 substances (ou familles de substances), à savoir le dioxyde d'azote, les

poussières, le benzène, l'arsenic, le nickel et le benzo(a)pyrène. Le niveau de fond pour les autres substances n'a pas pu être estimé en raison du manque d'information disponible. Les données de fond considérées sont les suivantes :

Substance	Niveau de fond moyen, [intervalle] ( $\mu\text{g/m}^3$ )
Dioxyde d'azote	30, [0 ; 160]*
PM <sub>2.5</sub>	17, [2.2 ; 98.0]**
PM <sub>10</sub>	24, [4.4 ; 24.7]**
Benzène	1.07
Benzo(a)pyrène	1.8.10 <sup>-4</sup>
Arsenic	4.8.10 <sup>-4</sup>
Nickel	1.9.10 <sup>-4</sup>

\*intervalle de concentrations horaires

\*\*intervalles de concentrations journalières

Tableau 21 - Niveaux de fond atmosphérique appréhendés

Pour ces substances, il est possible d'estimer la part de la pollution de fond dans les niveaux totaux en substances auxquels sont exposées les populations.

Substance	Etat initial	Etat futur sans aménagement	Etat futur avec aménagement
Dioxyde d'azote	[67.5%, 96.8%]	[84.4%, 97.2%]	[83.1%, 97.2%]
PM <sub>10</sub>	[84.5%, 97.8%]	[89.2%, 97.8%]	[88.8%, 97.8%]
PM <sub>2.5</sub>	[82.7%, 94.4%]	[87.9%, 94.4%]	[87.6%, 94.4%]
Benzène	[87.4%, 99.9%]	[95.4%, 100%]	[94.2%, 100%]
Benzo(a)pyrène	[74.7%, 99.8%]	[78.3%, 99.8%]	[77.6%, 99.8%]
Arsenic	[99.5%, 100%]	[99.6%, 100%]	[99.6%, 100%]
Nickel	[96.1%, 100%]	[97.0%, 100%]	[96.6%, 100%]

Tableau 22 - Estimation des intervalles de contribution des niveaux de fond ambients dans les niveaux totaux moyens en substances

Comme indiqué dans le tableau précédent, les niveaux en substance induits par les voies de circulation sont susceptibles de représenter une part variable des niveaux ambients. **D'après les résultats obtenus, les niveaux de fond ambients contribuent toutefois majoritairement aux concentrations auxquelles sont exposées les populations au niveau des sites sensibles.**

Dans le cadre de l'ERS, ce sont les niveaux totaux en substances qui ont été appréhendés dans l'étape suivante de caractérisation des risques sanitaires, dans la mesure où il semble difficile de distinguer l'exposition induite par le trafic automobile d'une part et les autres sources de pollution d'autre part.

A noter que cette remarque ne concerne que les 6 substances pour lesquelles un niveau de fond a pu être estimé. Pour les autres substances, la caractérisation des risques n'a appréhendé que les concentrations induites par le seul trafic routier modélisé.

## 6.4 Etape 4 : Caractérisation des risques sanitaires

La caractérisation des risques consiste à confronter les doses auxquelles les populations sont exposées avec les valeurs toxicologiques de référence retenues. Les risques sanitaires associés à une substance sont estimés de façon différente selon la voie d'exposition (inhalation ou ingestion), la durée d'exposition (aiguë ou chronique) et selon le type d'effet qu'engendre le composé considéré (effets à seuil de dose ou sans seuil de dose).

### 6.4.1 MÉTHODE

#### 6.4.1.1 Quotients de danger pour les substances à effets à seuil de dose

Pour les polluants à effets à seuil de dose (principalement des effets non cancérogènes), le dépassement de la VTR sélectionnée suite à l'exposition considérée peut entraîner l'apparition de l'effet critique associé à la VTR. Ceci peut être quantifié en faisant le rapport entre la dose d'exposition (CMI) et la VTR associée. Ce rapport est appelé quotient de danger (QD) et s'exprime selon la relation suivante :

Équation 2 :

$$QD = \frac{CMI}{VTR}$$

Avec :

QD : Quotient de danger (-)

CMI : Concentration moyenne inhalée ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )

VTR : Valeur toxicologique de référence retenue (unité :  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )

Si le QD est inférieur à 1, alors l'exposition considérée ne devrait pas entraîner l'effet toxique associé à la VTR. Un QD supérieur ou égal à 1 signifie que les personnes exposées peuvent développer l'effet sanitaire indésirable associé à la VTR.

#### 6.4.1.2 Excès de risque individuel pour les substances à effets sans seuil de dose

Pour les effets sans seuil de dose, on calcule un « excès de risque individuel » (ERI) de développer l'effet associé à la VTR (appelée aussi souvent ERU : excès de risque unitaire). L'ERI représente, pour les individus exposés, la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste (comme un cancer) induit par l'exposition à la substance considérée durant la vie entière.

Pour la voie d'exposition respiratoire, l'ERI est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire par inhalation (ERUi) par la concentration moyenne inhalée vie entière (ou pondérée sur une autre unité de temps).

Équation 3 :

$$ERI_i = CMI \cdot ERU_i$$

Avec :

ERI : Excès de risque individuel (-)

ERUi : Excès de risque unitaire ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )<sup>-1</sup>

CMI : Concentration moyenne inhalée ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )

Il n'existe pas un niveau d'excès de risque individuel qui permette d'écartier les risques pour les populations exposées. Pour sa part, l'OMS utilise un seuil de  $10^{-5}$  (un cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées durant leur vie entière) pour définir les Valeurs Guides de concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine (Guidelines for drinking water quality) (OMS, 2004)<sup>16</sup>. La circulaire du 8 février 2007<sup>17</sup> relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, du Ministère chargé de l'environnement, recommande le niveau de risque, « usuellement retenu au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de  $10^{-5}$ .

A noter que dans le cadre des études de zones, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) et l'Ineris proposent des seuils d'interprétation des QD et des ERI sous forme de fourchette<sup>1819</sup>. Les seuils d'interprétation, valables aussi bien pour le respiratoire que l'ingestion sont les suivants :

- Domaine d'action rapide :  $ERI > 10^{-4}$  et  $QD > 10$   
Les risques sont jugés suffisamment préoccupants pour faire l'objet de mesures de protection « rapides » tant environnementales que sanitaires.
- Domaine de vigilance active :  $10^{-5} < ERI < 10^{-4}$  et  $1 < QD < 10$   
Les niveaux de risque sont sérieux mais jugés moins préoccupants et demandent un approfondissement de l'analyse de la situation avant toute prise de décision en matière de gestion
- Domaine de conformité :  $ERI < 10^{-5}$  et  $QD < 1$   
Les niveaux de risques sont considérés comme non préoccupants et il n'est pas nécessaire de mettre en place des mesures de gestion particulières, en sus de celles qui existent déjà et relevant du principe général de maîtrise des émissions.

#### 6.4.1.3 Estimation des risques cumulés

Les risques cumulés correspondent aux effets sanitaires susceptibles d'être induits par l'exposition des populations à plusieurs substances simultanément. Actuellement, la démarche des EQRS ne permet pas de prendre en compte la synergie ou l'antagonisme des effets. En effet, comme indiqué dans les différents guides (InVS, Ineris) publiés en France, les risques cumulés sont appréhendés par une simple addition des risques déterminés pour différentes substances.

16 Organisation mondiale de la santé (OMS), 2004, Guidelines for Drinking-water Quality, third edition, Volume 1, 540 p.

17 Ministère de l'environnement, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, 2007, Circulaire du 08/02/07 relative aux sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués.

18 Haut Conseil de la Santé Publique. 2011, Evaluation des risques sanitaires dans les analyses de zone.

19 Ineris, 2011. Guide pour la conduite d'une étude de zone. DRC-11-115717-01555B

## Risques cumulés à seuil de dose

Dans son guide, l'InVS recommande de sommer les quotients de danger lorsque le mécanisme de toxicité et l'organe-cible des composés présents sont similaires. En l'absence d'information suffisante sur le mécanisme de toxicité pour chacune des substances retenue dans cette étude, ce paramètre n'a pas été pris en compte. Par ailleurs, comme indiqué lors de l'étape 1 « Identification des dangers », les effets critiques associés aux différentes substances retenues dans cette ERS ont été regroupés par système-cible, qui peuvent regrouper plusieurs organes-cibles.

Le Tableau 23 présente les systèmes cibles associés à chaque VTR retenue pour chaque substance. Comme indiqué dans ce tableau, parmi les substances pour lesquelles des quotients de danger sont estimés, les effets critiques associés à chaque VTR retenue concernent 5 systèmes cibles.

Pour une VTR, plusieurs effets critiques sont parfois mentionnés par les organismes producteurs de VTR, par conséquent, une même substance peut être intégrée dans plusieurs sommes de risques.

Système cible	Substance dont l'effet critique de la VTR retenue se rapporte au système-cible
Respiratoire	1,3-butadiène, acétaldéhyde, acroléine, ammoniac, Chrome 6, formaldéhyde, naphtalène, nickel, propionaldéhyde
Nerveux	arsenic
Reproductif et développemental	1,3-butadiène, arsenic
Hématologique et immunitaire	benzène
Urinaire	éthylbenzène

Tableau 23 - Détermination des substances dont les effets critiques à seuil de dose associés aux VTR retenues se rapportent au même système cible

Cette démarche est appliquée uniquement pour les risques chroniques, les risques aigus n'étant pas susceptibles de se dérouler au même moment dans l'année compte tenu des durées d'application différentes associées aux VTR utilisées (1 heure, 24 heures).

## Risques cumulés sans seuil de dose

Comme indiqué dans le guide de l'InVS, « tous les risques de cancer peuvent être associés entre eux quant bien même les organes cibles diffèrent, dans le but d'apprécier globalement le risque cancérogène qui pèse sur la population ».

## 6.4.2 RESULTATS

Pour chaque traceur, un calcul de QD ou d'ERI est effectué à partir de l'Équation 2 et de l'Équation 3 au niveau de l'ensemble des sites sensibles. Lorsqu'un dépassement de valeur seuil de conformité est observé ( $QD > 1$  ou  $ERI > 10^{-5}$ ), le(s) site(s) sensible(s) concerné(s) est (sont) localisé(s) sur une carte.

Dans les tableaux de résultats, les dépassements des seuils de conformité ( $QD > 1$  ou  $ERI > 10^{-5}$ ) ont été présentés en orange pour les différents types de risques estimés et le nombre de sites sensibles a été précisé. Les substances ou les scénarios pour lesquels aucun dépassement du seuil de conformité n'est estimé apparaissent en vert dans les tableaux de résultats.

Pour les substances pour lesquelles aucune VTR n'est disponible, une simple comparaison des doses d'exposition et des valeurs-guides est effectuée (Tableau 24, Tableau 26).

### 6.4.2.1 Exposition aiguë : comparaison aux valeurs guides

Pour les 3 substances retenues pour ce type d'exposition, une comparaison a été effectuée avec les valeurs guides qui leur sont associées dans la mesure où aucune VTR n'est disponible dans la littérature. Le tableau suivant présente les résultats obtenus au niveau des sites sensibles :

Substance	Etat initial	Etat futur sans aménagement	Etat futur avec aménagement
Dioxyde d'azote ( $NO_2$ )		Aucun dépassement	
$PM_{10}$		Dépassement pour tous les sites sensibles	
$PM_{2,5}$		Dépassement pour tous les sites sensibles	

Tableau 24 - Comparaison entre les valeurs maximales de CMI estimées et les valeurs guides retenues pour les 3 états d'études investigués ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )

D'après les résultats obtenus, les niveaux d'exposition aigus en poussières auxquelles sont exposées les populations fréquentant les site sensibles sont susceptibles de dépasser les valeurs guides de  $50 \mu\text{g/m}^3$  et de  $25 \mu\text{g/m}^3$  associées aux  $PM_{10}$  et aux  $PM_{2,5}$ , et ce, sur l'ensemble des sites sensibles.

Comme présenté dans le Tableau 22, le niveau de fond devrait contribuer majoritairement aux concentrations en poussières auxquelles sont exposées les populations de la bande d'étude (entre 82 et 98%). On n'observe aucune différence significative entre les niveaux d'exposition estimés pour les 2 états futurs, avec ou sans aménagement.

#### 6.4.2.2 Expositions chroniques à effets à seuil de dose

- **Quotient de danger**

Pour chaque traceur à effet à seuil de dose retenu dans le cas d'exposition chronique respiratoire, un calcul de quotient de danger (QD) est réalisé par application de l'Équation 2 sur l'ensemble des sites sensibles. Le tableau suivant indique si un dépassement de seuil est possible, et si c'est le cas, donne une estimation du nombre de sites sensibles concernés par ces dépassements.

Substance	Etat initial	Etat futur sans aménagement	Etat futur avec aménagement
1,3-butadiène		Aucun dépassement	
Acétaldéhyde		Aucun dépassement	
Acroléine		Aucun dépassement	
Ammoniac		Aucun dépassement	
Arsenic		Aucun dépassement	
Benzène		Aucun dépassement	
Chrome VI		Aucun dépassement	
Ethylbenzène		Aucun dépassement	
Formaldéhyde		Aucun dépassement	
Naphtalène		Aucun dépassement	
Nickel (sous forme oxydé)		Aucun dépassement	
Propionaldéhyde		Aucun dépassement	

Tableau 25 - Résultats obtenus pour les QD chroniques

Les calculs de QD chroniques présentés dans le tableau précédent permettent d'indiquer qu'aucun dépassement de seuil sanitaire n'est estimé au niveau des sites sensibles, et ce, pour les 3 états d'étude investigués.

- **Comparaison aux valeurs guide annuelles**

Pour le dioxyde d'azote, les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2,5</sub> pour lesquelles aucune VTR n'est disponible mais seulement des valeurs-guide, une comparaison entre les concentrations moyennes inhalées (CMI) et la valeur guide retenue est réalisée. Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

Substance	Valeur-guide (µg.m <sup>-3</sup> )	Etat initial	Etat futur sans aménagement	Etat futur avec aménagement
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	40	Dépassement pour 3 sites sensibles	Aucun dépassement	
PM <sub>10</sub>	20		Dépassement pour tous les sites sensibles	
PM <sub>2,5</sub>	10		Dépassement pour tous les sites sensibles	

Tableau 26 - Comparaison entre les valeurs de CMI estimées en dioxyde d'azote, en PM<sub>10</sub> et en PM<sub>2,5</sub> et les valeurs guides retenues pour les 3 états d'études investigués

Les comparaisons effectuées montrent que pour une exposition chronique, des dépassements de valeur guide sont observés pour les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2,5</sub>, et ce, pour l'ensemble des sites sensibles localisés dans le domaine d'étude.

Dans les cas du dioxyde d'azote, des dépassements sont estimés uniquement pour l'état initial et au niveau de 3 sites sensibles (Figure 30) :

- Deux Micro-crèches (Microosphère et Microgourmand),
- Le complexe Sportif Paul Bert,
- Une salle multisports.

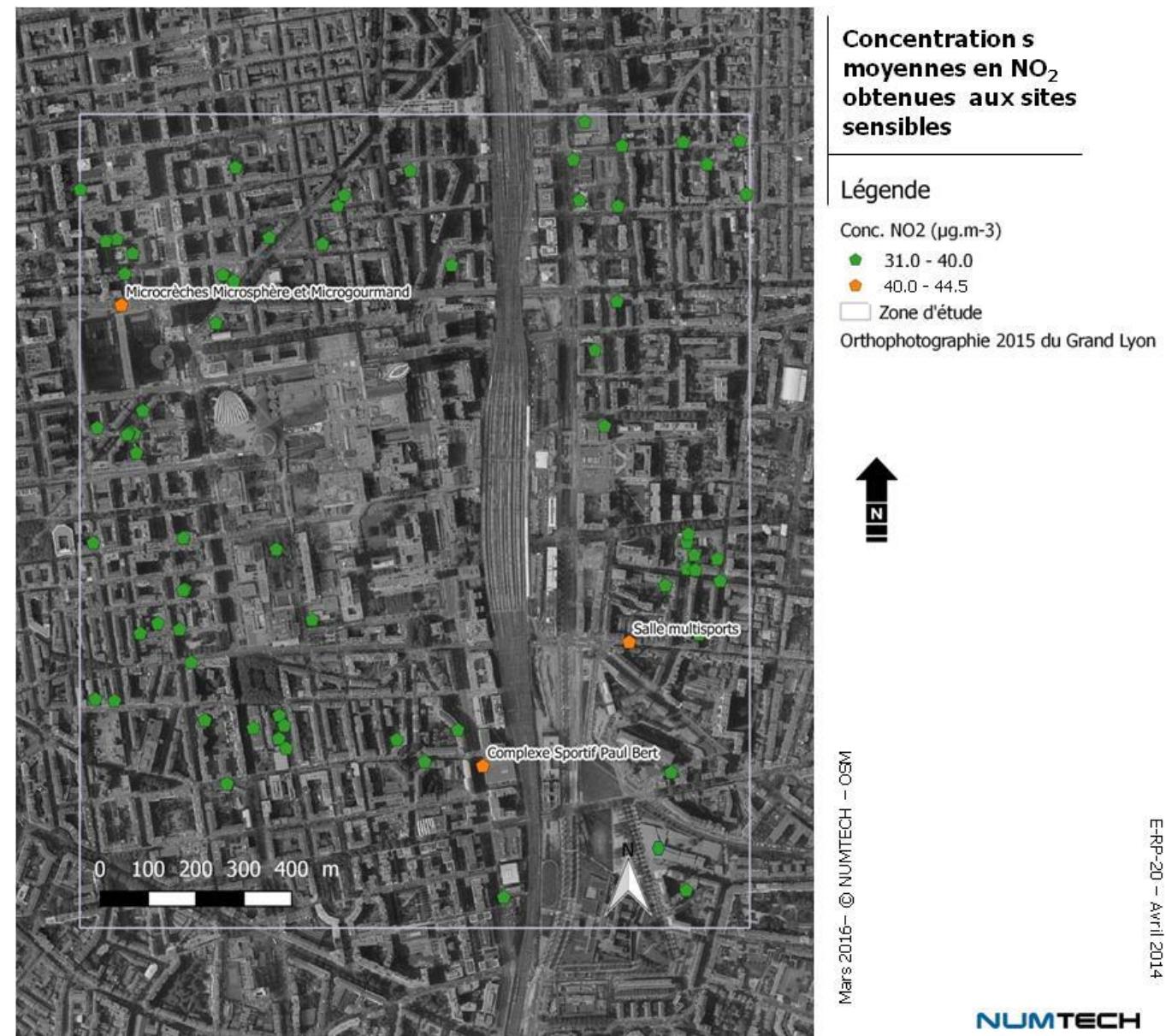


Figure 30 – Localisation des sites où la valeur guide de 40 µg.m<sup>-3</sup> est dépassée pour le NO<sub>2</sub> et l'état initial

Aucune différence significative n'est observée entre les 2 états futurs investigués.

