

VOLET AIR ET SANTE

DANS LE CADRE DU PROJET DE PROLONGEMENT DU T1
ENTRE BOBIGNY ET VAL-DE-FONTENAY



Etude d'impact Volet Air/Sante Rapport final

Référence FLUIDYN	07070150
Nombre de pages	38 + annexes

Version	Date	Pages modifiées	Rédacteur	Vérificateur
1.0	08/04/08	--	M. Le Guellec	A. Tripathi
1.1	03/06/08	--	M. Le Guellec	A. Tripathi
2.0	24/05/11	--	M. Le Guellec	A. Tripathi
2.1	16/06/11	--	M. Le Guellec	A. Tripathi
2.2	21/09/11	Modifications CG93	M. Le Guellec	A. Tripathi
3.0	13/01/12	Etude des variantes 1 et 2	M. Le Guellec	A. Tripathi
3.1	06/03/12	Modifications CG93	M. Le Guellec	A. Tripathi
3.2	05/04/12	Modifications CG93	M. Le Guellec	A. Tripathi
3.3	12/07/12	Modifications CG93	M. Le Guellec	A. Tripathi
4.0	25/07/12	Etude tracé final	P-H. Godard	A. Tripathi
4.1	27/07/12	Modifications Ségic	P-H. Godard	A. Tripathi
4.2	06/08/12	Modifications CG93	P-H. Godard	A. Tripathi

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX	3	<i>III.1.1. Résultats des dispersions</i>	19
LISTE DES FIGURES	4	<i>III.1.2. Campagnes de mesures 2007 et 2012</i>	19
GLOSSAIRE	5	<i>III.1.3. Comparaison modélisation/campagne de mesures</i>	30
I. CONTEXTE GENERAL	6	III.2. Modélisation de la dispersion aux horizons futurs 2020 (H2, H3)	31
I.1. Description du projet et du secteur d'étude.....	6	<i>III.2.1. Etat de référence – Horizon 2020 sans prolongement du T1 (H2)</i>	31
I.2. Réglementation pour les études Air et santé	6	<i>III.2.2. Etat futur – Horizon 2020 avec prolongement du T1 (H3)</i>	32
I.3. Synthèse de la méthodologie.....	9	III.3. Comparaison entre les horizons	32
II. MODELISATION PHYSIQUE	9	IV. EFFETS SUR LA SANTE	34
II.1. Outil numérique.....	9	IV.1. Les effets des polluants issus du trafic routier	34
II.2. Description du modèle numérique de terrain	9	IV.2. Exposition des populations et coûts.....	35
<i>II.2.1. Relief</i>	10	<i>IV.2.1. Indice Polluant – Population</i>	35
<i>II.2.2. Bâtiments et zones d'habitations</i>	10	<i>IV.2.2. Coûts collectifs</i>	37
<i>II.2.3. Tronçons routiers</i>	11	CONCLUSION	38
II.3. Conditions météorologiques.....	12	ANNEXE A : LA POLLUTION DE L'AIR ET LE TRAFIC ROUTIER	39
II.4. Emissions et consommation énergétique.....	14	ANNEXE B : ACCREDITATION DU LABORATOIRE D'ANALYSES PASSAM	45
<i>II.4.1. Emissions de polluants liés au trafic routier</i>	14	ANNEXE C : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS DES POLLUANTS POUR L'HORIZON H1 (ETAT INITIAL 2012)	46
<i>II.4.2. Consommation énergétique</i>	15	ANNEXE D : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS DES POLLUANTS POUR LES HORIZONS H2 ET H3 (ETAT FUTUR SANS ET AVEC PROLONGEMENT DU T1)	48
FIGURE 8 : CONSOMMATION ENERGETIQUE SELON LES HORIZONS	15		
II.1. Simulation	16		
<i>II.1.1. Paramètres du modèle</i>	16		
<i>II.1.2. Maillage</i>	16		
<i>II.1.3. Champs de vents</i>	17		
<i>II.1.4. Pollution de fond</i>	17		
<i>II.1.5. Présentation des résultats</i>	18		
III. RESULTATS DE DISPERSIONS	19		
III.1. Dispersion à l'horizon 2012 (H1).....	19		