#### 6.4.2.3 Expositions chroniques à effets sans seuil de dose

Pour chaque traceur à effet sans seuil de dose retenu dans le cas d'exposition chronique respiratoire, un calcul d'ERI est effectué à partir de l'Equation 3 au niveau de chaque site sensible et pour les 2 situations futures, avec et sans aménagement.

Substance	Etat initial et futur sans aménagement	Etat initial et futur avec aménagement
1,3-Butadiène		Aucun dépassement
Acétaldéhyde		Aucun dépassement
Arsenic		Aucun dépassement
Benzène	Dépassement pour tous les sites sensibles	
Benzo(a)pyrène		Aucun dépassement
Chrome VI		Aucun dépassement
Dibenzo(a,h)anthracène		Aucun dépassement
Ethylbenzène		Aucun dépassement
HAP*		Aucun dépassement
Naphtalène		Aucun dépassement
Nickel		Aucun dépassement

\*somme de l'ensemble des HAP pour lesquels l'absence de VTR spécifique a nécessité l'usage des FET(acénaphthène, acénaphtylène, anthracène, benzo[a]anthracène, benzo[b]fluoranthène, benzo[ghi]pérylène, benzo[j]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, chrysène, fluoranthène, fluorène, indéno[123-cd]pyrène, phénanthrène, pyrène)

Tableau 27 - Résultats obtenus pour les ERI

Les calculs d'ERI présentés dans le Tableau 27 permettent d'indiquer qu'un dépassement du seuil sanitaire (ERI>10<sup>-5</sup>) est estimé au niveau de chaque site sensibles pour le benzène. Comme indiqué dans le Tableau 22, le niveau de fond relevé localement en benzène contribue très majoritairement aux concentrations estimées (à plus de 87%).

Aucune différence significative n'est observée entre les 2 états futurs investigués.

#### 6.4.2.4 Risques cumulés

- Risques cumulés à effet à seuil**

Parmi les différentes VTR prises en compte dans le cadre de cette étude, plusieurs systèmes biologiques humains sont susceptibles d'être atteints suite à une exposition à plusieurs substances considérées dans le cadre de cette étude (cf. Tableau 23). Pour ces différents systèmes cibles, des sommes de risques sont présentés dans le Tableau 28.

Système cible	Etat initial	Etat futur sans aménagement	Etat futur avec aménagement
Respiratoire		Aucun dépassement	
Nerveux		Aucun dépassement	
Reproductif et développemental		Aucun dépassement	
Hématologique et immunitaire		Aucun dépassement	
Urinaire		Aucun dépassement	

Tableau 28 - Résultats obtenus pour les QD cumulés

D'après les résultats obtenus, aucun dépassement du seuil sanitaire ( $QD > 1$ ) n'est observé au niveau des sites sensibles, et ce, quel que soit l'état d'étude investigué.

- Risques cumulés à effet sans seuil**

Les risques cumulés à effet sans seuil de dose correspondent à la somme d'ERI. Le tableau suivant présente les résultats obtenus. Pour rappel les ERI considérés caractérisent la probabilité d'apparition d'un risque cancérogène en considérant la période initiale (15 ans) + le scénario retenu (15 ans). La situation initiale est donc comprise dans les scénarios avec ou sans aménagement.

	Etat futur sans aménagement	Etat futur avec aménagement
ERI cumulés	Dépassement pour tous les sites sensibles	

Tableau 29 - Résultats obtenus pour les ERI cumulés

Les résultats obtenus dépassent la valeur de  $10^{-5}$  recommandée par l'OMS au niveau de chaque site sensible. Le benzène contribue majoritairement à la somme d'ERI estimée quel que soit l'état d'étude appréhendé, or, comme indiqué pour le calcul des ERI associés à cette substance, c'est le niveau de fond qui est le contributeur principal des niveaux de risque estimé pour le benzène. Par voie de conséquence, il est possible d'indiquer que le niveau de fond contribue le plus aux dépassements observés du seuil sanitaire pour ce type de risque.

#### 6.5 Analyse des incertitudes

L'incertitude affectant les résultats de l'évaluation des risques provient des différents termes et hypothèses de calcul, des défauts d'information ou de connaissance, et de la variabilité intrinsèque des paramètres utilisés dans l'étude (ceci se réfère à la plus ou moins grande amplitude de valeurs numériques que peuvent prendre ces paramètres). L'analyse des incertitudes a pour objectif de comprendre dans quel sens ces divers facteurs peuvent influencer l'évaluation des risques.

Certains éléments d'incertitude étant difficilement quantifiables, seul un jugement qualitatif peut généralement être rendu. Néanmoins, nous avons essayé de classer ces incertitudes suivant qu'elles ont pour effet de sous-estimer ou de surestimer les risques calculés ; les incertitudes dont l'effet est inconnu ont été présentées à part.

##### 6.5.1 INCERTITUDES AYANT POUR EFFET DE SOUS-ESTIMER LES RISQUES

Sont listées ici les incertitudes dont on peut dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de sous-estimer les risques.

##### Inventaire des substances émises et liste des substances étudiées

L'évaluation des risques sanitaires s'est appuyée sur les recommandations de l'Anses publiées dans un rapport en 2012 et intitulé « Sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières ». Ce document propose une sélection de substances tenant compte des valeurs des facteurs d'émission et des valeurs toxicologiques de référence pour chacune des voies d'exposition (respiratoire et digestive) et pour chacun des types d'effet (effet à seuil ou effet sans seuil).

De manière générale, le choix de traceurs de risques permet une simplification des calculs, mais a pour désavantage de ne pas prendre en compte toutes les substances. Bien que considérée comme secondaire, la non prise en compte de ces substances représente une sous-estimation des résultats sanitaires obtenus. Cette sous-estimation n'est pas susceptible de remettre en cause les résultats obtenus dans le cadre de l'ERS.

##### Quantification des émissions en substance des véhicules

Suite aux informations récentes relatives à la sous-estimation des facteurs d'émissions des véhicules diesel Euro 5 et Euro 6 en Europe et aux Etats-Unis, le groupe de travail ERMES<sup>20</sup> qui comprend des instituts européens chargés de proposer des facteurs d'émission, a communiqué en octobre 2015 sur l'impact potentiel de ces nouvelles informations sur les estimations des émissions réalisées à l'aide d'outils tels que HBEFA ou COPERT (utilisé dans le cadre de cette étude). D'après ce groupe de travail, les émissions actuellement appréhendées dans les facteurs d'émission pour les véhicules diesel Euro 5 ne dépendent pas uniquement des valeurs limites à l'émission réglementaires (a priori sous-estimées), mais aussi d'autres paramètres susceptibles de rendre les émissions plus réalistes que celles estimées à partir des mesures réalisées en laboratoire (conditions non réelles). Pour ces types de véhicules, les émissions

<sup>20</sup> European Research Group on Mobile Emission Sources <http://www.ermes-group.eu/web/>

estimées à partir des facteurs d'émission proposés sont donc a priori moins minorantes par rapport à la réalité que des émissions estimées uniquement par l'intermédiaire de valeurs limites à l'émission réglementaires. Dans le cas des véhicules Euro 6, ERMES reconnaît que les facteurs d'émission proposés actuellement sont susceptibles de sous-estimer la réalité.

Au moment de la rédaction de ce rapport, ERMES indique que les facteurs d'émission relatifs aux véhicules diesel devront être mis à jour prochainement. Cette mise à jour devrait concerner principalement les véhicules Euro 6 et dans une moindre mesure Euro 5. La liste des substances concernées par cette prochaine mise à jour n'est pas connue au moment de la rédaction de ce rapport. Dans cette liste devraient figurer notamment les oxydes d'azote et l'ammoniac qui sont pris en compte dans l'ERS.

### 6.5.2 INCERTITUDES AYANT POUR EFFET DE SURESTIMER LES RISQUES

Sont listées ici les incertitudes dont on peut dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de surestimer les risques.

#### Chrome

Ce composé existe sous plusieurs degrés d'oxydation, mais des VTR ne sont pas disponibles pour le chrome total mais pour des fractions du chrome (chrome VI, chrome III). Dans l'ERS, le chrome VI a été retenu comme traceur des risques sanitaires. Les calculs de risques effectués pour le chrome VI s'appuient sur une hypothèse majorante (100 % du chrome total a été considéré comme du chrome VI) en l'absence de données suffisante dans la littérature consultée. Les risques calculés pour le chrome VI sont donc susceptibles d'être surestimés.

Malgré cette surestimation, les risques à seuil ou sans seuil de dose susceptibles d'être induits suite à une exposition par voie respiratoire restent en deçà des valeurs seuils sanitaires ( $QD < 1$  et  $ERI < 10^{-5}$ ).

### 6.5.3 INCERTITUDES DONT L'EFFET SUR LES RISQUES EST INCONNU (OU VARIABLE)

Sont listées ici les incertitudes dont on ne peut pas dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de sous-estimer ou de surestimer les risques.

#### Mélanges de substances

Les effets des mélanges sont encore mal appréhendés et la méthode d'évaluation des risques sanitaires actuellement disponible ne permet pas de les prendre en compte si ce n'est dans l'hypothèse d'une somme des effets des substances ayant les mêmes cibles et les mêmes mécanismes d'action (Ineris, 2003). Les effets synergiques ou antagonistes ne sont donc pas appréhendés. Comme cela est rappelé dans le rapport de l'Ineris sur l'évaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de natures chimiques (Ineris, 2006)<sup>21</sup>, la démarche d'ERS telle qu'elle est appliquée actuellement en France fournit des résultats pour chaque substance prise individuellement. D'après l'Ineris, le cadre des pratiques méthodologiques proposées par l'US-EPA et l'ATSDR pour évaluer les risques sanitaires liés à des mélanges de polluants

21 Ineris, 2006, Evaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de nature chimique, Perspectives dans le cadre des études d'impact sanitaire des dossiers de demande d'autorisation d'exploiter des installations classées, 30 p.

chimiques ne remet pas en cause à court terme les pratiques françaises actuelles menées dans les études d'impact des installations classées.

#### Taux d'exposition journalier

Il a été fait l'hypothèse que le taux d'exposition journalier (paramètre T de l'Équation 1) était égal à 1. Cette hypothèse majore le temps d'exposition journalier réel, en effet, la majorité des populations fréquentant les sites sensibles ne sont pas susceptibles d'y rester l'intégralité de leur temps dans la journée. Cette hypothèse peut donc amener à une majoration de l'exposition globale si les autres lieux fréquentés dans la journée par ces populations sont soumis à des concentrations moins importantes pour les substances étudiées. En revanche, dans certains cas ou pour certaines substances, cette hypothèse peut minorer l'exposition globale si ces populations sont exposées, une partie de la journée, dans d'autres lieux, à des concentrations plus élevées que celles étudiées dans cette étude. Toutefois, étant donné que les niveaux des substances dans les autres milieux fréquentés par les populations ne sont pas connus, il n'est donc pas possible d'estimer si ce taux d'exposition majore ou minore les risques encourus.

#### Fréquence d'exposition annuelle pour des expositions chroniques

Il a été fait l'hypothèse que la fréquence d'exposition (paramètre F de l'Équation 1) était égale à 1. Cette hypothèse majore le temps d'exposition annuel. En réalité, les populations ne restent pas toute l'année au niveau des sites sensibles. Cette hypothèse peut donc amener à une majoration de l'exposition globale si les autres lieux fréquentés dans l'année par les populations sont soumis, en moyenne, à des concentrations moins importantes pour les substances étudiées. *A contrario*, cette hypothèse peut minorer l'exposition globale si les populations sont exposées une partie de l'année, dans d'autres lieux, à des concentrations, en moyenne, plus élevées que celles étudiées dans cette étude.

#### Durée d'exposition

Dans le cadre des calculs de risques sans seuil de dose, l'hypothèse selon laquelle les populations fréquentant les sites sensibles sont exposées pendant 30 ans au cours de leur vie est retenue. Il peut exister des variations locales importantes pour l'estimation de cette durée d'exposition, qui peuvent amener à une sous-estimation ou surestimation du risque selon la durée d'exposition dans un même lieu et selon les niveaux d'exposition, plus ou moins élevés, dans les autres lieux fréquentés.

#### Estimation des concentrations intérieures et extérieures (Ci)

Dans le cadre de cette étude, les concentrations à l'intérieur des espaces clos sont considérées comme équivalentes aux concentrations à l'extérieur des espaces clos. En réalité, le taux de pénétration des polluants dans les intérieurs n'est pas de 100 % et il est variable d'un polluant à l'autre. Pour certaines substances (dioxyde de soufre, poussières), les concentrations en intérieur sont susceptibles d'être inférieures aux concentrations en extérieur du fait des capacités de filtration des bâtiments (Mosqueron et Nedellec, 2001)<sup>22</sup>.

22 Mosqueron L. et V. Nedellec, 2001, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments, 173 p.

## Modélisation de la dispersion des concentrations

Les concentrations atmosphériques en substances investiguées dans cette étude proviennent de l'étude de dispersion basée sur la modélisation des phénomènes d'émission et de dilution dans l'atmosphère des polluants rejetés par le trafic routier. Or par définition, la modélisation simplifie les phénomènes et génère des incertitudes. Ces incertitudes sont liées d'une part au modèle et à sa conception, et d'autre part aux données d'entrée (conditions météorologiques, scénarios d'émission, etc.).

Ces sources d'incertitude sont plus importantes pour les niveaux d'exposition estimés sur de courtes périodes (risques aigus). En effet, à l'inverse des calculs de risques chroniques qui reposent sur des résultats de modélisation moyennés sur une longue période (une année), les calculs de risques aigus se basent sur des résultats ponctuels intégrés sur une heure ou une journée tout au plus. Cette période d'intégration très courte rend les résultats beaucoup plus incertains car moins robustes statistiquement (valeur ponctuelle donnée pour une condition météorologique et une heure ou une journée précise) et dépendant fortement du modèle retenu.

## Incertitude intrinsèque aux VTR

L'établissement de valeurs toxicologiques de référence (VTR), pour la population générale ou sensible et pour une durée d'exposition aiguë ou chronique, à partir d'études épidémiologiques (principalement en milieu professionnel) ou animales, et présentant des conditions particulières d'exposition (doses administrées, durée et voie d'exposition, etc.) induit la prise en compte de facteurs d'incertitude variables, le plus couramment compris entre 3 et 1000. Ces facteurs d'incertitude s'apparentent soit à une variabilité, soit à un manque de connaissance (vraie incertitude). A titre d'exemple, les facteurs d'incertitude relatifs à la variabilité concernent la gravité ou l'occurrence des effets sanitaires pouvant être observés entre 2 espèces différentes (variabilité inter-espèce) ou au sein d'une même espèce (variabilité intra-espèce). Les facteurs d'incertitude relatifs à un manque de connaissance concernent le plus souvent un manque de données disponibles (facteur permettent l'estimation d'un NOAEL<sup>23</sup> à partir d'un LOAEL<sup>24</sup>, facteur permettant de considérer un effet sanitaire qui a fait l'objet de peu d'études, etc.). Ces différents facteurs d'incertitude sont considérés (et précisés) dans les différentes VTR utilisées dans la présente étude.

## 6.6 Conclusion

De manière générale, les concentrations en substances appréhendées dans cette étude sanitaire considèrent uniquement les émissions du trafic routier, sauf pour 6 d'entre elles pour lesquelles des niveaux de fond sont disponibles. Pour ces dernières substances, le niveau de fond a été considéré en plus des niveaux induits par le seul trafic routier. Cette différence de traitement entre les substances est importante à considérer dans la mesure où lorsqu'il est appréhendé, le niveau de fond contribue le plus aux concentrations estimées.

### Exposition aiguë

Concernant les expositions respiratoires aiguës, des dépassements des valeurs guides journalières associées aux poussières (PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>) ont été estimés. Pour les poussières, aucune valeur toxicologique de référence n'est disponible dans la littérature consultée, par conséquent, il n'est pas possible de conclure quant à l'exclusion (ou pas) de risques sanitaires qui en découlent. D'après les informations collectées, ces dépassements, qui concernent l'ensemble des sites sensibles, sont principalement liés au niveau de fond ambiant (en dehors des voies de circulation).

Aucun écart significatif n'est observé entre les 2 états futurs (avec ou sans aménagement).

### Exposition chronique à effet de seuil

Concernant les expositions respiratoires chroniques aux substances à effets à seuil de dose, aucun dépassement de seuil sanitaire n'a été estimé, quel que soit le site sensible ou l'état d'étude investigué.

Pour les poussières (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) et le dioxyde d'azote, pour lesquels aucune valeur toxicologique de référence n'était disponible dans la littérature consultée, mais qui disposaient d'une valeur guide annuelle, des dépassements de valeur guide ont été déterminés pour le dioxyde d'azote et l'état initial et pour les poussières et les 3 états d'étude.

Pour le dioxyde d'azote, 3 sites sensibles sont concernés pour l'état initial. Pour les poussières, les dépassements estimés concernent l'ensemble des sites sensibles. Comme observé pour l'exposition aiguë, ces dépassements sont principalement liés au niveau de fond ambiant.

Aucun écart significatif n'est observé entre les 2 états futurs (avec ou sans aménagement).

### Exposition chronique sans effet de seuil

Des dépassements du seuil sanitaire sont observés pour le benzène au niveau de chaque site sensible (ERI > 10<sup>-5</sup>), et pour les 2 scénarios d'exposition considérées, à savoir avec ou sans aménagement. Ces dépassements, sont principalement liés au niveau de fond ambiant (contribution supérieure à 87% du niveau de fond dans les concentrations d'exposition estimées).

23 No Observed Adverse Effect Level : dose sans effets nocif observable

24 Lowest Observed Adverse Effect Level : dose la plus basse avec un effet nocif observé

### Risques cumulés

Les risques cumulés concernent l'action de plusieurs substances auxquelles sont susceptibles d'être exposées les populations fréquentant les sites sensibles recensés dans le domaine d'étude.

Les sommes de QD estimées ne conduisent pas à de dépassement de la valeur seuil sanitaire (QD<1).

Les sommes d'excès de risque individuel (ERI) ont été estimées sans tenir compte du système cible concerné, comme cela est recommandé pour ce type de risque. Des dépassements du seuil de conformité ( $ERI > 10^{-5}$ ) sont obtenus au niveau de chaque site sensible. Le benzène est la substance qui contribue le plus à ces dépassements. Il est donc possible d'indiquer que le niveau de fond contribue le plus aux dépassements observés du seuil sanitaire pour ce type de risque.

**D'après l'évaluation des risques sanitaires qui a été menée, l'étude ne permet pas de distinguer une différence significative entre les 2 états futurs en termes de niveaux de risques.**



### Chapitre 6, ce qu'il faut retenir :

**L'ERS réalisée ici suit une démarche structurée. Des bases de données toxicologiques françaises et internationales ont été consultées afin d'identifier les dangers des différentes substances retenues.**

**Les valeurs toxicologiques de référence ont été retenues en suivant les recommandations de la DGS dans sa note d'octobre 2014.**

**Les risques sanitaires ont ensuite été caractérisés en considérant comme cible les populations susceptibles de fréquenter les sites sensibles identifiés, pour les 3 horizons d'étude investigués.**

**Cette ERS ne permet pas de distinguer des différences significatives d'un point de vue sanitaire entre les 2 états futurs investigués, à savoir, avec ou sans aménagement.**

## 7. MONETARISATION ET ANALYSE DES COUTS COLLECTIFS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

### 7.1 Coûts collectifs liés aux impacts sur la santé

#### 7.1.1 METHODOLOGIE DE REFERENCE

Le décret n°2003-767 a introduit, pour les infrastructures de transport, un nouveau chapitre de l'étude d'impact pour une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité. La monétarisation des coûts s'attache à comparer avec une unité commune (l'euro) l'impact lié aux externalités négatives (ou nuisances) et les bénéfices du projet. Dans le cas d'études des impacts locaux, la quantification de ces externalités doit permettre d'éclairer les choix de projets et la mise en place de mesures d'atténuation des risques. Même si dans le cas de cette étude, il n'y a pas de scénario à comparer, la circulaire de février 2005 préconise l'évaluation des coûts collectifs relatifs aux effets sur la santé de la pollution atmosphérique générée par le projet.

L'instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport a officialisé les valeurs des coûts externes établies par le rapport « Boiteux II ». Par la suite, les travaux du groupe du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP) présidé par Emile Quinet et portant sur l'évaluation socio-économique en 2013 ont proposé des évolutions méthodologiques et des révisions de certaines valeurs utilisées. Le référentiel « Quinet » a été mis en œuvre dans les calculs présentés ci-dessous.

L'instruction cadre du 25 mars 2004 recommande l'utilisation de valeurs des coûts externes. Ces valeurs ne couvrent pas tous les effets externes (par exemple, dégradation des bâtiments, végétation,...) mais elles intègrent la pollution locale de l'air sur la base de ses effets sanitaires. Le rapport « Quinet » fournit pour chaque type de trafic (poids lourds, véhicules particuliers, VUL) et pour différents types d'occupation humaine (urbain très dense, urbain dense, urbain, urbain diffus, rase campagne), une valeur de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique. Ces valeurs sont reportées dans le tableau ci-dessous.

	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Rase campagne
VP	15.8	4.3	1.7	1.3	0.9
PL	186.6	37.0	17.7	9.4	6.4
VUL	32.3	8.7	3.4	2.4	1.6

Tableau 30 – Valeurs de la pollution atmosphérique 2010 en €/100 véh.km selon « Quinet »

Ces valeurs sont établies pour l'année de référence 2010, et doivent être corrigées pour les échéances futures. Le rapport « Quinet » recommande ainsi de faire évoluer les valeurs de la pollution atmosphérique en tenant compte, d'une part, de l'évolution du PIB par tête et d'autre part, de l'évolution du parc circulant et de l'évolution des émissions individuelles. Ces dernières évolutions sont estimées à - 6 % par an sur la période 2010-2020 pour le mode routier, puis estimées nulles au-delà. L'évolution du PIB par tête a été estimée à partir des données INSEE observées jusqu'à 2013 (soit 0.7% par an).

#### 7.1.2 RESULTATS

A partir des éléments évoqués ci-dessus, les coûts liés au trafic automobile ont été évalués pour les trois scénarios étudiés. Compte-tenu des caractéristiques du domaine d'étude, une valeur de pollution atmosphérique correspondant à une typologie urbaine très dense a été retenue (Tableau 30) pour le calcul des coûts. Les trafics VL, PL et VUL du réseau routier étudié (TMJA) ont été considérés. Ces valeurs ont été multipliées par la longueur de l'axe modélisé, puis par les valeurs du Tableau 30. Enfin, les pondérations mentionnées dans le paragraphe précédent, pour tenir compte de l'évolution future des paramètres par rapport aux années 2000 et 2010 de référence ont été appliquées.

Ces hypothèses sont bien sûr très incertaines.

Les résultats finaux sont présentés dans le tableau suivant.

	Intial 2015	2030 sans projet	2030 avec projet
Coûts collectifs (en €/jour)	25 443	11 063	11 549
Évolution par rapport à l'état initial	-	-14 380 €	-13 894 €
Évolution par rapport au fil de l'eau	-	-57%	-55%
	-	-	486 €
	-	-	+4%

Tableau 31 – Monétarisation des coûts collectifs (en € /jour) relatifs à la pollution atmosphérique induite par le projet

On observe une diminution des coûts liés à la pollution atmosphérique entre 2015 et 2030 de 57%. Le projet a un impact négatif sur le coût de la pollution atmosphérique puisqu'il augmente d'environ 4% ces coûts.

## 7.2 Coûts collectifs relatifs à l'impact du projet sur l'effet de serre

### 7.2.1 METHODOLOGIE DE REFERENCE

Le coût de l'impact d'un projet sur l'effet de serre peut être évalué à partir des émissions de carbone, proportionnelles dans le cas d'un projet routier à la consommation des véhicules.

Contrairement aux autres valeurs de monétarisation des coûts externes qui relèvent d'une démarche coûts avantages, la valeur retenue pour le carbone est fondée sur une valeur coût efficacité : il s'agit du niveau de taxation de carbone contenu dans les émissions de gaz à effet de serre qui permettrait à la France de satisfaire les accords de Kyoto. Ce prix est néanmoins à utiliser dans le calcul économique en tant que coût monétarisé de toute tonne de carbone rejetée dans l'atmosphère. Cette pénalisation des émissions de carbone est à prendre en compte y compris dans l'éventualité où une taxe d'un montant équivalent serait effectivement introduite.

Le rapport « Quinet » propose les valeurs suivantes :

2010	Après 2010
32 € /tonne de carbone,	+ 5.8% par an

Tableau 32 – Valeurs 2010 de la tonne de carbone (source « Quinet »)

Dans la présente étude, la méthodologie Copert IV a été utilisée pour évaluer les quantités de dioxyde de carbone émises à l'atmosphère dans la bande d'étude.

### 7.2.2 RESULTATS

Les émissions globales de dioxyde de carbone ont été ramenées en carbone (via le rapport des masses molaires), puis multipliées par les coûts unitaires du Tableau 32. Les pondérations mentionnées dans le paragraphe précédent pour tenir compte de l'évolution future des coûts par rapport à la période 2000-2010 de référence ont ensuite été appliquées pour les échéances 2015 et 2030. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

	Etat initial 2015	Fil de l'eau 2030	Projet 2030
Coûts collectifs (en €/jour)	127 857	271 678	302 913
Évolution par rapport à la situation initiale	-	+143 821 €	+175 055€
Évolution par rapport au fil de l'eau	-	+112%	+137%
	-	-	+31 235€
	-	-	+11.5%

Tableau 33 – Monétarisation des coûts collectifs (en €/jour) relatifs au projet sur l'effet de serre

L'augmentation importante des coûts collectifs entre l'état initial et les scénarios futurs est directement liée à l'augmentation du coût du carbone.

La mise en place du projet devrait avoir un impact négatif non négligeable sur les coûts collectifs liés à l'effet de serre, avec une augmentation de 11.5% de ces coûts, en raison de l'augmentation de la consommation de carburant à l'échelle du domaine d'étude prévue, due à l'augmentation des trafics.



---

**Chapitre 8, ce qu'il faut retenir :**

**L'analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité met en avant une légère augmentation des coûts relatifs à l'impact sur la santé suite à la mise en place du projet par rapport à la situation fil de l'eau (+4 %)**

**L'analyse met par ailleurs en évidence une augmentation des coûts relatifs à l'impact sur l'effet de serre de 11.5%.**

---

## 8. CONCLUSIONS DU VOLET « AIR ET SANTE »

Le présent rapport constitue le volet « Air et Santé » des études environnementales des projets de création de la ZAC Part-Dieu Ouest et du projet.

Les enjeux du projet en termes de qualité de l'air portent sur le trafic routier. En effet, le projet s'accompagne de la création de nombreux logements, bureaux et commerces, et de modifications de voiries, qui impacteront les trafics automobiles sur la zone d'étude.

La création d'une ZAC n'est pas encadrée de façon spécifique par la réglementation sur la qualité de l'air. Par conséquent, dans la mesure où les enjeux du projet portent principalement sur le trafic routier, il a été choisi de s'appuyer d'un point de vue méthodologique pour la réalisation de cette étude sur la « Circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005, relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières ».

Au vu des caractéristiques du trafic routier sur le domaine d'étude, cette étude est donc réalisée suivant la méthodologie préconisée pour une étude de niveau 2 sur l'ensemble du domaine d'étude, et de niveau 1 au niveau des sites sensibles qui ont été identifiés (réalisation d'une évaluation des risques sanitaires). Trois scénarios sont étudiés : l'état initial pour l'année 2015, un état futur sans aménagement du projet en 2030, mais avec création de la ZAC, et un état futur avec aménagement du projet en 2030.

Un descriptif des caractéristiques du domaine d'étude a été réalisé. D'après les informations collectées, le domaine d'étude comprend environ 38 450 habitants pour l'état initial. Pour les états futurs (avec et sans aménagements), la population a été estimée à 40930 habitants, en tenant compte des principaux projets immobilier connus et prévus d'ici 2030.

Les sites sensibles, c'est-à-dire correspondant à des lieux de vie de personnes plus sensibles à la pollution atmosphérique (enfants, personnes âgées ou malades), ou à des lieux de pratique sportive, ont été recensés sur le domaine d'étude. Ces sites sont exploités par la suite dans l'évaluation des risques sanitaires.

La pollution de fond caractéristique du domaine d'étude a été estimée grâce aux relevés de la station de mesure « Lyon Centre » du réseau de surveillance de la qualité de l'air Air Rhône Alpes. Ces données sont par ailleurs exploitées par la suite dans les calculs de dispersion.

Les émissions polluantes sur le domaine d'étude ont ensuite été quantifiées à l'aide de la méthodologie Copert IV. Le calcul a montré :

- une diminution des émissions de tous les polluants entre l'état initial 2015 et le fil de l'eau 2030. Elle est due aux améliorations technologiques et au renouvellement du parc urbain entre les deux horizons ;

- une augmentation des émissions de tous les polluants entre la situation fil de l'eau et le projet en 2030. Elle est de 17% en moyenne, et est due à l'augmentation globale du trafic à l'échelle du domaine d'étude suite à la mise en place du projet.

Ces données d'émission ont permis d'alimenter le modèle de dispersion atmosphérique ADMS Urban, afin de simuler la dispersion de ces polluants sur le domaine d'étude. Les calculs ont permis d'identifier les zones de retombées les plus élevées : pour l'état initial 2015 et le fil de l'eau 2030, il s'agit de la rue Servient, l'est de la rue de Bonnel et le sud du boulevard Jules Favre, le nord de la rue de la Villette, et la rue Paul Bert. Pour le scénario 2030 avec projet, les zones les plus impactées sont localisées à l'ouest des passages sous les voies SNCF de l'avenue Georges Pompidou et de la rue de Bonnel.

Une comparaison aux seuils de qualité de l'air a été réalisée, en tenant compte de la pollution de fond pour chaque polluant. Elle confirme des dépassements de valeurs limites à l'état initial en  $\text{NO}_2$ , et poussières  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2.5}$ .

Pour les états futurs 2030, les dépassements diminuent significativement en  $\text{NO}_2$ , et de façon moins sensible en poussières.

Aucun dépassement n'est envisagé pour les autres polluants.

Globalement la mise en place du projet n'a qu'un impact très limité sur les dépassements observés, mais peut faire apparaître des dépassements à l'ouest des passages sous les voies SNCF, avenue Georges Pompidou et rue de Bonnel.

L'exposition de la population à la pollution a été estimée en deux temps : tout d'abord à l'aide d'un indicateur simplifié, à l'échelle du domaine d'étude puis via la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires, au niveau des sites sensibles.

L'utilisation d'un indicateur simplifié (Indicateur Pollution-Population, IPP) est préconisée par la note méthodologique annexée à la circulaire n°2005-273, pour estimer l'exposition des populations. Nous avons choisi de réaliser ce calcul sur la base des concentrations simulées en  $\text{NO}_2$ , polluant traceur du trafic routier.

La comparaison des trois scénarios montre une évolution spatialement contrastée de l'exposition des populations : dans le futur, l'exposition devrait globalement diminuer par rapport à l'état initial, que le projet soit mis en place ou non, excepté sur quelques zones où de nouveaux projets immobilier (et donc une augmentation de la population résidente) sont attendus, (rue du Lac et rue Mazenod, rue Paul Bert, nord du boulevard Vivier Merle, et nord de la rue de la Villette).

La mise en place du projet ne conduit pas à une évolution significative de l'exposition des populations. On note uniquement une augmentation légère de l'exposition rue de Bonnel, rue

André Philip et rue des Cuirassiers, et une diminution légère à l'intersection entre les rues Servient et Garibaldi.

L'évaluation des risques sanitaires a été réalisée selon une démarche structurée recommandée par l'INERIS. Les cibles considérées sont les populations susceptibles de fréquenter les sites sensibles, à savoir les établissements scolaires, les établissements sanitaires et sociaux (crèches, hôpitaux, maisons de retraite, etc.) et les sites de pratiques sportives. Les 3 scénarios d'étude sont considérés.

D'après l'évaluation des risques sanitaires menée, l'étude ne permet pas de distinguer de différence significative entre les 2 états futurs en termes de niveaux de risques et de nombre de sites sensibles impactés.

D'après les données exploitées, les seuils sanitaires sont dépassés pour le benzène et dans le cas d'une exposition chronique pour des effets cancérigènes, au niveau de l'ensemble des sites sensibles et pour les états avec ou sans aménagement. Les émissions induites par le trafic routier local ne contribuent que faiblement aux dépassemens estimés (moins de 15%).

Pour les polluants pour lesquels le risque ne peut être quantifié (cas des poussières et du dioxyde d'azote), des dépassemens de valeurs guide aiguës ou chroniques sont estimés au niveau d'une partie ou de l'ensemble des sites sensibles. Comme indiqué pour le benzène, les niveaux induits par le trafic routier local contribuent que minoritairement aux dépassemens estimés.

Une estimation des risques « cumulés » considérant l'exposition simultanée à plusieurs substances a été réalisée. Pour les effets non cancérigènes, les résultats obtenus ne sont pas susceptibles de dépasser le seuil sanitaire quel que soit le système cible appréhendé. Pour les effets cancérigènes, des dépassemens du seuil de conformité sont obtenus sur l'ensemble des sites sensibles. Ces dépassemens sont principalement liés au benzène et donc au niveau de fond ambiant comme indiqué précédemment.

Cette ERS ne montre pas différences significatives d'un point de vue sanitaire entre les 2 états futurs investigués, à savoir, avec ou sans aménagement.

Enfin, les coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité par les évolutions du trafic routier liées au projet ont été estimés selon les préconisations de l'instruction cadre du 25 mars 2004, et de la mise à jour de 2013. Ces calculs mettent en évidence une légère augmentation de 4% des coûts collectifs liés aux impacts de la pollution atmosphérique sur la santé suite à la mise en place du projet par rapport à la situation fil de l'eau.

Les calculs montrent une augmentation coûts collectifs relatifs à l'effet de serre suite à la mise en place du projet (augmentation de 11.5%).

## ANNEXE A Identification des sites sensibles

Les tableaux suivants présentent les différents types de sites sensibles recensés dans le domaine d'étude.