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Définition du type d'étude	7	Tableau 29 : 1994-2005 des émissions annuelles de COV dues au trafic routier	41
Tableau 2: Critères de définition de la largeur minimale d'étude	8	Tableau 30 : Prospective des émissions journalières de PM10 dues au trafic routier.....	41
Tableau 3 : Densité de population moyenne du secteur d'étude	8	Tableau 31 : Recommandations de l'OMS pour la protection de la population générale contre la pollution atmosphérique	43
Tableau 4 : Conditions météorologiques retenues pour les simulations.....	13	Tableau 32 : Normes de qualité de l'air françaises (Décret n°2002-213 du 15 février 2002 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limite).....	43
Tableau 5 : Paramètres météorologiques pour la simulation de la situation moyenne	13		
Tableau 6 : Emissions moyennes journalières des différents polluants pour le trafic routier	14		
Tableau 7 : Consommations énergétiques totales journalière	15		
Tableau 8 : Paramètres du modèle utilisés lors des simulations.....	16		
Tableau 9 : Données pollution de fond prise en compte pour l'horizon 2012	17		
Tableau 10 : Données pollution de fond prise en compte pour l'horizon 2020	18		
Tableau 11 : Concentrations maximales en polluant pour l'état initial (2012).....	19		
Tableau 12 : Localisation des points de mesures 2007	23		
Tableau 13 : Localisation des points de mesures 2012	23		
Tableau 14 : Concentrations de NO2 in situ (2007).....	25		
Tableau 15 : Concentrations de NO2 in situ (2012).....	26		
Tableau 16 : Concentrations de benzène in situ (2007).....	27		
Tableau 17 : Concentrations de benzène in situ (2012).....	27		
Tableau 18 : Comparaison entre les résultats numériques(2012) et expérimentaux(2007) pour les NO2	30		
Tableau 19 : Comparaison entre les résultats numériques(2012) et expérimentaux(2012) pour les NO2	30		
Tableau 20 : Comparaison entre les résultats numériques (2012) et expérimentaux(2007) pour le benzène.....	31		
Tableau 21 : Comparaison entre les résultats numériques (2012) et expérimentaux(2012) pour le benzène.....	31		
Tableau 22 : Concentrations maximales en polluant pour l'horizon 2020 sans prolongement du T1 ...	31		
Tableau 23 : Concentrations maximales en polluant pour l'horizon 2020 avec prolongement du T1 ...	32		
Tableau 24 : Comparaison des concentrations maximales selon les horizons	34		
Tableau 25 : Indice Polluant-Population pour le benzène	36		
Tableau 26 : Valeurs 2012 en véh.km (Euro/100 véh.km).....	37		
Tableau 27 : Prix de la tonne de carbone.....	37		
Tableau 28 : Coûts collectifs selon les horizons.....	37		

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Contours d'altitude en vue 3D.....	10	Figure 32: Variations absolues des concentrations en Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre l'horizon 2020 avec et sans prolongement du T1 pour Montreuil et Val de Fontenay.....	33
Figure 2 : Extrait de la BDTopo sur Noisy-Le-Sec	10	Figure 33 : Zonage de population (2007)	36
Figure 3 : Modèle numérique de terrain	11	Figure 34 : Comparaison des IPP.....	36
Figure 4 : Brins routiers modélisés en vue 3D.....	11	Figure 35 : Concentrations en NO_2 à 1,5 m pour l'horizon H1.....	46
Figure 5 : Réseau routier modélisé	12	Figure 36 : Concentrations en C_6H_6 à 1,5 m pour l'horizon H1	46
Figure 6 : Rose des vents reconstituée	13	Figure 37 : Concentrations en CO à 1,5 m pour l'horizon H1	47
Figure 7 : Pourcentage d'émissions par rapport à l'état initial	15	Figure 38 : Concentrations en Cd à 1,5 m pour l'horizon H1	47
Figure 8 : Consommation énergétique selon les horizons.....	15	Figure 39 : Concentrations en PM_{10} à 1,5 m pour l'horizon H1	48
Figure 9 : Maillage horizontal	16	Figure 40 : Concentrations en Ni à 1,5 m pour l'horizon H1.....	48
Figure 10 : Maillage en vue 3D.....	16	Figure 41 : Concentrations en COV à 1,5 m pour l'horizon H1.....	49
Figure 11 : Champ de vecteur vitesse zoomé pour l'état initial à une hauteur de 10 m.....	17	Figure 42: Concentrations en NO_2 à 1,5 m pour l'horizon H2.....	50
Figure 12 : Champ de vent pour l'état initial à 1,5 m de hauteur.....	17	Figure 43 : Concentrations en C_6H_6 à 1,5 m pour l'horizon H2	50
Figure 13 : Croissance des concentrations en NO_2 en fonction de la distance à l'axe de la route	18	Figure 44 : Concentrations en CO à 1,5 m pour l'horizon H2	51
Figure 14 : Positionnement des tubes sur un point de mesure	20	Figure 45 : Concentrations en Cd à 1,5 m pour l'horizon H2.....	51
Figure 15 : Tubes passifs pour mesurer les NO_2	20	Figure 46 : Concentrations en PM_{10} à 1,5 m pour l'horizon H2.....	52
Figure 16 : Fonctionnement des tubes pour mesurer les NO_2	20	Figure 47 : Concentrations en Ni à 1,5 m pour l'horizon H2.....	52
Figure 17 : Tube pour mesurer les BTEX.....	21	Figure 48 : Concentrations en COV à 1,5 m pour l'horizon H2.....	53
Figure 18 : Localisation des 40 points de mesures 2007	22	Figure 49: Concentrations en NO_2 à 1,5 m pour l'horizon H3.....	54
Figure 19 : Localisation des 10 points de mesures 2012	22	Figure 50 : Concentrations en C_6H_6 à 1,5 m pour l'horizon H3	54
Figure 20 : Schéma d'implantation des tubes à diffusion passive.....	23	Figure 51 : Concentrations en CO à 1,5 m pour l'horizon H3	55
Figure 21 : Photos des points de mesures de 2007	24	Figure 52 : Concentrations en Cd à 1,5 m pour l'horizon H3.....	55
Figure 22 : Photos des points de mesures de 2012	24	Figure 53 : Concentrations en PM_{10} à 1,5 m pour l'horizon H3	56
Figure 23 : Concentrations moyennes de NO_2 par points de mesures en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2007.....	26	Figure 54 : Concentrations en Ni à 1,5 m pour l'horizon H3.....	56
Figure 24 : Concentrations moyennes de NO_2 par points de mesures en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012.....	26	Figure 55 : Concentrations en COV à 1,5 m pour l'horizon H3.....	57
Figure 25 : Concentrations moyenne des BTEX en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2007.....	28		
Figure 26 : Concentrations moyennes de Benzène par points de mesures en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	28		
Figure 27 : Concentrations moyenne des BTEX en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012.....	28		
Figure 28 : Concentrations moyennes de Benzène par points de mesures en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	28		
Figure 29 : Concentration moyenne(2007) et trafics moyens journaliers	29		
Figure 30 : Concentration moyenne(2012) et trafics moyens journaliers	29		
Figure 31 : Variations absolues des concentrations en Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre l'horizon 2020 avec et sans prolongement du T1 pour Noisy le Sec et Bobigny.....	33		