Nom	Description
MICRO CRECHE MICROSPHERE et MICRO-CRÈCHE	Etablissements Expérimentaux Accueil de la Petite Enfance et Etablissement d'Accueil Collectif Régulier et Occasionnel
MICROGOURMAND	
ETAB MULTI ACCUEIL ASSOC LES OURSONS	Service Accueil Familial pour la Petite Enfance
RAM LA MAISON CITROUILLE	Service Accueil Familial pour la Petite Enfance
CRECHE COLLECTIVE MUNICIPALE "BOILEAU"	Crèche Collective
CRECHE COLL. MUNICIPALE "JEAN RENOIR"	Crèche Collective
CRECHE COLL. MUN. "CHARMETTES"	Etablissements Garde d'Enfants d'Age pré-Scolaire
CRECHE COLLECTIVE MUNICIPALE "MASSENA"	Etablissements Garde d'Enfants d'Age pré-Scolaire
MICRO CRECHE LES PETITS LUTINS	Etablissements Garde d'Enfants d'Age pré-Scolaire
MICRO CRECHE LES PETITS BOUCHONS	Etablissements Garde d'Enfants d'Age pré-Scolaire
MICRO CRÈCHE MICROBULLE	Etablissements Garde d'Enfants d'Age pré-Scolaire
MINI-HOME/CTRE LOISIRS FRIMOUSS	Etablissements Garde d'Enfants d'Age pré-Scolaire
ET ACC. ENFANTS PIERROT ET COLOMBINE	Etablissements Garde d'Enfants d'Age pré-Scolaire
CRECHE ATTITUDE JULIETTE	Etablissements Garde d'Enfants d'Age pré-Scolaire
CRECHE LES JEUNES POUSSES	Etablissement d'Accueil Collectif Régulier et Occasionnel
MICRO CRECHE PATACRECHE	Etablissement d'Accueil Collectif Régulier et Occasionnel
ETAB. ACCUEIL ENFANTS UNE SOURIS VERTE	Etablissement d'Accueil Collectif Régulier et Occasionnel
MICRO CRECHE PARTENAIRE CRECHE	Etablissement d'Accueil Collectif Régulier et Occasionnel
CRECHE MIRABILIS - VILLETTTE	Etablissement d'Accueil Collectif Régulier et Occasionnel
MICRO-CRECHE KORALINE BEBE	Etablissement d'Accueil Collectif Régulier et Occasionnel
HALTE-GARD. LA RONDE ENFANTINE	Halte Garderie
HALTE GARDERIE MUNICIPALE DUNOIR	Halte Garderie

Tableau 34 – Structures d'accueil des enfants en bas-âge

Dénomination	Patronyme
ECOLE ELEMENTAIRE PUBLIQUE	ANTOINE CHARIAL
ECOLE ELEMENTAIRE PUBLIQUE	JEAN JAURES
ECOLE ELEMENTAIRE PUBLIQUE	ANTOINE REMOND
ECOLE ELEMENTAIRE PUBLIQUE	ANDRE PHILIP
ECOLE MATERNELLE PUBLIQUE	JEAN JAURES
ECOLE MATERNELLE PUBLIQUE	DOLET
ECOLE MATERNELLE PUBLIQUE	ANTOINE CHARIAL
ECOLE MATERNELLE PUBLIQUE	ANTOINE REMOND
ECOLE MATERNELLE PUBLIQUE	ANDRE PHILIP
ECOLE PRIMAIRE PRIVEE	SAINT SACREMENT
ECOLE PRIMAIRE PRIVEE	NOUVELLE DE LA RIZE
ECOLE PRIMAIRE PRIVEE	NOTRE-DAME DE BELLECOMBE
ECOLE PRIMAIRE PRIVEE	SAINT NOM DE JESUS

Tableau 35 – Etablissements scolaires recensés dans la zone d'étude

ECOLE PRIMAIRE PRIVEE	ARMENIENNE MARKARIAN PAPAZIAN
ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE	LEON JOUHAUX
ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE	MONTAIGNE
COLLEGE PUBLIC	GILBERT DRU

Tableau 35 – Etablissements scolaires recensés dans la zone d'étude

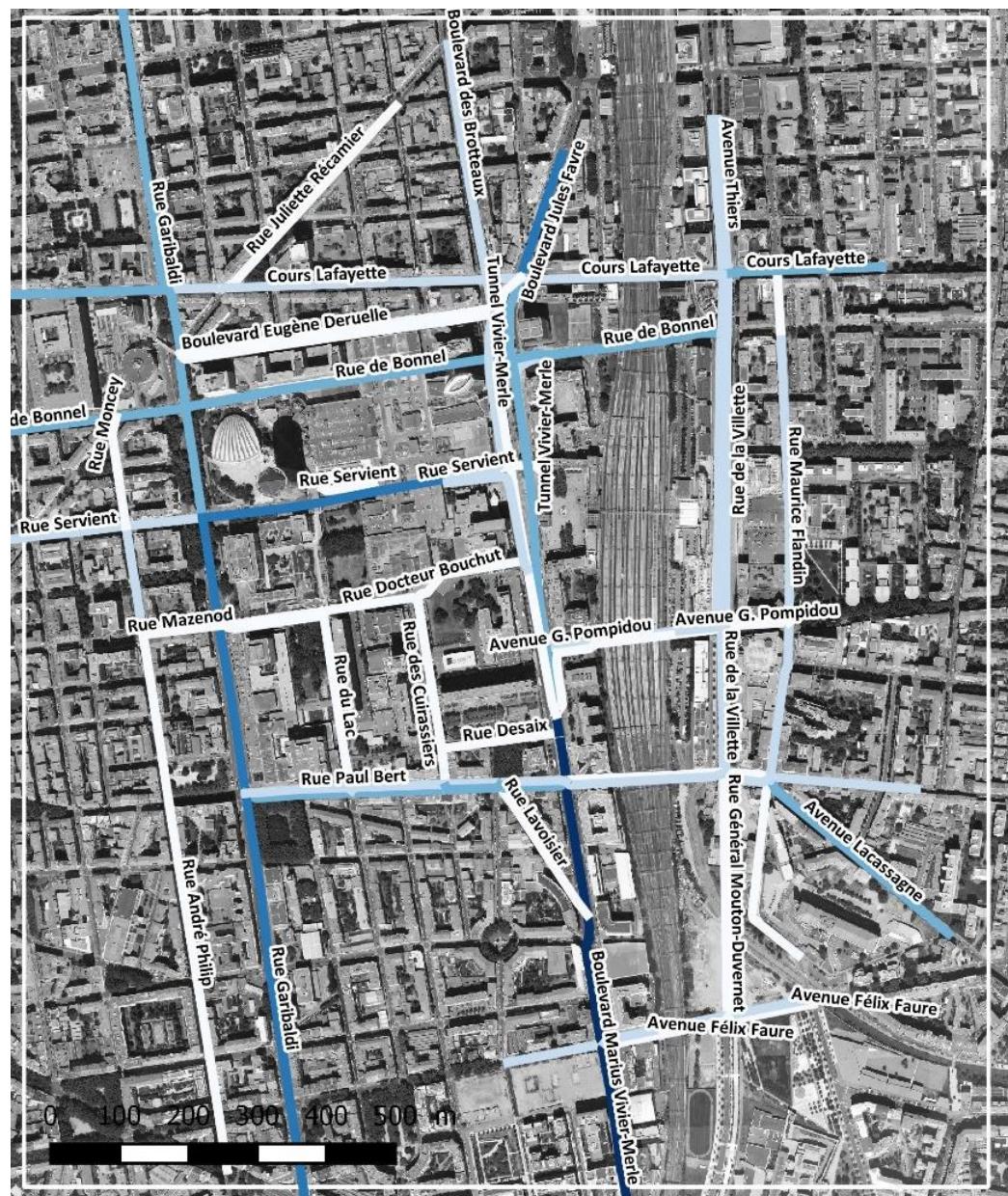
Type d'établissement	Commune
CSD LYON RÉCAMIER	Dispensaires ou Centres de Soins
FOYER DE L'ANEF	Etablissements de l'Aide Sociale à l'Enfance
IME EDOUARD SEGUIN	Institut Médico-Educatif (I.M.E.)
CMP LYON 3	Centre Médico-Psychologique (C.M.P.)
CMP LAFAYETTE et HJ ADULTES LYON 3 LAFAYETTE	Centre Médico-Psychologique (C.M.P.) et Centre Hospitalier Spécialisé lutte Maladies Mentales
ACCUEIL JOUR MONCEY ET PETIT MONCEY	Foyer de Vie pour Adultes Handicapés
CLUB PLANETE	Foyer de Vie pour Adultes Handicapés
RESIDENCE BOILEAU	Logement Foyer
RESIDENCE DANTON	Logement Foyer
POLE GERONTO CROIX ROUGE - CHARMETTES	Etablissements de Soins de Courte Durée
RESIDENCE THIERS	Etablissements d'Hébergement pour Personnes Âgées
EHPAD PART-DIEU	Maison de Retraite
EHPAD MA DEMEURE	Maison de Retraite
EHPAD VILLETTTE D'OR	Maison de Retraite
EHPAD BELLECOMBE et USLD BELLECOMBE	Maison de Retraite et Etablissement de Soins Longue Durée

Tableau 36 – Etablissements sanitaires et sociaux

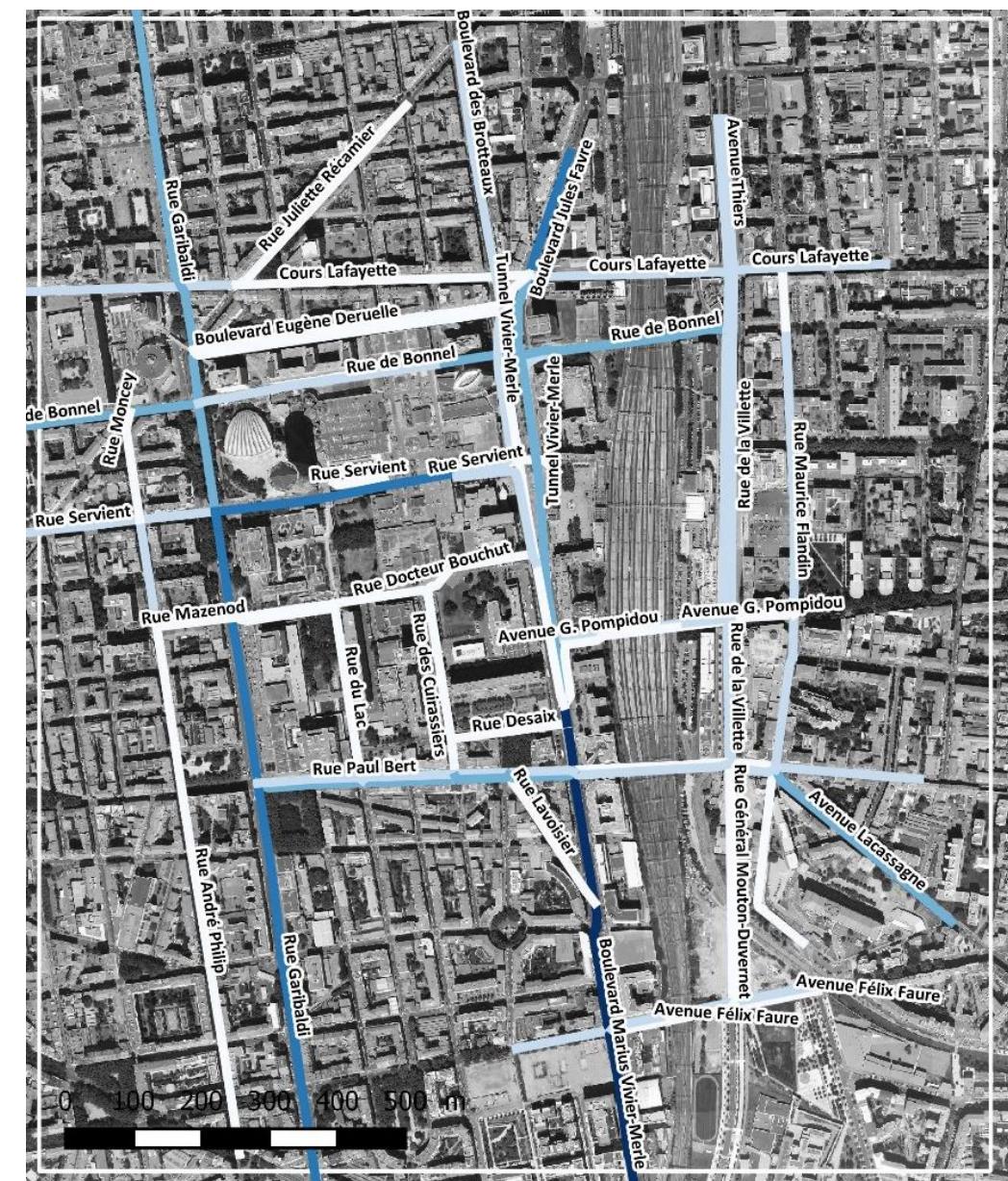
Equipement	Nom de l'installation
Piscine Garibaldi	Bassin de natation
Lady Fitness	Equipement d'activités de forme et de santé
Squash Lugdunum	Salle ou terrain spécialisé
Judo Club Lugdunum	Salle de combat
Terrain Place de l'Europe	Terrain extérieur de petits jeux collectifs
Gymnase Bellecombe	Salle multisports
Gymnase Mazenod	Salle multisports
Complexe Sportif Paul Bert	Salle de combat
Halle des Sports	Salle multisports
Halle des Sports	Salle ou terrain spécialisé
Ecole Primaire Léon Jouhaux	Salle non spécialisée
Ecole Primaire Léon Jouhaux	Terrain extérieur de petits jeux collectifs
Ecole Primaire Antoine Charial	Salle non spécialisée
Ecole Primaire Antoine Charial	Terrain extérieur de petits jeux collectifs
Ecole Primaire André Philip	Salle non spécialisée
Ecole Primaire Antoine Remond	Salle non spécialisée
Amicale Boules Moncey Garibaldi	Boulodrome
Elan de Lyon Section Boules	Boulodrome
Collège Bellecombe	Equipement d'athlétisme
Gymnase Leon Jouhaux	Salle multisports

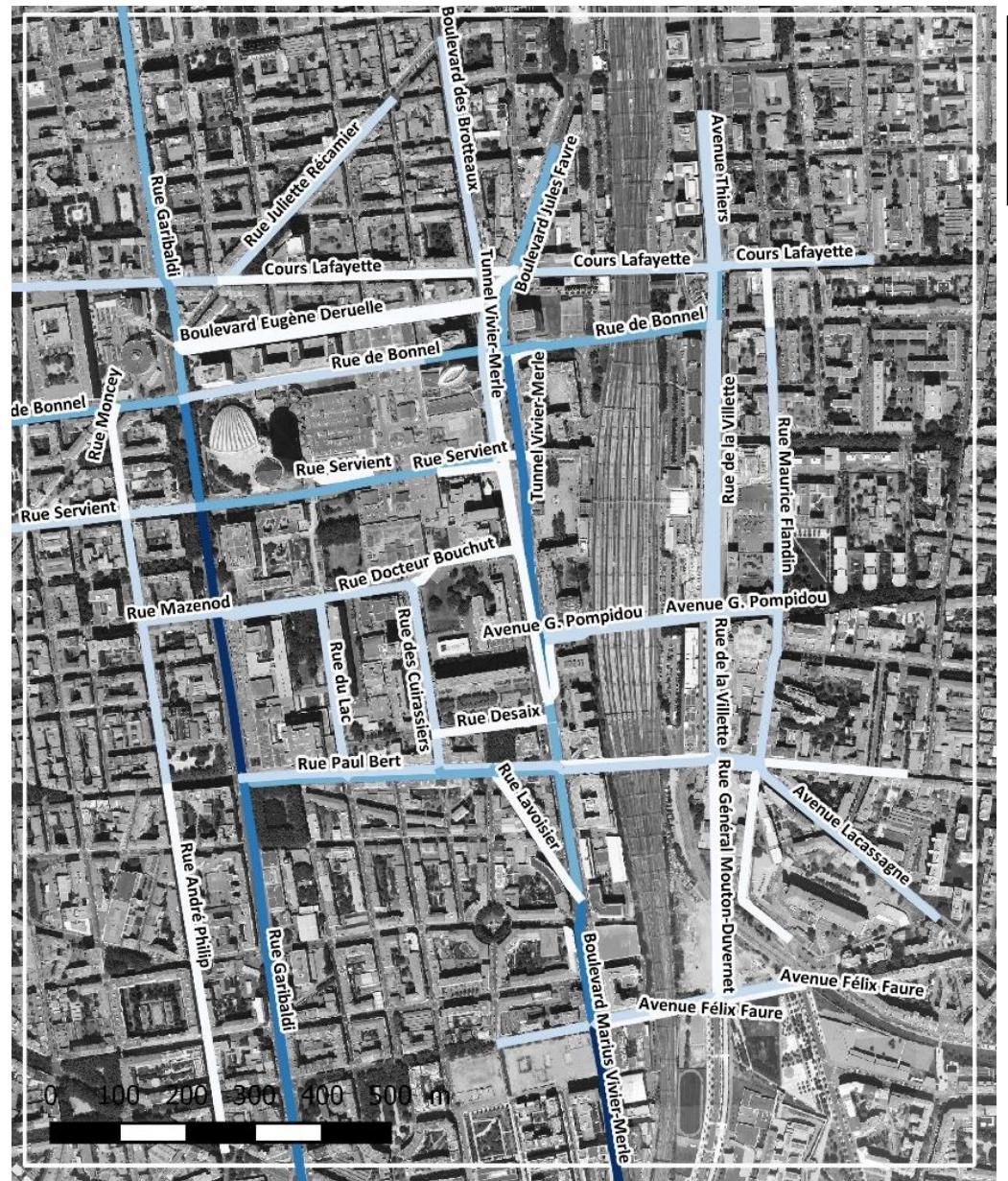
Tableau 37 – Sites dédiés aux activités sportives

## ANNEXE B Cartes des trafics en TMJA pour chaque scénario



Juin 2016 - © NUMTECH  
**NUMTECH**





**Carte des trafics pour  
le scénario projet  
(2030)**

Nb de véhicules / jour

- 0 - 3600
- 3600 - 7200
- 7200 - 10800
- 10800 - 14400
- 14400 - 18000



E-RP-20 – Avril 2014

Juin 2016 - © NUMTECH  
**NUMTECH**

## ANNEXE C Hypothèses de modélisation

Une modélisation de la dispersion des effluents émis par les véhicules circulant sur les rues considérées du domaine d'étude a été réalisée avec le modèle de dispersion ADMS-Urban, version 4.0, afin d'évaluer les concentrations attendues dans l'environnement.

### C.1 Caractéristiques techniques du modèle de dispersion ADMS-Urban

Le système de gestion de la qualité de l'air ADMS-Urban repose sur le modèle de dispersion atmosphérique ADMS (Atmospheric Dispersion Modelling System), utilisé, reconnu et validé internationalement. Il se base sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine, et remplace l'ancienne génération des modèles de dispersion. Parmi les utilisateurs français, on compte des instituts et organismes nationaux.

Le modèle ADMS est développé depuis 1993 par le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC), groupe de chercheurs de Cambridge (Royaume-Uni). Les versions sont régulièrement réactualisées, afin de tenir compte des dernières avancées technologiques et de l'évolution du cadre réglementaire. Le logiciel est distribué de façon exclusive en France par la société NUMTECH, qui en assure également la maintenance technique et les développements spécifiques.

ADMS-Urban n'est pas un simple modèle de dispersion atmosphérique, mais bien un système de gestion de la qualité de l'air à l'échelle de la rue, du quartier, de la ville ou de l'agglomération. Outre un modèle de dispersion 3D, il intègre en effet de nombreux modules permettant par exemple la gestion de bases de données telles que les inventaires d'émissions, ainsi que des liaisons directes avec des Systèmes d'information géographiques SIG (ARCVIEW et MAPINFO).

Il permet par ailleurs de prendre en compte la dispersion simultanée de nombreux effluents ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{COV}$ , particules,...), pouvant provenir de plus de 4500 sources différentes :

- les routes et les trafics associés (jusqu'à 75 000 brins peuvent être considérés),
- les sources industrielles ponctuelles et surfaciques,
- les sources diffuses (utilisées sous forme de cadastres).