GLOSSAIRE

C ₆ H ₆ :	Benzène	UVP :	Unité de Véhicule Particulier
CERTU :	Centre d'Etude sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques	VP :	Véhicule Particulier
CH ₄	Méthane	VUL :	Véhicule Utilitaire Léger
CITEPA :	Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique	Véh. :	Véhicule
CO :	Monoxyde de carbone	ZPS :	Zone de Protection Spéciale
CO ₂ :	Dioxyde de carbone (ou gaz carbonique)		
COPERT :	COMputer Program to calculate Emissions from Road Transport		
COV :	Composés Organiques Volatils		
DNP :	Direction de la Nature et des Paysages		
DPPR :	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques		
DR :	Directions des Routes		
FN :	Fumées Noires		
GPL :	Gaz de Pétrole Liquéfié		
H1	Etat initial correspondant à la situation en 2012		
H2	Etat de référence correspondant à la situation en 2020 sans aménagement		
H3	Etat final correspondant à la situation en 2020 avec aménagement		
H ₂ SO ₃ :	Acide sulfureux		
H ₂ SO ₄ :	Acide sulfurique		
HAP :	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques		
HC :	Hydrocarbures		
hPa :	Hectopascal		
INRETS :	Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité		
IPP :	Indicateur de Polluant Population		
N ₂ O :	Oxyde nitreux		
NH ₃ :	Ammoniac		
NO :	Monoxyde d'azote		
NO ₂ :	Dioxyde d'azote		
NO _x :	Oxydes d'azote		
O ₃ :	Ozone		
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé		
P50H :	Percentile 50 des niveaux horaires		
P50J :	Percentile 50 des niveaux journaliers		
P98H :	Percentile 98 des niveaux horaires		
P98J :	Percentile 98 des niveaux journaliers		
PDU :	Plan de Déplacement Urbain		
PL :	Poids Lourd		
PM10 :	Particules de taille inférieure à 10 µm		
PM2,5 :	Particules de taille inférieure à 2,5 µm		
PPA :	Plan de Protection de l'Atmosphère		
ppm :	Partie par million		
PRQA :	Plan Régional de la Qualité de l'Air		
SETRA :	Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes		
SO ₂	Dioxyde de soufre		
SO _x :	Oxydes de soufre		

I. CONTEXTE GENERAL

I.1. DESCRIPTION DU PROJET ET DU SECTEUR D'ETUDE

L'objectif de cette étude est de vérifier l'impact du projet de Prolongement du T1 sur la qualité de l'air des secteurs traversés par la nouvelle infrastructure de transport. Le projet de prolongement est en effet susceptible d'entraîner des modifications au niveau du trafic, les implications sur la qualité de l'air, les bénéfices et inconvénients doivent donc être analysés.

Ce prolongement de ligne doit permettre entre autres :

- d'améliorer la desserte des communes de Noisy-Le-sec, Romainville, Montreuil, Rosny et Fontenay-sous-Bois.
- de garantir un transport moins polluant
- de contribuer au développement résidentiel, économique et commercial des territoires desservis.

Le tracé du prolongement du T1 sur Noisy-le-Sec étant maintenant arrêté, il convient de réaliser une étude d'impact air/santé dans son intégralité.

L'aire d'étude pour le volet d'impact air couvre des secteurs fortement urbanisés avec la présence de bâti dense (commune de Bobigny, Noisy-Le-Sec, Romainville, Montreuil, Fontenay-sous-Bois) et une géographie marquée par le relief.

Le bureau d'étude SEGIC Ingénierie est en charge de la réalisation du dossier d'enquête préalable à la déclaration d'enquête publique comprenant entre autres le dossier d'étude d'impact de ce projet pour le compte du département de la Seine Saint-Denis. Dans le cas décrit précédemment, il a demandé à la société FLUIDYN de réaliser la modélisation de la dispersion des polluants issus du trafic routier afin d'évaluer les impacts du projet en terme d'émissions de polluants et en terme de concentrations des principaux indicateurs de la pollution atmosphérique sur l'environnement proche.

Le classement des voiries indique que **le niveau d'étude d'impact requis pour le projet est celui de catégorie II** associé à un trafic inférieur à 25000 véh/j des principaux axes routiers (D117, D40, D41...) faisant l'objet de l'étude en milieu urbain, au sens de la circulaire du 25 février 2005 portant sur les études air-santé des infrastructures routières.

L'environnement physique du site comporte une géographie marquée par le relief et des variétés importantes de bâtis dont certains immeubles de grande hauteur, (constituant dans une certaine mesure un front de protection aux nuisances des brins routiers). Ces éléments imposent un traitement spécifique pour la quantification de la qualité de l'air locale par la modélisation 3D de la dispersion.