Les applications d'un tel système sont très diverses, puisqu'elles vont de l'étude d'impact de la construction d'une nouvelle infrastructure routière (par exemple en concentrations moyennes annuelles), jusqu'à la prévision à plusieurs jours de la qualité de l'air à l'échelle de la rue, du quartier ou de l'agglomération.

Il est déjà utilisé dans de nombreuses agglomérations du monde entier : Strasbourg, Londres, Budapest, Rome, Shanghai...

### Modèle mathématique de dispersion

ADMS intègre de nombreux modules couplés, permettant de tenir compte de tous les effets complexes sur la dispersion des effluents : topographie, effets « canyons », turbulence liée au trafic, phénomènes météorologiques complexes (inversions de température),...

En fonctionnement normal, le modèle de dispersion travaille en régime stationnaire pour une situation météorologique donnée, les situations météorologiques étant réactualisées toutes les heures. ADMS travaille en effet en mode séquentiel horaire, ce qui permet de prendre en compte l'évolution temporelle des conditions météorologiques durant la journée. L'utilisation de données statistiques annuelles donne en effet des résultats peu satisfaisants en termes de dispersion des effluents. Pour une étude de qualité de l'air à l'échelle d'une rocade, d'un quartier ou d'une agglomération, l'utilisation d'un schéma de dispersion fonctionnant en régime stationnaire pendant des échelles de temps de l'ordre de l'heure est tout à fait adéquat, car précis en terme de dispersion et relativement peu coûteux en temps de calcul. Les valeurs réglementaires font d'ailleurs référence à des échantillonnages effectués généralement à une résolution temporelle horaire.

La grille de calcul est ajustable (discréétisation du domaine), la résolution variant du mètre à quelques centaines de mètres. A noter que le système permet un maillage « intelligent », en plaçant lui-même jusqu'à 5000 points de calculs (capteurs virtuels) aux endroits où les gradients de concentration sont importants (le long et au bord des grands axes). Il permet également de disposer des points « spécifiques » correspondant à des localisations particulières, très utiles dans le cadre d'une comparaison modèle/mesures ou dans l'élaboration de courbes d'effluents en fonction de la distance à la source.

### Echelle spatiale

Le domaine de modélisation est choisi en fonction des spécificités et des objectifs de l'étude. Il peut s'étendre de la rue (« Canyon street »), avec une prise en compte des effets de turbulence liés au trafic et aux effets « canyons », jusqu'à l'agglomération ( $\sim 40 \times 40 \text{ km}^2$ ), ou des phénomènes tels que la photochimie ou la formation « îlots de chaleur urbains » sont considérés.

### Principaux modules intégrés au système

Outre le modèle de dispersion, le système comprend de nombreux modules permettant d'étudier la qualité de l'air à l'échelle de la rue/route, du quartier ou de l'agglomération :

- Modèle de terrain : à partir de paramètres météorologiques moyens, le modèle d'écoulements fluides FLOWSTAR calcule en 3D tous les champs de vent (résolution de l'ordre de 100 m) et de turbulence en prenant en compte l'effet de la topographie et de la rugosité du sol ;
- Pré-processeur météorologique : à partir de données météorologiques mesurées au sol, un pré-processeur météorologique calcule dans les 3 dimensions, les paramètres de la couche atmosphérique de dispersion (entre le sol et 2000 mètres d'altitude) ;

- Modèle de dépôt : calcul du dépôt sec et du lessivage par les pluies des effluents. Prise en compte de la taille des particules lors de la dispersion. Jusqu'à 10 tailles de particules peuvent être considérées, ce qui permet de prendre en compte des spectres dimensionnels de particules ;
- Modèle de trajectoire des panaches : pour les sources ponctuelles (cheminées industrielles...), un modèle dynamique calcule intégralement la trajectoire des panaches émis (sur-élévation) à partir des vitesses d'éjection et des températures des rejets ;
- Modèle de bâtiment : ce modèle dynamique permet de calculer l'influence turbulente des bâtiments proches des sources industrielles sur la dispersion, ainsi que les effets de sillage des cheminées ;
- Modèle photochimique : ADMS intègre un code photochimique incluant la chimie des  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{O}_3$  et  $\text{COV}$  (Schéma de 7 réactions). Il utilise notamment les données de rayonnements solaires pour calculer les taux de photolyse. Un tel module est indispensable si l'on souhaite correctement estimer les concentrations de  $\text{NO}_2$  notamment. ;
- Modèle des effets « Street Canyon » : prise en compte des phénomènes de re-circulations dans les rues, et de la turbulence provoquée par le passage des véhicules entre les bâtiments ;
- Module statistique : ce module permet notamment de faire des comparaisons directes avec les valeurs réglementaires.

### ■ Module FLOWSTAR

FLOWSTAR est un module développé par le CERC, permettant de calculer les champs de vents et de turbulence dans la couche limite atmosphérique (0-2000 m) en trois dimensions. Ce module prend en compte l'impact du relief et l'occupation des sols.

FLOWSTAR est utilisé dans le modèle ADMS développé par le CERC, pour calculer les trajectoires des panaches et la dispersion atmosphérique sur les terrains complexes. Mais ses applications sont plus larges, et concernent le calcul des champs de vent en général : potentiel éolien,...

En entrée, FLOWSTAR a besoin des données de relief du domaine concerné, de l'occupation des sols (rugosité), et de la météo générale du site. Il renvoie en sortie les données de vent et de turbulence sur une grille, aux niveaux d'altitudes spécifiés par l'utilisateur. Ces données peuvent être fournies pour chaque condition météo du fichier .met d'entrée, ou peuvent être moyennées.

L'approche utilisée dans FLOWSTAR est dérivée du travail théorique de Jackson et al. Il se base sur l'hypothèse que différents processus contrôlent les flux dynamiques en couches, à différents niveaux au-dessus du sol.

Des validations du modèle (Carruthers et al), ont montré que FLOWSTAR modélisait bien les flux, notamment pour des pentes jusqu'à 1 pour 2 (pentes au vent et sommets de collines) et jusqu'à 1 pour 3 localement dans le sillage des reliefs. Les échelles spatiales supportées par le modèle vont de quelques dizaines de mètres, à plusieurs kilomètres.

### ■ Principales données d'entrée

Météorologie : Données météorologiques de surface, mesurées de préférence à fréquence horaire (format Météo France) : vitesse et direction du vent, température sous abri, nébulosité, précipitations...

Paramètres d'émission : localisation des sources et tronçons, taux d'émission (horaires ou TMJA, profils quotidiens), largeur des voies et hauteur du bâti, émissions industrielles (position et caractéristiques des cheminées) et diffuses (tertiaire, COV)...

Topographie de la zone d'étude : relief et occupation des sols (milieu urbain, hauteur moyenne du bâti...),

### ■ Types de sorties et résultats issus de ADMS

ADMS Urban fournit des résultats à court-terme (horaires, journaliers, études de cas) ou à long terme (moyennes annuelles, percentiles, valeurs maximales..).

La présentation des résultats sous forme de cartographies est facilitée grâce à des liens directs avec des SIG (ARCVIEW et MAPINFO) et des systèmes logiciels graphiques reconnus (SURFER).

La création de tableaux synthétiques permet une comparaison directe avec les valeurs réglementaires.

### ■ Validation

Le modèle de dispersion ADMS et le système ADMS-Urban ont été validés au cours de campagnes internationales ou par comparaisons à des valeurs expérimentales (tests en soufflerie,...). Les résultats de ces tests et validations ont été publiés dans des revues scientifiques internationales, que la société NUMTECH tient à disposition. Il a récemment donné d'excellents résultats sur la ville de Londres. Il a par ailleurs fait l'objet d'une validation complète sur la ville de Toulon, en collaboration avec AirPACA, et est utilisé sur de nombreuses agglomérations du monde entier : Strasbourg, Paris, Lille, Nancy, La Rochelle, Lyon, Londres, Budapest, Rome, Pékin, Shanghai...

### C.2 Points de calcul

Deux groupes de points de calcul ont été utilisés. Le premier groupe de points est réparti autour de chaque rue modélisée, selon des transects de 4 points. Ils permettent de réaliser les cartographies de dispersion des polluants en restituant bien les gradients de concentration. Ils sont représentés Figure 31.

Le second groupe de point a permis le calcul de l'IPP. Un maillage régulier de 50 mètres a été utilisé sur tout le domaine d'étude. Etant donné la variabilité importante des concentrations à l'intérieur d'une maille INSEE de 200m, un seul point de calcul n'aurait pas été suffisant. Ce sont ici en moyenne 16 points qui couvrent chaque maille et permettent de correctement représenter la variabilité des concentrations, dans la mesure où l'objectif est de réaliser des comparaisons de situations.

Au total, ce sont environ 14 200 points de calcul qui sont utilisés. Ils sont représentés Figure 31.

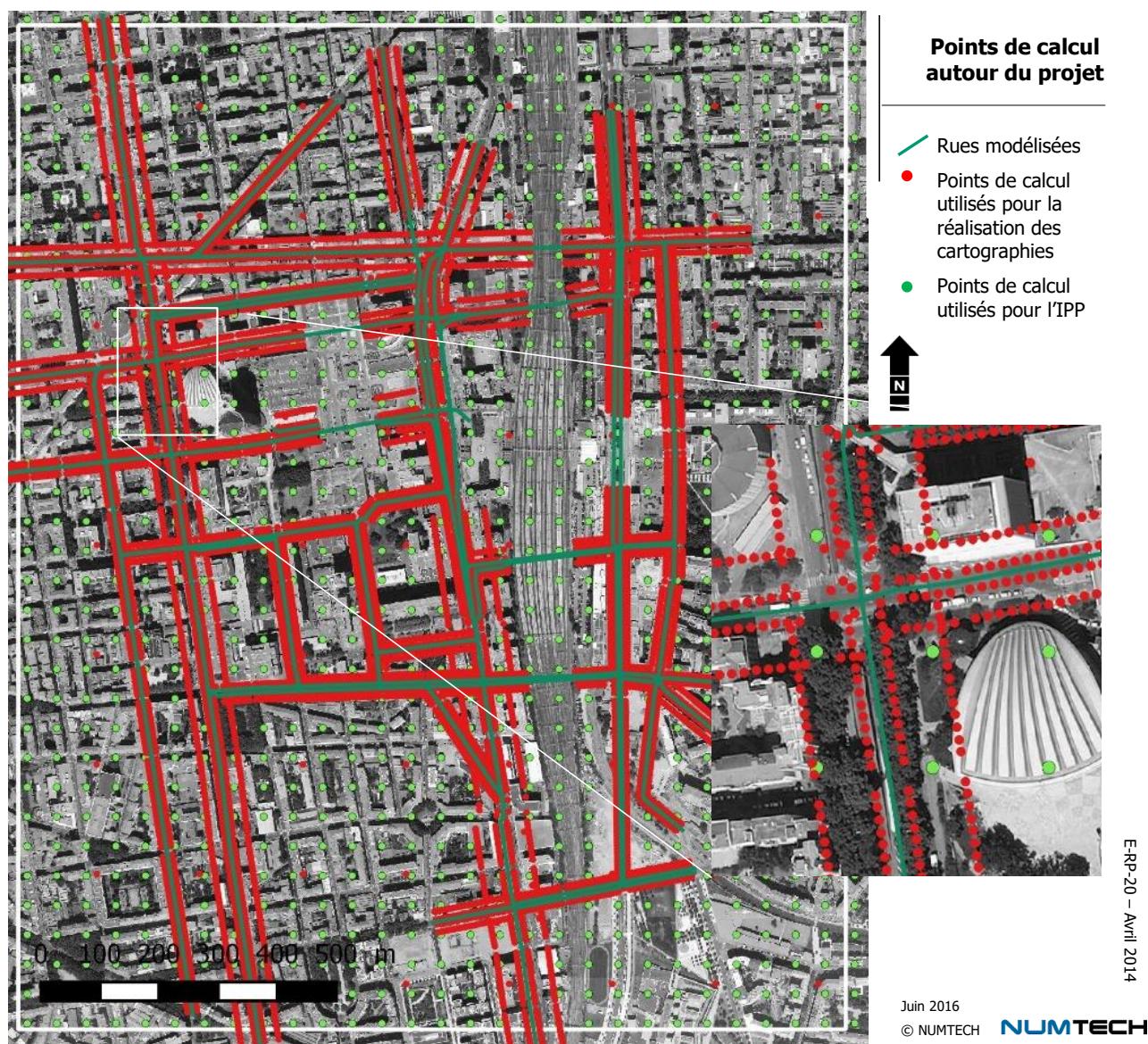


Figure 31 - Points de calculs utilisés

### C.3 Météorologie

La connaissance des paramètres météorologiques est primordiale pour l'étude de la dispersion des rejets d'effluents dans l'atmosphère. Les données telles que la direction et la vitesse du vent ou la température de l'air sont des grandeurs physiques qui permettent de caractériser l'état de l'atmosphère, mais elles ne sont pas suffisantes. D'autres variables comme le rayonnement solaire, la nébulosité (ou couverture nuageuse) sont nécessaires pour bien représenter la climatologie locale, en particulier les mouvements d'air dans les premières couches de l'atmosphère. Ces données sont mesurées par les principales stations météorologiques du réseau Météo France.

Dans le cas de cette étude, l'étude s'appuie sur les paramètres météorologiques mesurés par Météo France à la station de l'aéroport de Lyon Bron. Cette station est située à environ 7.5 km du domaine d'étude et a été jugée la plus représentative de la zone d'étude.

La proportion de paramètres de vent manquants sur l'année 2015 est non négligeable, mais jugée acceptable (9%). Les données de nébulosité manquantes sont par contre plus nombreuses (53 %). Ce paramètre est utilisé par le modèle de dispersion pour déterminer le niveau de stabilité atmosphérique (déterminant dans la façon dont les polluants se dispersent). Lorsque cette donnée est manquante, aucun calcul de dispersion ne peut être réalisé. Etant donné la proportion importante de données de nébulosité manquantes, il a été choisi de remplacer les données manquantes par des données modélisées par le modèle météorologique WRF<sup>25</sup> aux mêmes dates, et au niveau de l'aéroport de Lyon Bron. Ce modèle est mis en œuvre de façon opérationnelle par NUMTECH sur l'Europe. Les paramètres utilisés sont la nébulosité, ainsi que le rayonnement solaire. Ils ne sont utilisés que dans le cas où la nébulosité mesurée est manquante, afin de privilégier l'utilisation de données mesurées.

Les données météorologiques de l'année 2015 ont été exploitées (année correspondant à l'état initial). Ces données ont été exploitées à fréquence tri-horaire, afin de conserver des temps de calcul raisonnables, ce qui représente 8760 situations météorologiques.

### C.4 Prise en compte de la canopée urbaine

Le modèle ADMS Urban permet de tenir compte de l'effet de la canopée urbaine (présence de bâtiments denses dans les zones urbaines) sur les profils verticaux de vitesse du vent et de turbulence. Etant donné la densité du bâti sur le domaine d'étude, cette option a été activée. Pour cela, il est nécessaire de fournir au modèle différentes informations sur les caractéristiques des bâtiments (hauteur moyenne, ratio de la surface bâtie au sol, ratio de la surface face au vent,...) dans chaque maille d'une grille couvrant le domaine d'étude. Une grille de résolution 400m, permettant de bien restituer les changements de densité du bâti sur le domaine d'étude, a été retenue. Cette grille et un exemple de paramètre est illustrée Figure 32.

<sup>25</sup> WRF, (Weather Research and Forecast), modèle américain issu d'un partenariat entre différents organismes américains. C'est un modèle météorologique de méso-échelle dit de « nouvelle génération » utilisé par plus de 6000 personnes dans le monde.

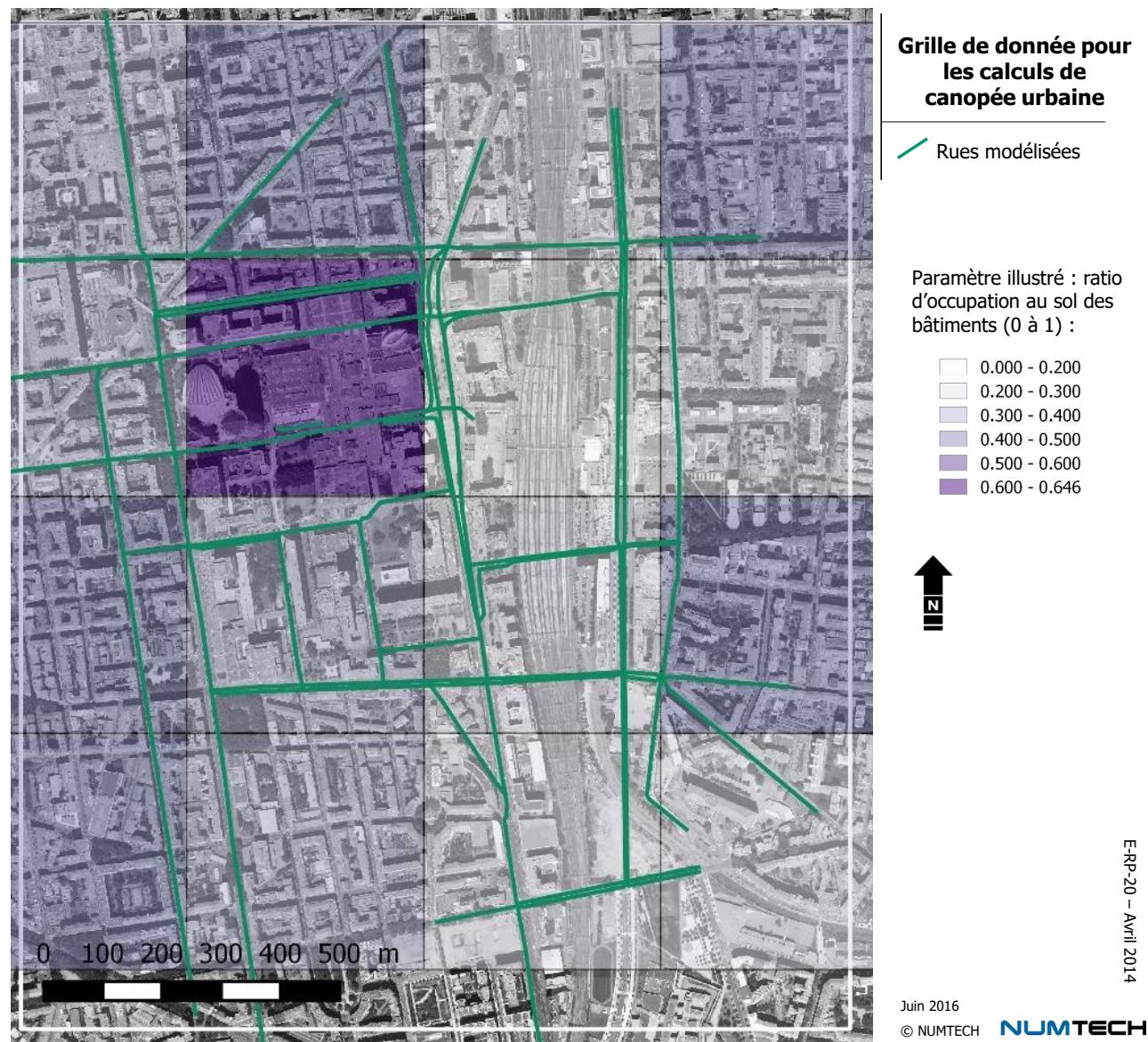


Figure 32 – Grille de données considérée pour les calculs de canopée urbaine et illustration d'un paramètre d'entrée

### C.5 Caractéristiques des polluants considérés

Dans les simulations, les polluants de type gazeux ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$  et benzène) ont été assimilés à des gaz passifs. Les poussières  $\text{PM}_{10}$  ont été assimilées à des particules de diamètre  $10 \mu\text{m}$  et de densité  $2000\text{kg/m}^3$ . Les poussières  $\text{PM}_{2,5}$ , ainsi que les métaux (Ni et Cd) et le benzo(a)pyrène ont été assimilés à des particules de diamètre  $2,5 \mu\text{m}$ , et de densité  $2000 \text{ kg/m}^3$  (hypothèse couramment retenue pour ce type de polluants).