La société FLUIDYN a utilisé *fluidyn-PANAIR* et son module *fluidyn-PANROAD*, logiciel de la mécanique des fluides permettant la simulation de la dispersion de la pollution atmosphérique issue du trafic routier. Les équations de la mécanique des fluides (équations de Navier-Stokes) sont résolues dans l'espace tridimensionnel et sont appliquées à un maillage imbriqué curviligne tenant compte du terrain et de ses obstacles. Les modélisations prendront en compte l'évolution du parc automobile ainsi que les spécificités de l'environnement.

L'étude est conforme à la méthodologie du guide des études d'environnement - air édité par le CERTU en juin 2001 et aux éléments méthodologiques contenus dans la note méthodologique du 25 février

2005 sur les études d'environnement dans les projets routiers – volet air et son annexe technique à destination des bureaux d'étude.

L'étude s'appuie sur la mise en œuvre de calcul d'émissions et de modélisations de la dispersion pour différents polluants gazeux caractéristiques du trafic routier dans le secteur d'étude. La modélisation de l'impact du projet sur la qualité de l'air porte sur trois situations distinctes pour lesquels le département de la Seine Saint-Denis disposait de données de trafic :

- L'état initial : la situation en 2012 (Horizon H1) couplée à une campagne de mesure in situ,
- L'état de référence (« fil de l'eau »): la situation future sans réalisation du prolongement du T1 à l'horizon 2020 (Horizon H2) avec prise en compte de l'évolution naturelle des trafics,
- L'état futur : la situation future avec réalisation du prolongement du T1 à l'horizon 2020 (Horizon H3).

Les objectifs de cette étude sont :

- l'évaluation des émissions de polluants routiers pour les infrastructures existantes et nouvelles,
- l'estimation de la concentration des polluants pour l'état actuel et les horizons 2020 avec et sans projet de prolongement (à l'aide de simulations tridimensionnelles eulériennes des écoulements atmosphériques et de la dispersion),
- la qualification de l'état initial par modélisation des émissions et des dispersions en l'état actuel couplée à une campagne de mesures in situ par technique des tubes passifs,
- la comparaison des concentrations au regard des normes de qualité de l'air en France et en Europe,
- la comparaison des résultats pour les différents horizons d'étude,
- l'évaluation de l'exposition sanitaire des personnes par la construction de l'indicateur IPP,
- l'analyse des coûts collectifs des pollutions.

I.2. REGLEMENTATION POUR LES ETUDES AIR ET SANTE

L'amélioration des connaissances sur le lien pollution - santé, le développement des moyens de surveillance et de contrôle ont amené, depuis quelques années, les pouvoirs publics à accroître les informations disponibles afin de mettre en place des dispositions préventives destinées à éviter des niveaux de pollution susceptibles de nuire à la santé des populations urbaines. La loi n°96-1236 sur « l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie » du 30 décembre 1996 répond à cette exigence. Elle oblige les maîtres d'ouvrage, dès lors que leur projet est susceptible d'avoir une répercussion non négligeable sur l'environnement, à en étudier l'impact sur la qualité de l'air locale et sur la santé des populations ainsi que le coût social associé.

Cette loi sur « l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie » est intégrée dans le code de l'environnement partie « Air et atmosphère » par les articles L 220-1 et L 220-2.

- Article L 220-1 : « L'État et ses établissements publics, les collectivités territoriales et leurs établissements publics ainsi que les personnes privées concourent, chacun dans le domaine de sa compétence et dans les limites de sa responsabilité, à une politique dont l'objectif est la mise en œuvre du droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Cette action d'intérêt général consiste à prévenir, à surveiller, à réduire ou à supprimer les

pollutions atmosphériques, à préserver la qualité de l'air et, à ces fins, à économiser et à utiliser rationnellement l'énergie. »

- Article L 220-2 : « Constitue une pollution atmosphérique au sens du présent titre l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives. »

L'étude d'impact a été introduite comme élément de conception des projets d'aménagement ou d'équipement par la loi du 10 juillet 1976. Son contenu a été précisé par le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977, modifié par le décret n°93-245 du 25 février 1993 et la loi sur l'air introduisant notamment l'air dans la liste des domaines à étudier, puis finalement modifié une dernière fois par le décret 2003-767 du 7 août 2003 en vigueur le 1^{er} novembre 2003.

La loi sur « l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie » du 30 décembre 1996 précise dans l'article 19 que :

- « l'étude d'impact 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 ; (modifiant la loi n°76-629 du 10/07/76 relative à la protection de la nature) »,
- « 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 résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter. »

Cet article 19 a été précisé par la circulaire d'application n°98-36 en date du 17 février 1998 du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Le CERTU et le SETRA à la demande de la DR, de la DNP et de la DPPR ont élaboré des guides méthodologiques à destination des maîtres d'ouvrage et des bureaux d'études précisant le contenu de ces études.

Le guide utilisé pour cette étude est conforme à la circulaire interministérielle N°DGS/SD7B/2005/273 du 25 février 2005 sur les études « air et santé » dans les projets routiers.

Les études d'impact environnemental concernant les infrastructures routières doivent être adaptées aux enjeux du projet étudié. La circulaire EQUIPEMENT/SANTE/ECOLOGIE du 25 février 2005 indique l'importance de l'étude à mener en fonction de la charge prévisionnelle de trafic qui sera supportée par le projet. Quatre niveaux d'études sont distingués, en fonction de trois paramètres principaux :

- la charge prévisionnelle de trafic (trafic moyen journalier annuel (TMJA) ou trafic à l'heure de pointe la plus chargée (uvp/h)),
- le nombre de personnes concernées par le projet
- la longueur du projet.

Le type d'étude est donc défini par la table 1 ci-dessous :

Tableau 1 : Définition du type d'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 véh/j à 50 000 véh/j ou 2 500 uvp/h à 5 000 uvp/h	≤ 25 000 véh/j ou 2 500 uvp/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
Densité de population (hbts/km ²) dans la bande d'étude	Bâti avec densité ≥ 10 000	I	I	II	II si L _{projet} > 5 km ou III si L _{projet} ≤ 5 km
	Bâti avec densité >2 000 et < 10 000	I	II	II	II si L _{projet} > 25 km ou III si L _{projet} ≤ 25 km
	Bâti avec densité ≤ 2 000	I	II	II	II si L _{projet} > 50 km ou III si L _{projet} ≤ 50km
	Pas de bâti	III	III	IV	IV

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 (variation de +/- 10%). 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 dans le tableau 2.

Tableau 2: Critères de définition de la largeur minimale d'étude

TMJA à l'horizon d'étude (véh/j)	Trafic à l'heure de pointe (uvp/h)	Largeur minimale de la bande d'étude (en mètres) de part et d'autre de l'axe	Valeur maximale en NO2 en limite de bande $\mu\text{g}/\text{m}^3$
100 000	>10 000	300	0.9
50 000 < \leq 100 000	5 000 < \leq 10 000	300	0.7
25 000 < \leq 50 000	2 500 < \leq 5 000	200	0.3
10 000 < \leq 25 000	1 000 < \leq 2 500	150	0.3
<100 00	\leq 1 000	100	0.3

Pour notre étude, l'objet du projet n'est pas directement une infrastructure routière mais une implantation de prolongement du T1. Nous avons donc choisi d'élargir la bande d'étude de part et d'autre du projet de prolongement du T1 car les répercussions du projet sur les infrastructures routières peuvent se faire sur des tronçons extérieurs à la bande des 200 m autour du tracé du prolongement du T1. C'est aussi une des raisons pour laquelle, dans la mission de mesures in situ réalisée, une partie des points de mesures sera positionnée sur des tronçons routiers relativement distants du projet de prolongement du T1.

Afin de tenir compte des effets numériques aux limites, le domaine de calcul a également été élargi. Le domaine s'étend sur plus de 9 km en longueur et 7 km en largeur.

Autre point clé de l'analyse air-santé, il ne peut être fait abstraction de l'ensemble des sections autoroutières du domaine d'étude, même si elles ne sont pas concernées directement par le projet de prolongement.

Le tableau suivant indique la densité moyenne de population des villes du secteur d'étude.

Tableau 3 : Densité de population moyenne du secteur d'étude

Commune	Densité (hab./km ²)
Noisy-le-Sec	7558
Romainville	7128
Montreuil	11121
Fontenay-sous-Bois	9116
Rosny-sous-Bois	6900

Compte tenu du trafic moyen journalier annuel¹ pour tous les horizons d'étude sur le domaine d'étude et de la densité de population des zones concernées par le projet², l'étude à effectuer est de type II quel que soit l'horizon d'étude.

¹ Données de trafic issues des simulations d'affectation de CDVia et des données de comptages disponibles du département de la Seine Saint-Denis

² Données INSEE pour les Enquêtes annuelles de recensement de 2004 à 2006

I.3. SYNTHÈSE DE LA METHODOLOGIE

FLUIDYN utilise le logiciel *fluidyn-PANROAD* développé par TRANSOFT International pour réaliser une série de modélisations ayant pour but de représenter, dans le cadre de cette étude, les niveaux de pollution atmosphérique dus au trafic des différents tronçons du secteur d'étude.

Trois situations sont retenues pour la simulation :

- la situation initiale à l'horizon 2012,
- la situation de référence à l'horizon 2020 sans projet de prolongement du T1,
- la situation à l'horizon 2020 avec projet de prolongement du T1.

La simulation des processus, intervenant dans le transport et la dispersion des polluants dans l'atmosphère, nécessite de prendre en considération plusieurs paramètres. Il s'agit :

- de la topographie et la rugosité de l'aire d'étude selon les différents types d'occupation au sol,
- des sources d'émission que constituent les routes,
- des conditions météorologiques.

Les polluants traités sont les polluants les plus fréquents émis par les véhicules à moteur. Il s'agit des composés suivants (cf Annexe A pour la sélection des indicateurs de la pollution atmosphérique et les valeurs réglementaires européennes et françaises en vigueur pour la qualité de l'air):

- Oxydes d'azote (NO_x soit NO et NO₂),
- Monoxyde de carbone (CO),
- Composés organiques volatiles (COV),
- Benzène (C₆H₆),
- Particules de taille 10 µm (PM10),
- Dioxyde de carbone (CO₂)

La comparaison des résultats obtenus pour les horizons « 2020 sans T1 » et « actuel 2012 » permet d'évaluer l'impact combiné des évolutions de trafic dans le domaine d'étude et des évolutions de technologies des véhicules sur les concentrations dans l'air des indicateurs retenus de la pollution liée au trafic. La comparaison des résultats obtenus pour les horizons « 2020 sans T1 » et « 2020 avec T1 » permettra d'évaluer l'impact sur la qualité de l'air des trafics engendrés par l'implantation du projet de prolongement du T1.