### Cas spécifique des $\text{NO}_x - \text{NO}_2$

La famille des oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) est composée du monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) et du dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ). Ce dernier étant le composé le plus toxique, il est le seul à faire l'objet d'une réglementation dans l'air. Les concentrations en  $\text{NO}_2$  ont été calculées grâce au schéma Generic Reaction Scheme, mis en œuvre dans le modèle ADMS.

### C.6 Profil temporel

Les valeurs d'émission, estimées à partir des Trafics Moyens Journaliers Annuels (TMJA), des pourcentages de poids lourds, et des vitesses réglementaires ont été pondérées par un profil temporel horaire (un profil identique pour tous les jours de la semaine, à défaut de plus d'informations disponibles). Ce profil est illustré Figure 33. Il permet de restituer de façon simplifiée les variations journalières des trafics, principalement les heures de pointe matin et soir. A défaut de plus d'informations disponibles, ce profil a été construit à partir des données fournies en TMJO, HPS et HPM, et sur la base de profils habituellement rencontrés sur le même type de tronçon routier. Ce profil a été attribué à l'ensemble des rues modélisées.

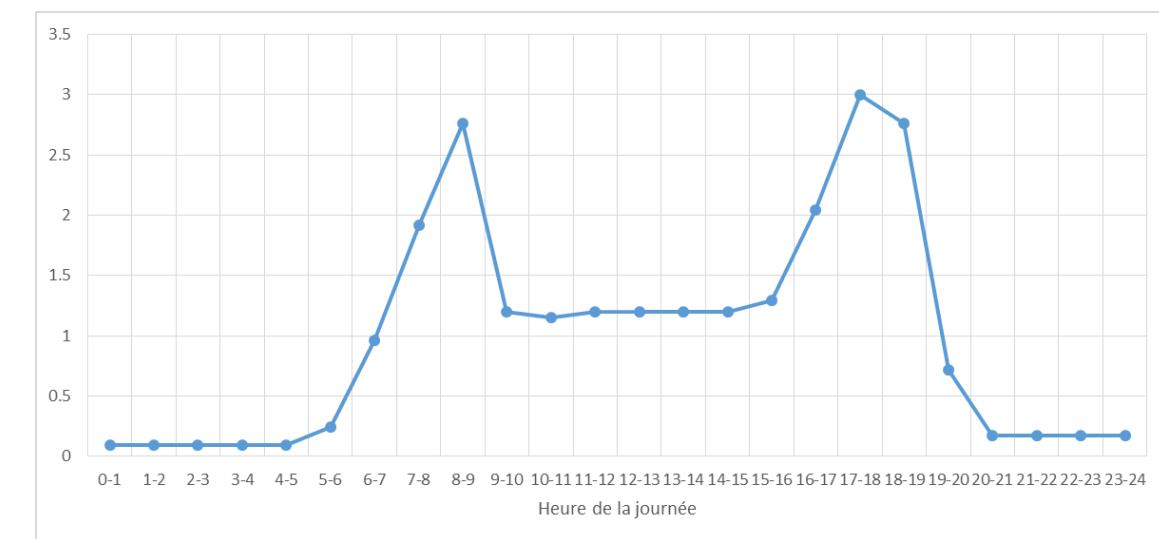


Figure 33 - Profils temporels horaires

### C.7 Effet canyon des bâtiments

La dispersion des polluants dans les rues s'est faite en tenant compte de la présence des éventuels bâtiments de part et d'autre de ces rues. On parle d'effet canyon.

Pour cela, les dimensions des rues et des bâtiments qui les bordent sont fournies au modèle. Ces dimensions ont été obtenues à partir des caractéristiques de bâtiments existants à l'état initial, et prévus pour les scénarios futurs (les aménagements immobilier prévus dans le futur concernent le fil de l'eau, et le projet n'introduit aucune modification). Les bâtiments considérés, fournis par Setec sont illustrés sur la Figure 34. Les bâtiments en rose correspondent à ceux considérés pour l'état initial. Les bâtiments an-

jaune sont ceux ajoutés ou mis à jour pour les états futurs. Les bâtiments roses placés sous des bâtiments jaunes ont été supprimés pour les états futurs.

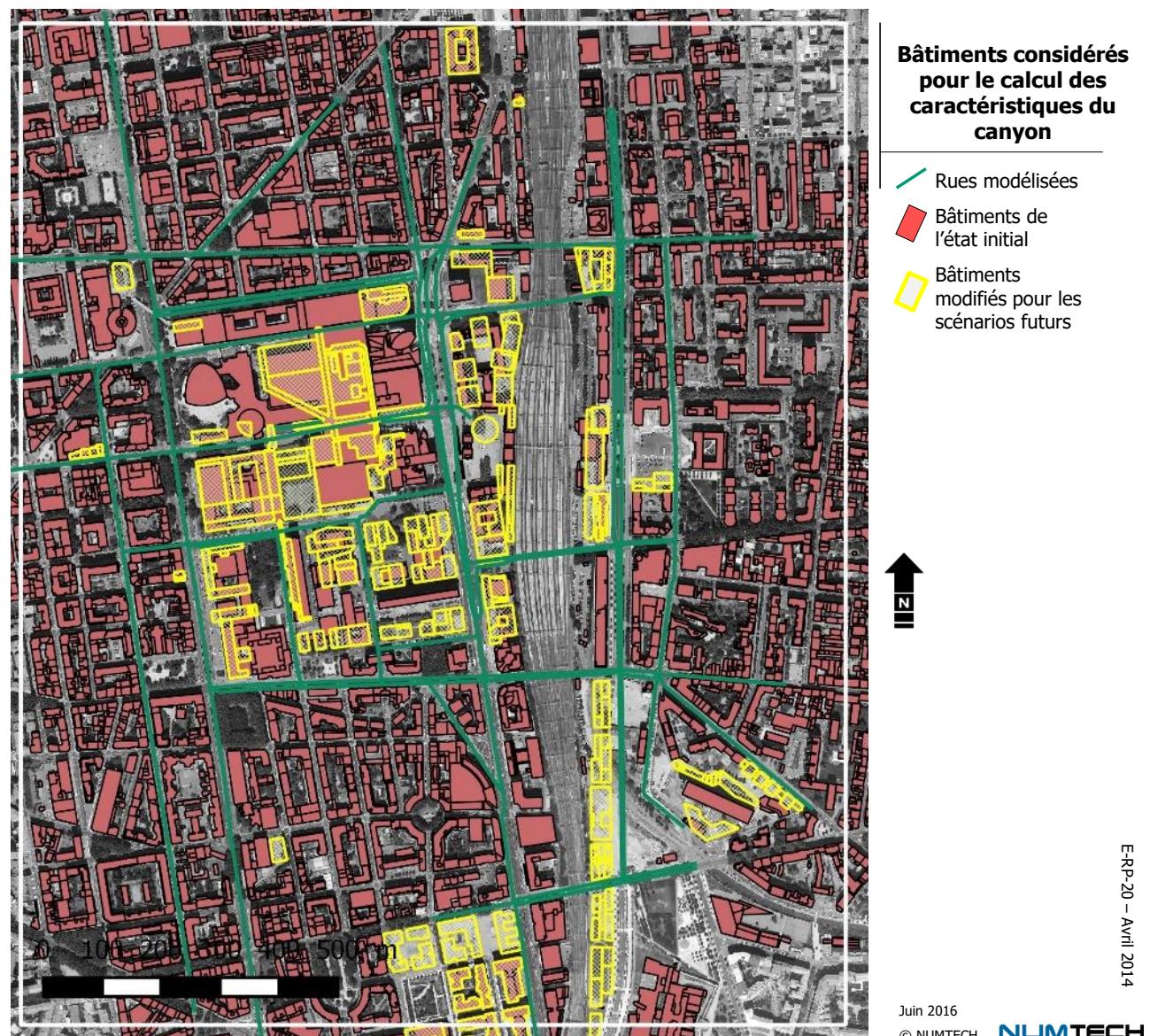


Figure 34 – Bâtiments considérés pour les calculs des caractéristiques du canyon

### C.8 Tunnels

Les tunnels ont été pris en compte de façon spécifique dans le modèle de dispersion. Ont été considérés comme tunnels, les sections de rues modélisées, couverte sur une distance significative. Les tunnels modélisés sont au nombre de 14. Ils sont localisés sur la Figure 35. Ces rues sont modélisées de façon spécifique dans le modèle : l'émission de polluants ne se fait pas le long du linéaire, mais en ramenée est tête de tunnel, et tient compte des caractéristiques du tunnel.

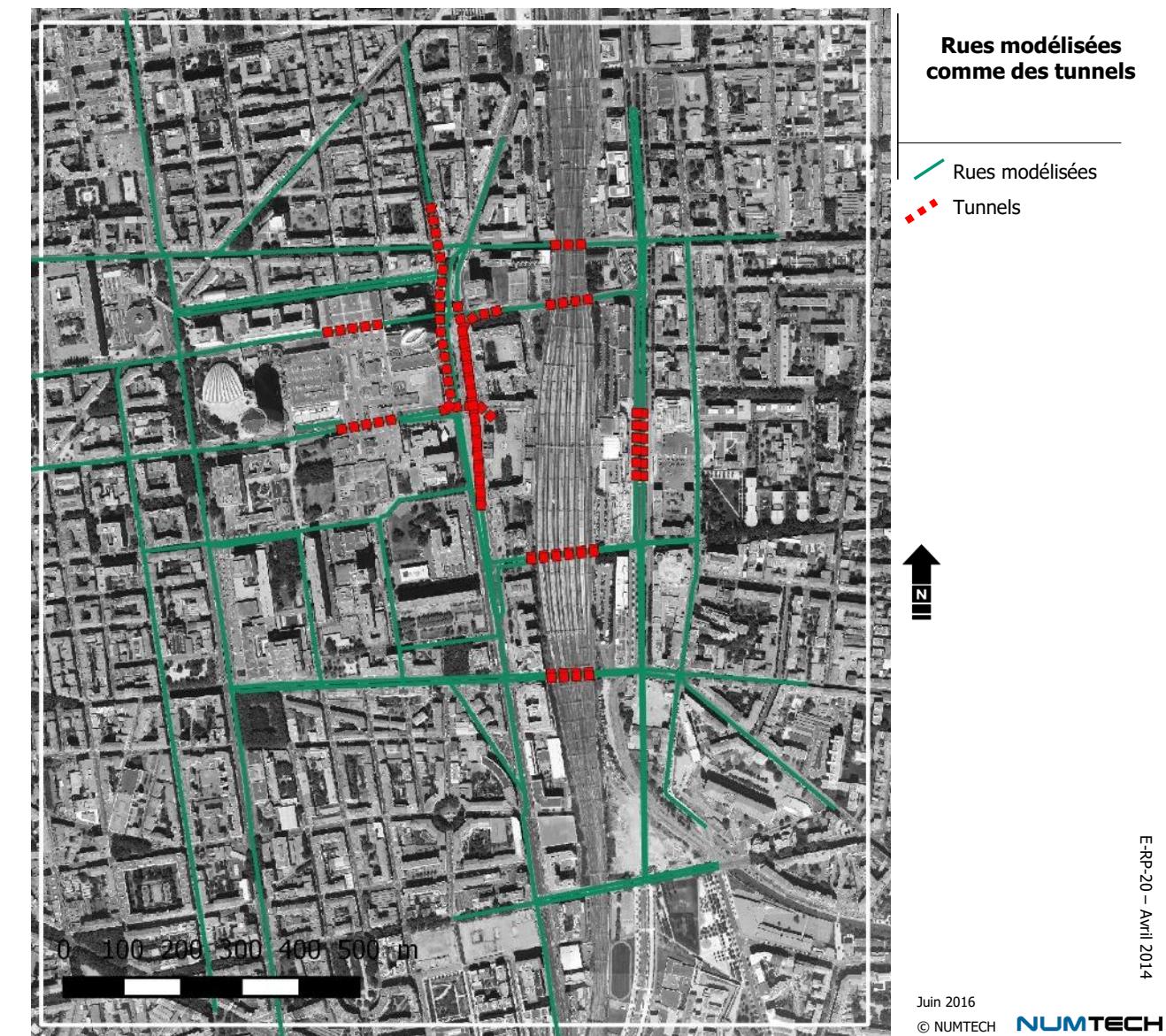


Figure 35 – Rues modélisées comme des tunnels

### C.9 Validation des résultats du modèle

L'état initial de cette étude n'était pas accompagné d'une campagne de mesure spécifique. Par ailleurs, le domaine d'étude compte une seule station de mesure de la qualité de l'air, qui a été utilisée pour caractériser la pollution de fond.

Par conséquent il n'a pas été possible pour cette étude de réaliser un calage du modèle, c'est-à-dire une comparaison modèle-mesure, qui permette d'ajuster certains paramètres du modèle soumis à incertitude, et afin de restituer au mieux la mesure.

Notons toutefois que l'absence de calage ne remet pas en cause les comparaisons entre scénarios qui sont réalisées dans cette étude.

## **ANNEXE D** Cartographies de dispersion

## Concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub>

Scénario état initial 2015

Projet : **PEM Two Lyon et**  
**ZAC Part-Dieu Ouest**

Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2015  
Temps d'intégration horaire



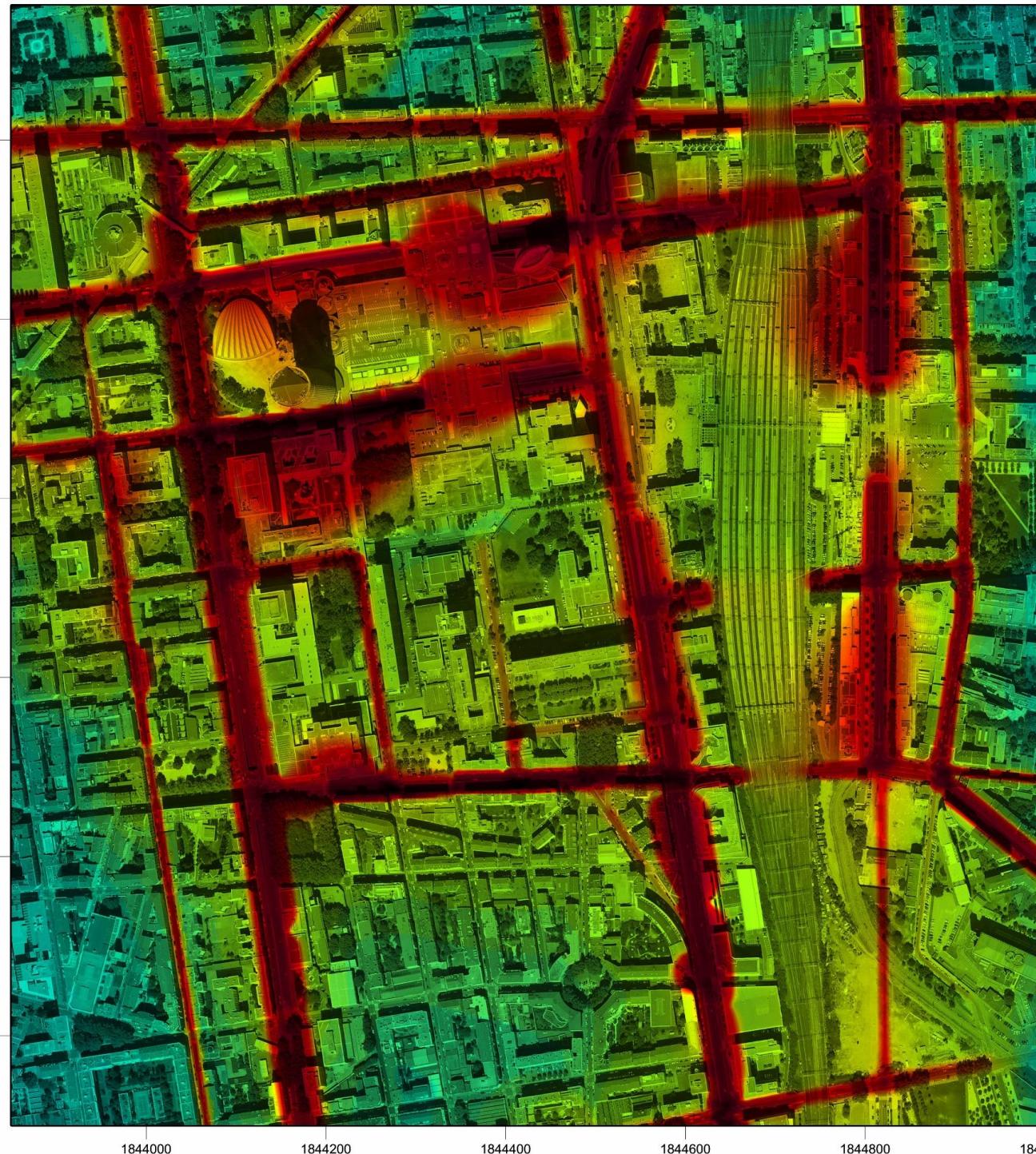
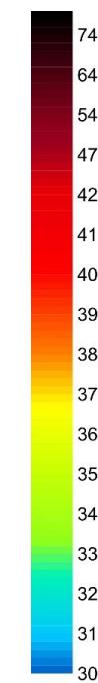
**NUMTECH**