Le déroulement de l'étude se fait en 7 phases successives :

- 1) Récolte des données d'entrée nécessaires à la réalisation (trafic, carte IGN, tracé du projet, rose des vents...)
- 2) Réalisation du modèle numérique de terrain (MNT)
- 3) Choix et mise en place des différents termes source
- 4) Maillage du domaine de calcul
- 5) Simulation des champs de vents et des dispersions des différents scénarii
- 6) Analyse et synthèse des résultats (cartographie des concentrations, comparaison aux seuils de référence, calcul des IPP, des coûts collectifs, comparaison des horizons)
- 7) Rédaction du rapport d'étude

II. MODELISATION PHYSIQUE

II.1. OUTIL NUMERIQUE

Le logiciel utilisé, *fluidyn-PANAIR* avec son module *fluidyn-PANROAD*, simule la dispersion des polluants à l'aide de la résolution tridimensionnelle des équations de la mécanique des fluides (équations Navier-Stokes). Il résout successivement :

- la conservation de la masse,
- la conservation de la quantité de mouvement,
- la conservation de l'énergie,
- la turbulence atmosphérique.

Cette résolution s'effectue sur un maillage dit 'curviligne non uniforme imbriqué' qui a la particularité d'épouser les dénivellations du relief afin de prendre en compte ses effets sur la dispersion et de détailler les zones du secteur d'étude les plus importantes.

Dans le cas de cette étude, l'influence du relief n'est sans doute pas négligeable puisque la topographie varie entre 40 et 125 m pour un terrain présentant un brusque dénivelé vers la place Carnot à Romainville puis de Montreuil vers Fontenay-sous-Bois. Il est donc essentiel pour le maillage de pouvoir suivre le terrain suivant ces courbes.

Par ailleurs, la rugosité du terrain, effet des modes d'occupation des sols sur le champ de vent, est aussi modélisée en fonction des zones traversées (zones urbaines, terrain nu...). Elle a essentiellement pour conséquence de ralentir par frottement les vitesses du vent près du sol.

Enfin, *fluidyn-PANROAD* est doté d'un modèle de turbulence atmosphérique élaboré. Il permet de modéliser le développement de la turbulence dans la couche limite et donc de quantifier les agents turbulents responsables de la diffusion des polluants.

II.2. DESCRIPTION DU MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN

L'environnement physique du site comporte une géographie marquée par le relief vers l'Ouest du domaine (plateau de Romainville et le Nord de Montreuil), des variétés de bâtis dont certains immeubles de grande hauteur, ou isolés. Ces éléments imposent un traitement par la modélisation 3D de la dispersion pour la quantification de la qualité de l'air locale. La première phase de modélisation consiste en la construction d'un modèle numérique de terrain représentatif de l'occupation des sols du domaine d'étude.

Le projet de prolongement du T1 s'accompagne de modifications de tronçons routiers comme la requalification de l'A186 en avenue paysagère et la mise en sens unique du boulevard Henri Barbusse à Romainville ce qui auront pour conséquence des réaffectations de trafic sur les tronçons alentours.

II.2.1. Relief

Afin de tenir compte des effets numériques aux limites, la bande d'étude a été élargie au-delà du domaine d'étude. Le domaine s'étend sur plus de 9 km en longueur et 7 km en largeur.

La topographie marquée de la zone à l'Ouest au niveau du plateau de Romainville et au niveau de Montreuil a été prise en compte à partir des courbes d'altitudes issues de la BDTopo¹.

La figure suivante donne une représentation 3D du domaine modélisé.

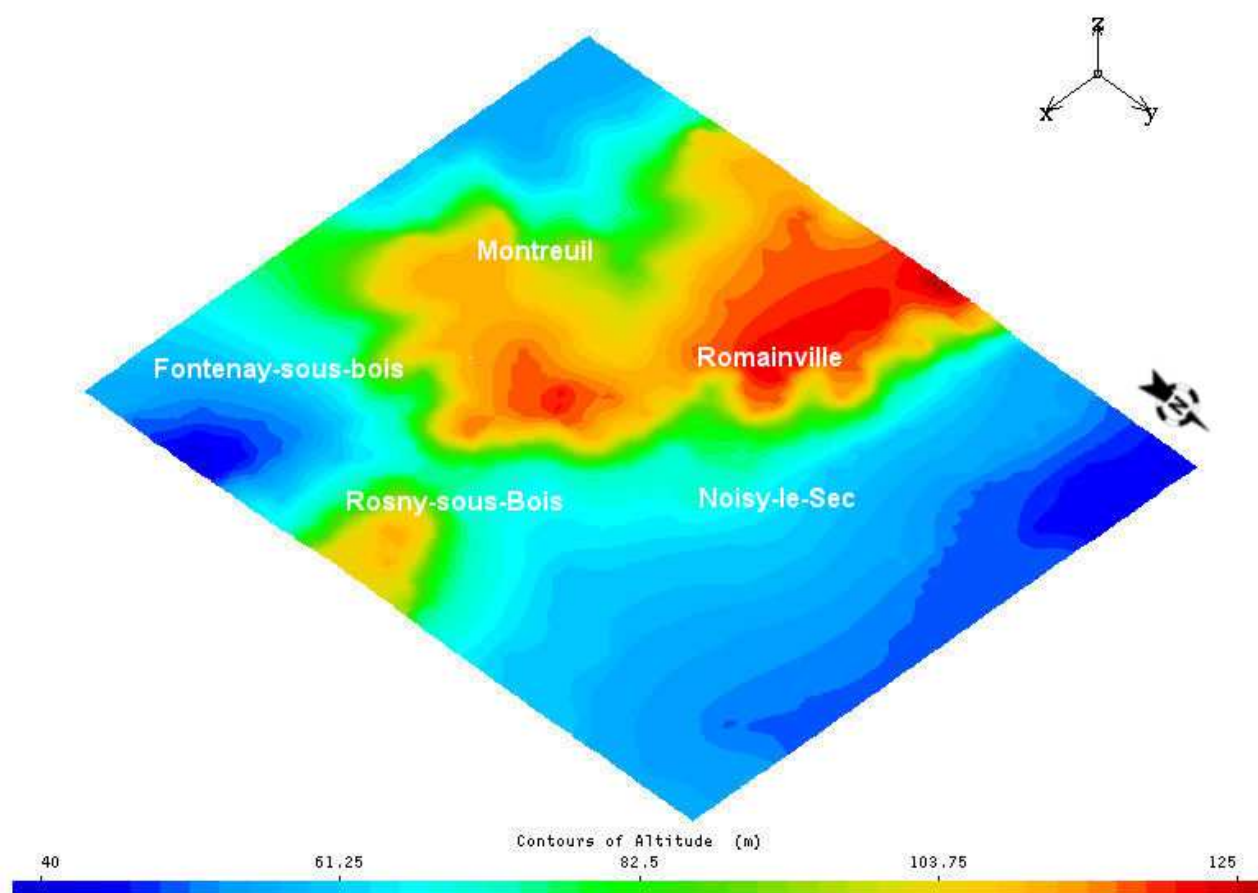


Figure 1 : Contours d'altitude en vue 3D



Figure 2 : Extrait de la BDTopo sur Noisy-Le-Sec

A chaque zone correspond un coefficient de rugosité, sachant que le terrain en lui-même est préalablement affecté d'une rugosité moyenne sur l'ensemble du domaine. Dans le cas de l'étude du prolongement du T1, l'environnement fortement urbanisé impose la mise en place de zones de bâtis de hauteur moyenne sur chacune de ces zones.

Le modèle contient au total :

- 184 zones urbaines de hauteurs variables (10 à 20 m),
- 83 courbes d'altitudes,
- 176 tronçons routiers.

La figure suivante représente le modèle numérique de terrain qui contient les éléments pré-cités.

II.2.2. Bâtiments et zones d'habitations

A partir des informations issues de la BDTopo, les éléments surfaciques du terrain ont été introduits, permettant de prendre en compte l'occupation des sols sur le domaine d'étude. La figure suivante est un extrait des fichiers de la BDTopo zoomé sur Noisy-le-Sec.

¹ BD TOPO® - IGN - PARIS – 2006 Source : Département de la Seine Saint-Denis /DVD