Juin 2016  
Distances en mètres  
Lambert 93

*Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m<sup>3</sup>*

*Pollution de fond prise en compte : variable temporellement*

µg/m<sup>3</sup>



**NUMTECH**

Concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub>

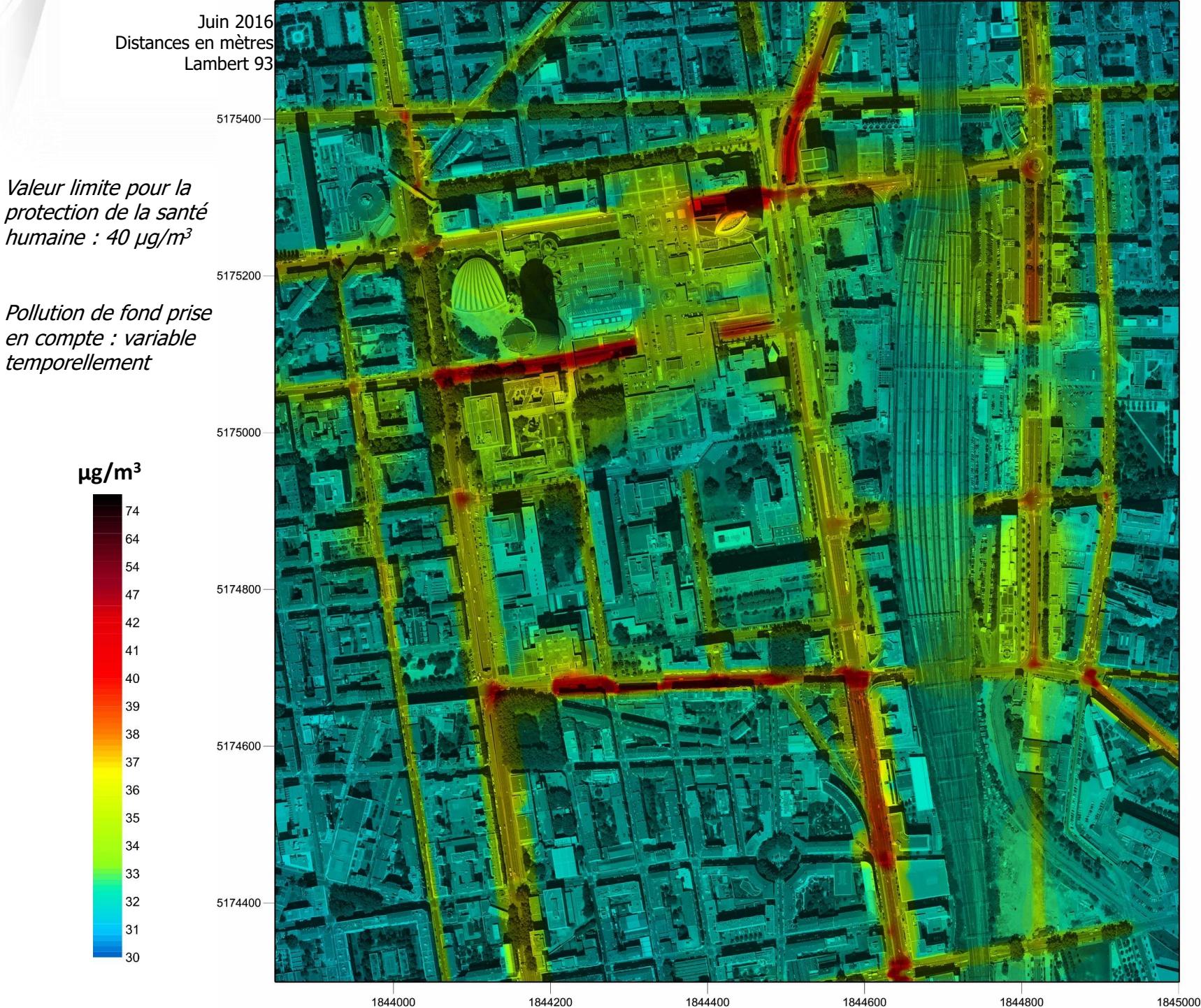
Scénario fil de l'eau 2030

Projet : **PEM Two Lyon et**  
**ZAC Part-Dieu Ouest**

Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du solMétéo : année 2015  
Temps d'intégration horaire

NUMTECH



NUMTECH

Concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub>

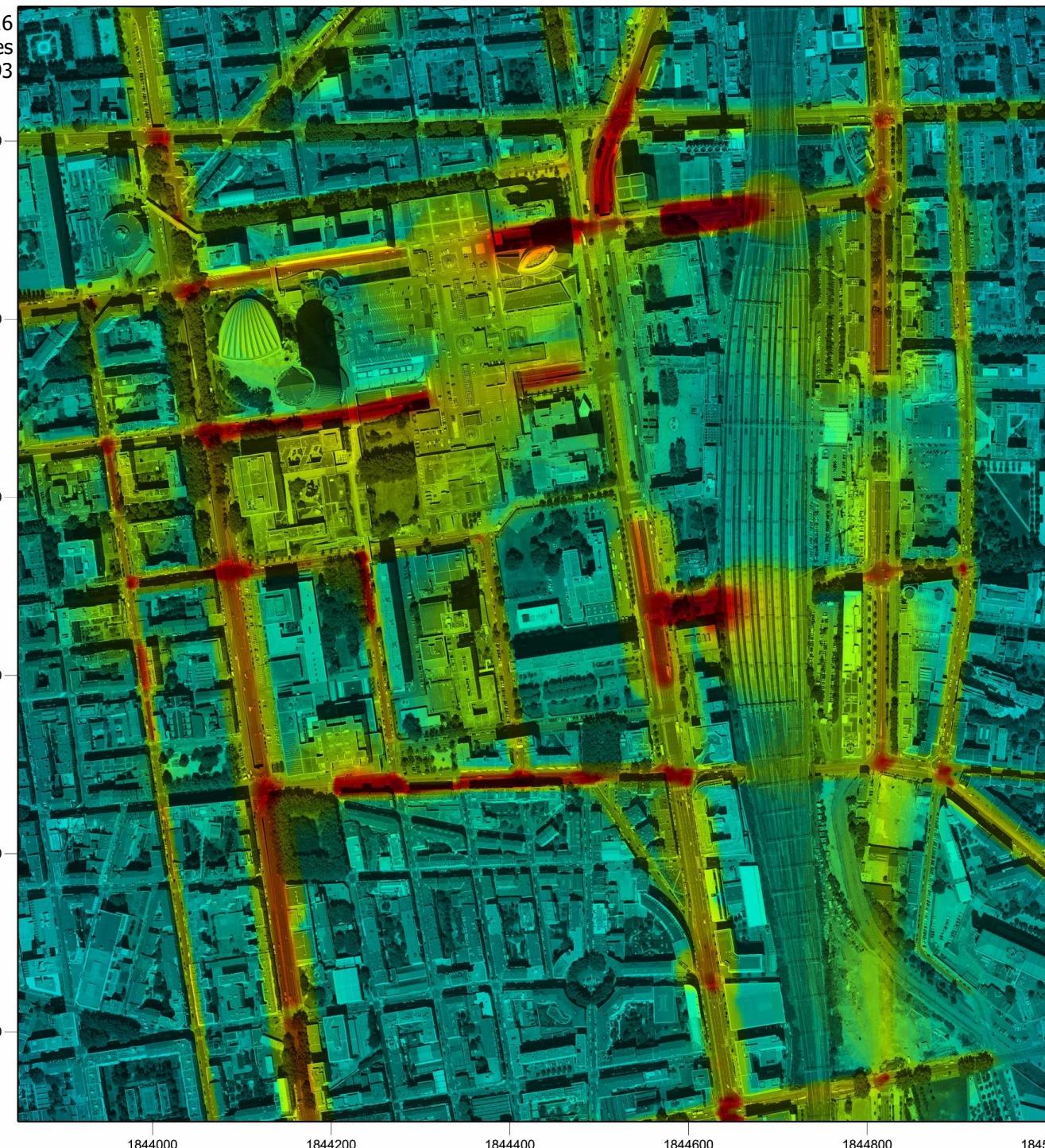
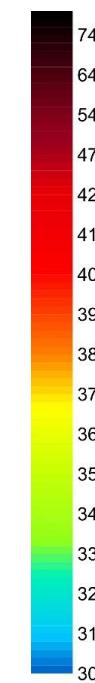
Scénario avec projet 2030

Projet : **PEM Two Lyon et**  
**ZAC Part-Dieu Ouest**

Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du solMétéo : année 2015  
Temps d'intégration horaire

NUMTECH

Juin 2016  
Distances en mètres  
Lambert 93Valeur limite pour la  
protection de la santé  
humaine : 40 µg/m<sup>3</sup>Pollution de fond prise  
en compte : variable  
temporellementµg/m<sup>3</sup>

NUMTECH

Concentration moyenne annuelle en PM<sub>10</sub>

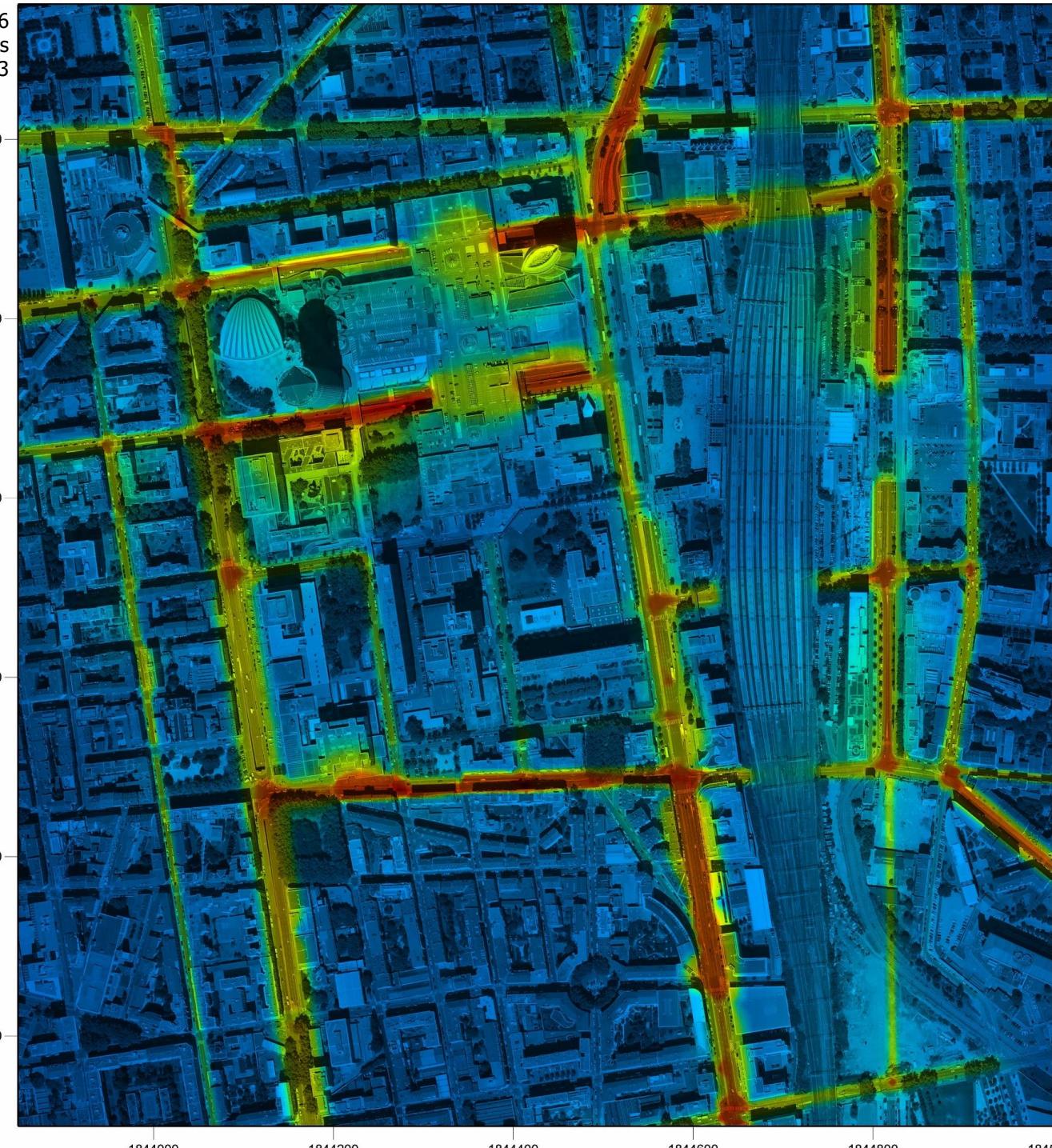
Scénario état initial 2015

Projet : **PEM Two Lyon et**  
**ZAC Part-Dieu Ouest**

Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du solMétéo : année 2015  
Temps d'intégration horaire

NUMTECH

Juin 2016  
Distances en mètres  
Lambert 93Valeur limite pour la  
protection de la santé  
humaine : 40 µg/m<sup>3</sup>Pollution de fond prise  
en compte : variable  
temporellementµg/m<sup>3</sup>

Concentration moyenne annuelle en PM<sub>10</sub>

Scénario fil de l'eau 2030

Projet : **PEM Two Lyon et**  
**ZAC Part-Dieu Ouest**

Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2015  
Temps d'intégration horaire



NUMTECH

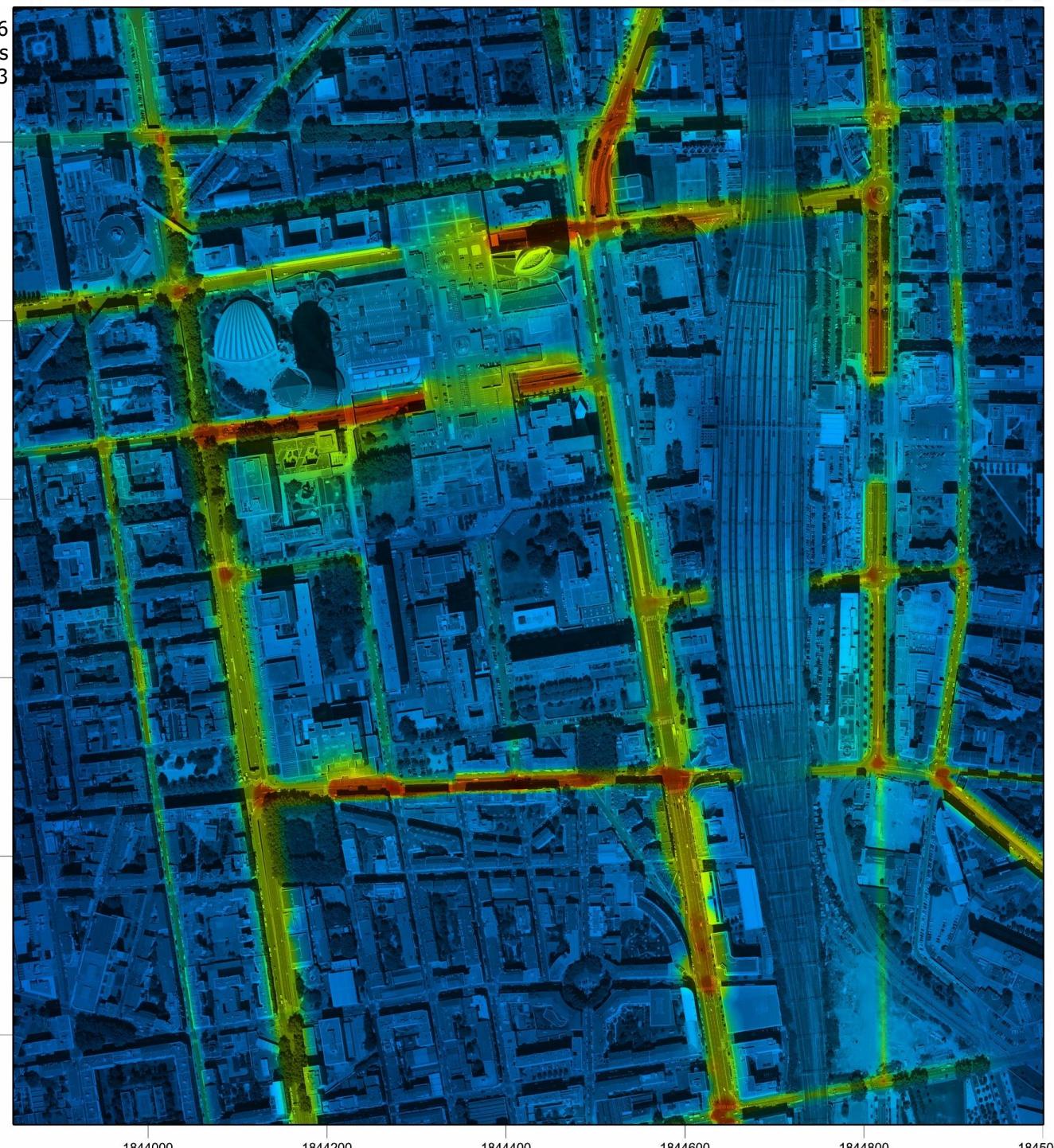
Jun 2016  
Distances en mètres  
Lambert 93

*Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m<sup>3</sup>*

*Pollution de fond prise en compte : variable temporellement*

µg/m<sup>3</sup>

35  
32  
30  
29  
28  
27  
26  
25  
24



NUMTECH

## Concentration moyenne annuelle en PM<sub>10</sub>

Scénario avec projet 2030

Projet : **PEM Two Lyon et**  
**ZAC Part-Dieu Ouest**

Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2015  
Temps d'intégration horaire



**NUMTECH**

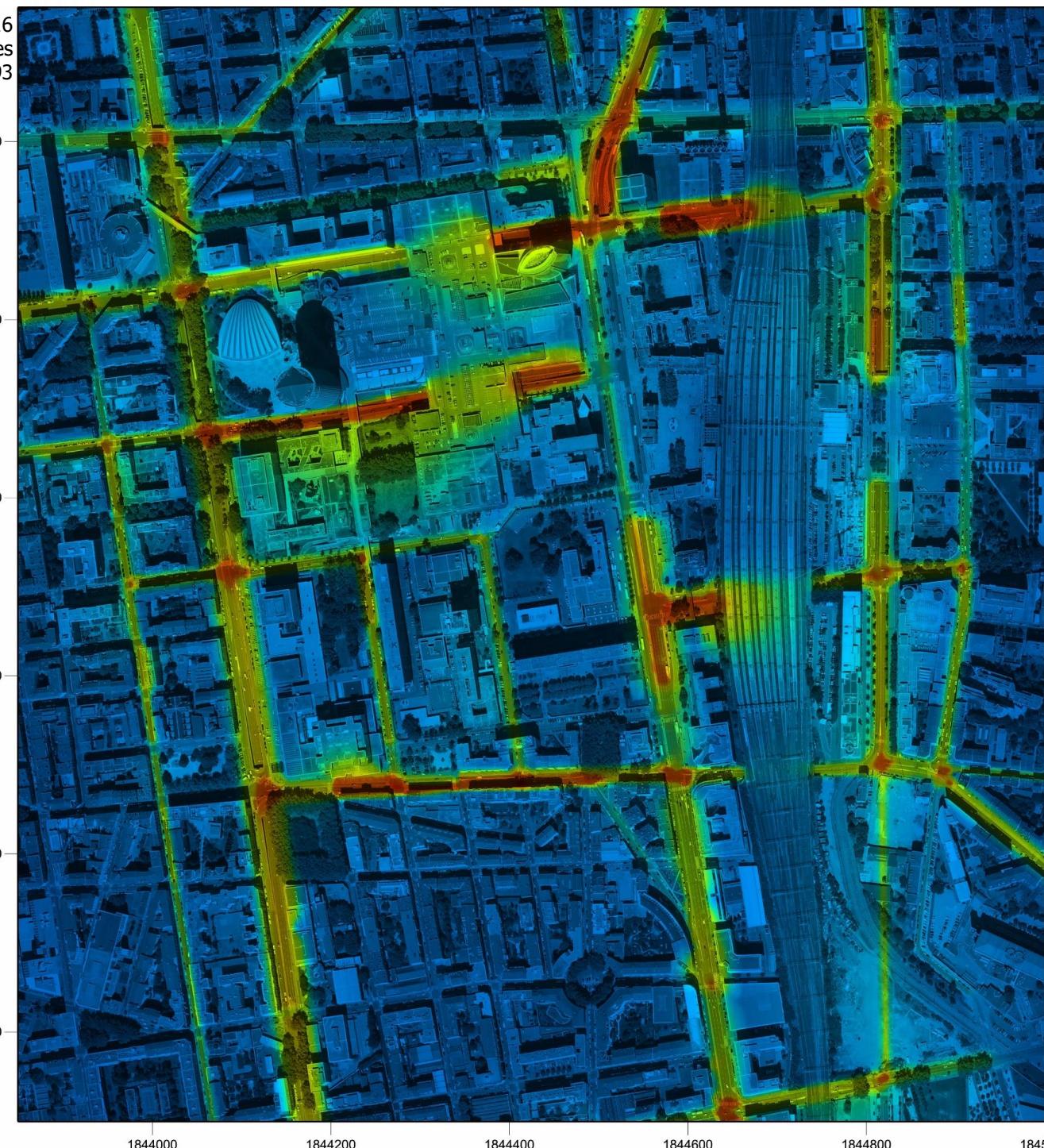
Juin 2016  
Distances en mètres  
Lambert 93

*Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m<sup>3</sup>*

*Pollution de fond prise en compte : variable temporellement*

µg/m<sup>3</sup>

35  
32  
30  
29  
28  
27  
26  
25  
24



**NUMTECH**

## Concentration moyenne annuelle en PM<sub>2.5</sub>

Scénario état initial 2015

Projet : **PEM Two Lyon et**  
**ZAC Part-Dieu Ouest**

Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2015  
Temps d'intégration horaire



**NUMTECH**

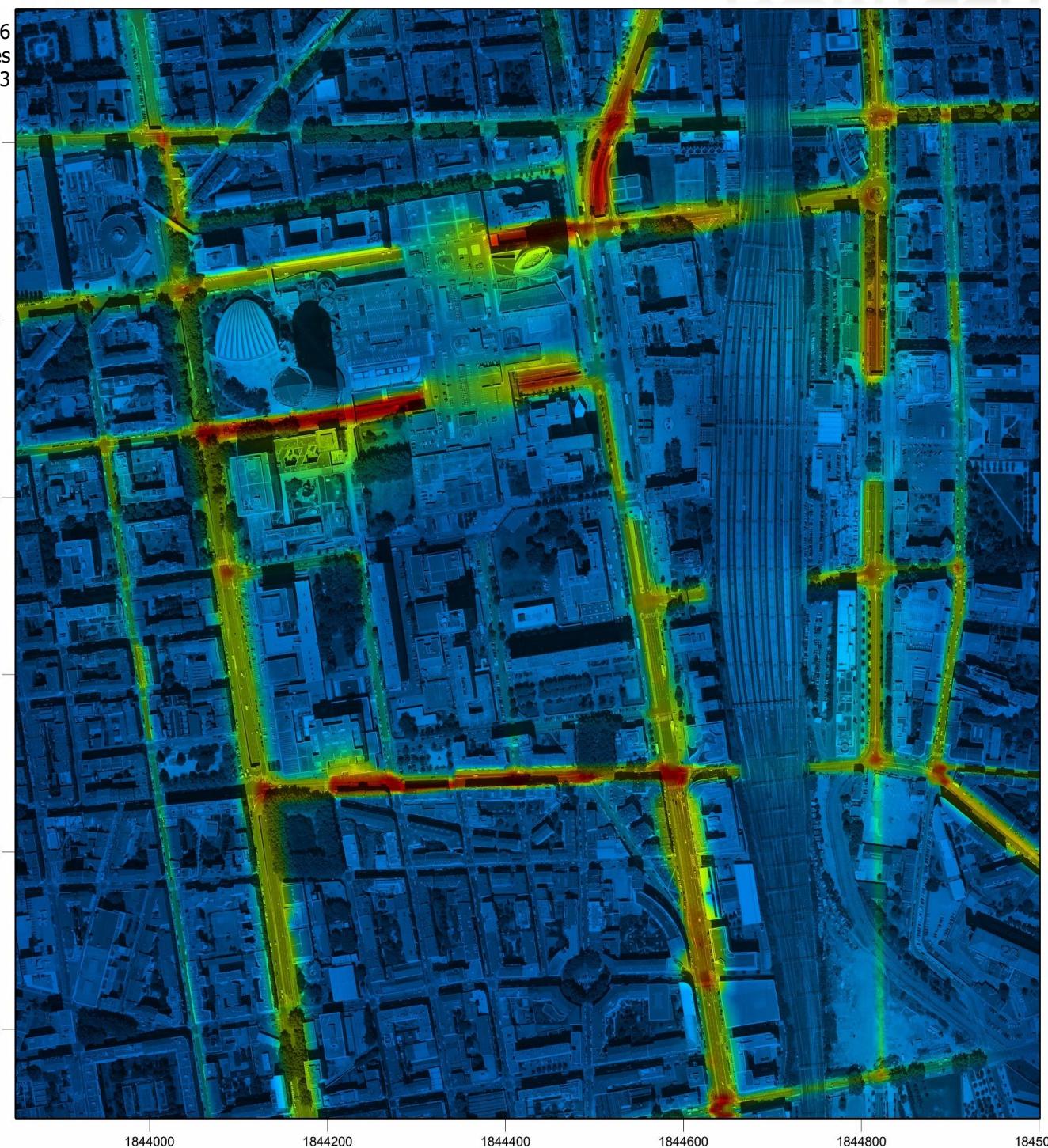
Juin 2016  
Distances en mètres  
Lambert 93

*Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 25 µg/m<sup>3</sup>*

*Pollution de fond prise en compte : variable temporellement*

µg/m<sup>3</sup>

25  
24.5  
24  
23.5  
23  
22.5  
22  
21.5  
21  
20.5  
20  
19.5  
19  
18.5  
18



**NUMTECH**

Concentration moyenne annuelle en  $\text{PM}_{2.5}$ 

Scénario fil de l'eau 2030

Projet : **PEM Two Lyon et**  
**ZAC Part-Dieu Ouest**

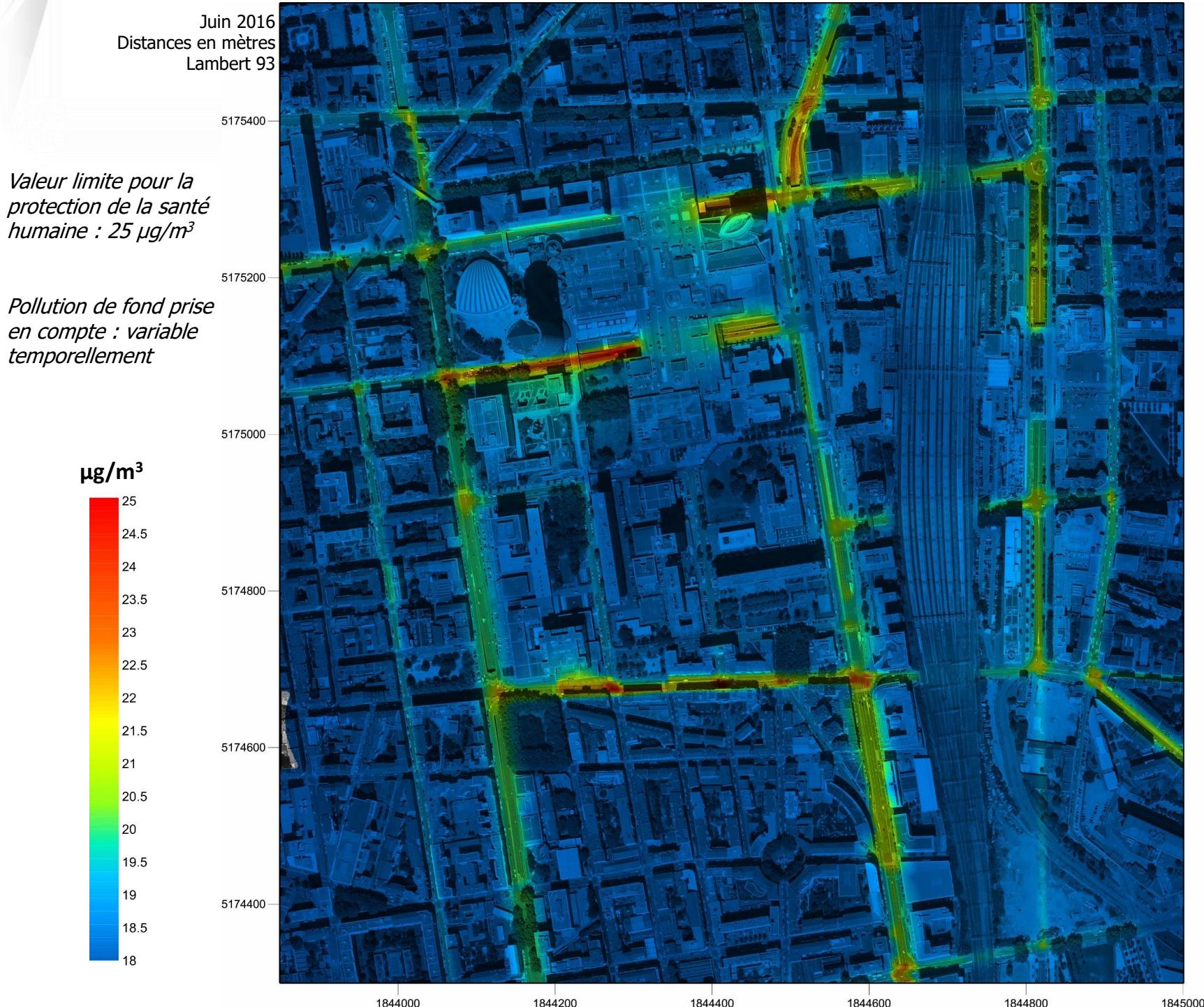
Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2015  
Temps d'intégration horaire



NUMTECH



NUMTECH

## Concentration moyenne annuelle en PM<sub>2.5</sub>

Scénario avec projet 2030

Projet : **PEM Two Lyon et ZAC Part-Dieu Ouest**

Grille de calcul :

Résolution variable  
1,5 m au dessus du sol

Météo : année 2015  
Temps d'intégration horaire



**NUMTECH**

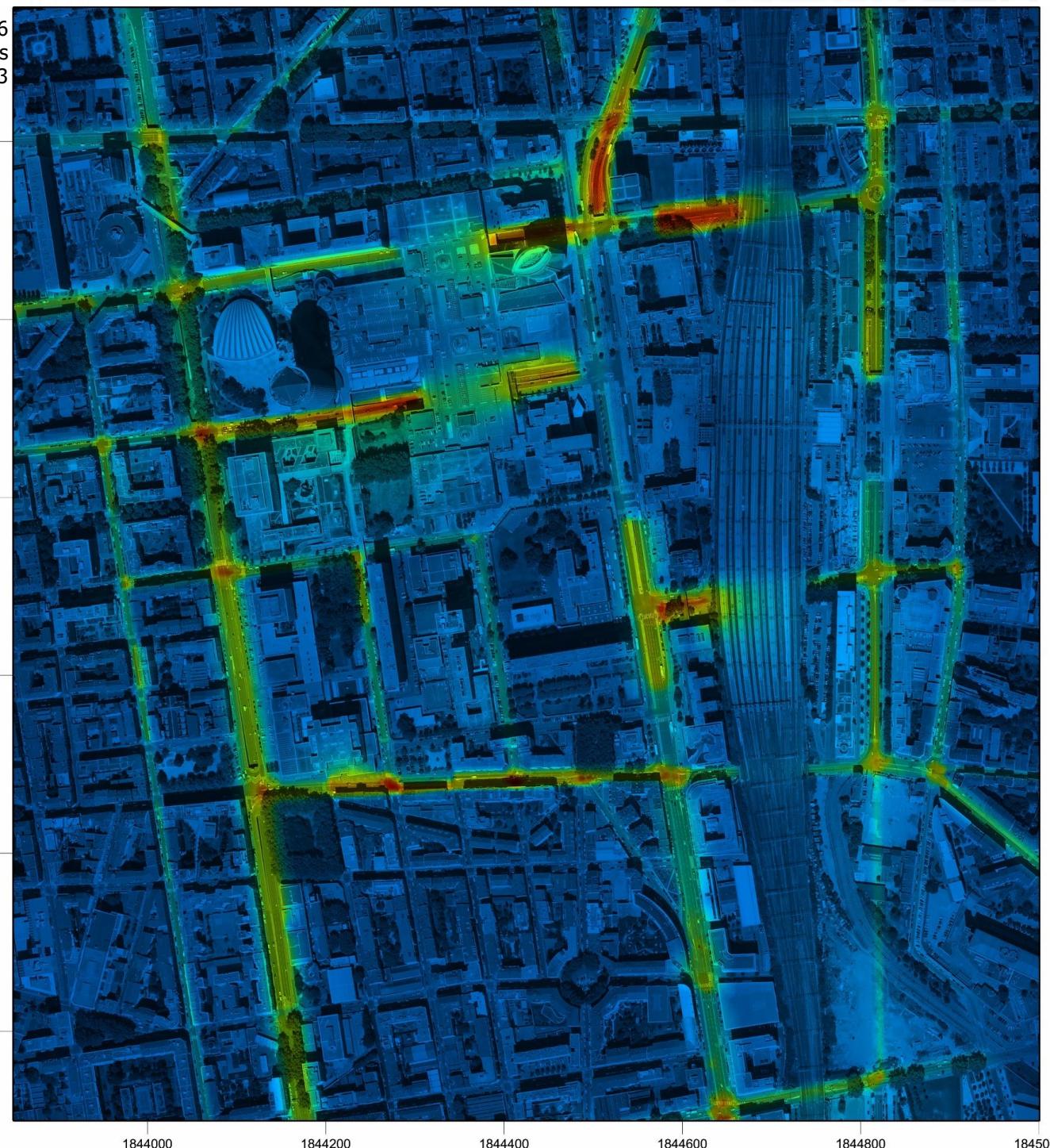
Juin 2016  
Distances en mètres  
Lambert 93

*Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 25 µg/m<sup>3</sup>*

*Pollution de fond prise en compte : variable temporellement*

µg/m<sup>3</sup>

25  
24.5  
24  
23.5  
23  
22.5  
22  
21.5  
21  
20.5  
20  
19.5  
19  
18.5  
18



**NUMTECH**

## **ANNEXE E Fiches toxicologiques**

Document présenté dans un fichier séparé

## ANNEXE F Spéciation des HAP dans le mélange de substances émis à l'échappement

	VL_initial	VL_futur	PL_initial	PL_futur	2R_initial	2R_futur
Acenaphthylene	1.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Acenaphthene	2.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Anthracene	0.2%	0.2%	3.8%	3.8%	0.1%	0.1%
Benzo(a)anthracene	0.2%	0.2%	1.0%	1.0%	0.1%	0.1%
Benzo(a)pyrene	0.2%	0.3%	0.4%	0.4%	0.1%	0.1%
Benzo(b)fluoranthene	0.1%	0.1%	2.4%	2.4%	0.1%	0.1%
Benzo(ghi)perylene	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.1%	0.1%
Benzo(j)fluoranthene	0.0%	0.0%	5.7%	5.7%	0.0%	0.0%
Benzo(k)fluoranthene	0.1%	0.1%	2.7%	2.7%	0.0%	0.0%
Chrysene	0.3%	0.3%	7.1%	7.1%	0.1%	0.1%
Dibenzo(ah)anthracene	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
Fluoranthene	1.7%	1.7%	9.4%	9.4%	0.4%	0.4%
Fluorene	0.0%	0.0%	17.5%	17.5%	0.0%	0.0%
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0.1%	0.1%	0.6%	0.6%	0.1%	0.1%
Naphthalene	88.7%	88.2%	24.9%	24.9%	97.9%	97.9%
Phenanthrene	3.3%	3.4%	10.1%	10.1%	0.8%	0.8%
Pyrene	1.5%	1.5%	13.9%	13.9%	0.3%	0.3%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%



6, Allée Alan Turing  
CS 60242  
Parc Technologique de La Pardieu  
63178 AUBIERE CEDEX  
[www.numtech.fr](http://www.numtech.fr)