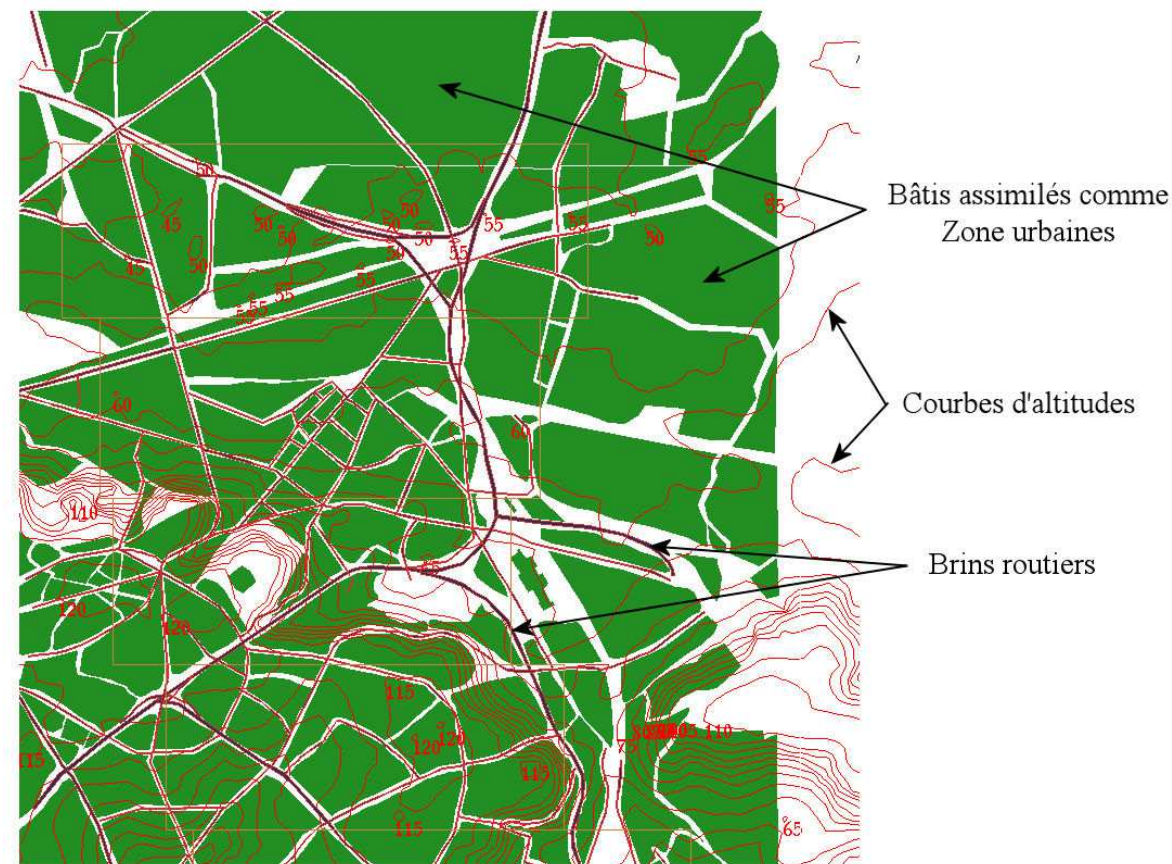


Figure 3 : Modèle numérique de terrain

II.2.3. Tronçons routiers

A partir des informations fournies par la BDTopo, les tronçons routiers présents dans le domaine d'étude ont pu être localisés et intégrés sur la maquette numérique de terrain. Les données de trafic ont pu être extraites sur l'ensemble des tronçons routiers sélectionnés à partir de l'étude¹ réalisée par le bureau d'étude CDVia pour le compte du département de la Seine Saint-Denis.

Le modèle numérique contient 176 brins routiers, sources d'émission de polluants. Différents axes définissant entre autres le secteur considéré pour cette étude sont listés ci-après :

- la RD 117 (Rue Jean Jaurès et rue Anatole France) à Noisy-le-Sec,
- la RD 116 (Rue de Brément et rue Paul Vaillant Couturier) à Noisy-le-Sec,
- la RD 40 (Rue du Parc) à Noisy-le-Sec,
- la RD 41 (Boulevard Michelet) à Noisy-le-Sec,
- la RD 36bis (Boulevard Henri Barbusse) à Romainville,
- la RD40 (Route de Montreuil) à Montreuil,
- l'ex RN302 (Boulevard Aristide Briand) à Montreuil,
- l'A 186 à Romainville et Montreuil,
- la RD41 (Boulevard Théophile Sueur) à Montreuil,
- des voies communales (rue de la Côte du Nord et des Ruffins) à Montreuil,
- L'A86 et l'ex RN186 (Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny) à Rosny-sous-Bois et Fontenay-sous-Bois

¹ « Etudes générales de déplacements, Elaboration du modèle statistique pour la circulation générale, Analyses des simulations » réalisée par le bureau d'étude CDVia dans le cadre des études concernant le prolongement du Tramway T1

La figure suivante présente la répartition des brins routiers dans le domaine de calcul puis sur le fond de carte IGN.

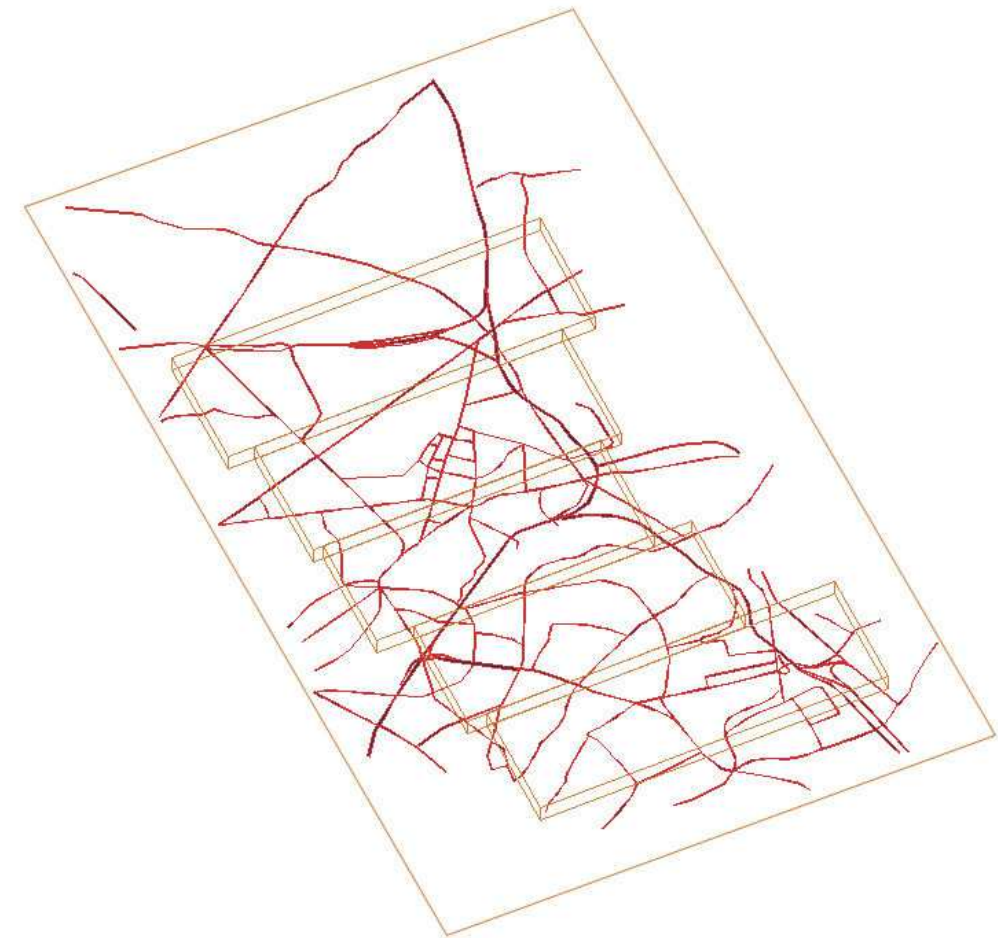


Figure 4 : Brins routiers modélisés en vue 3D

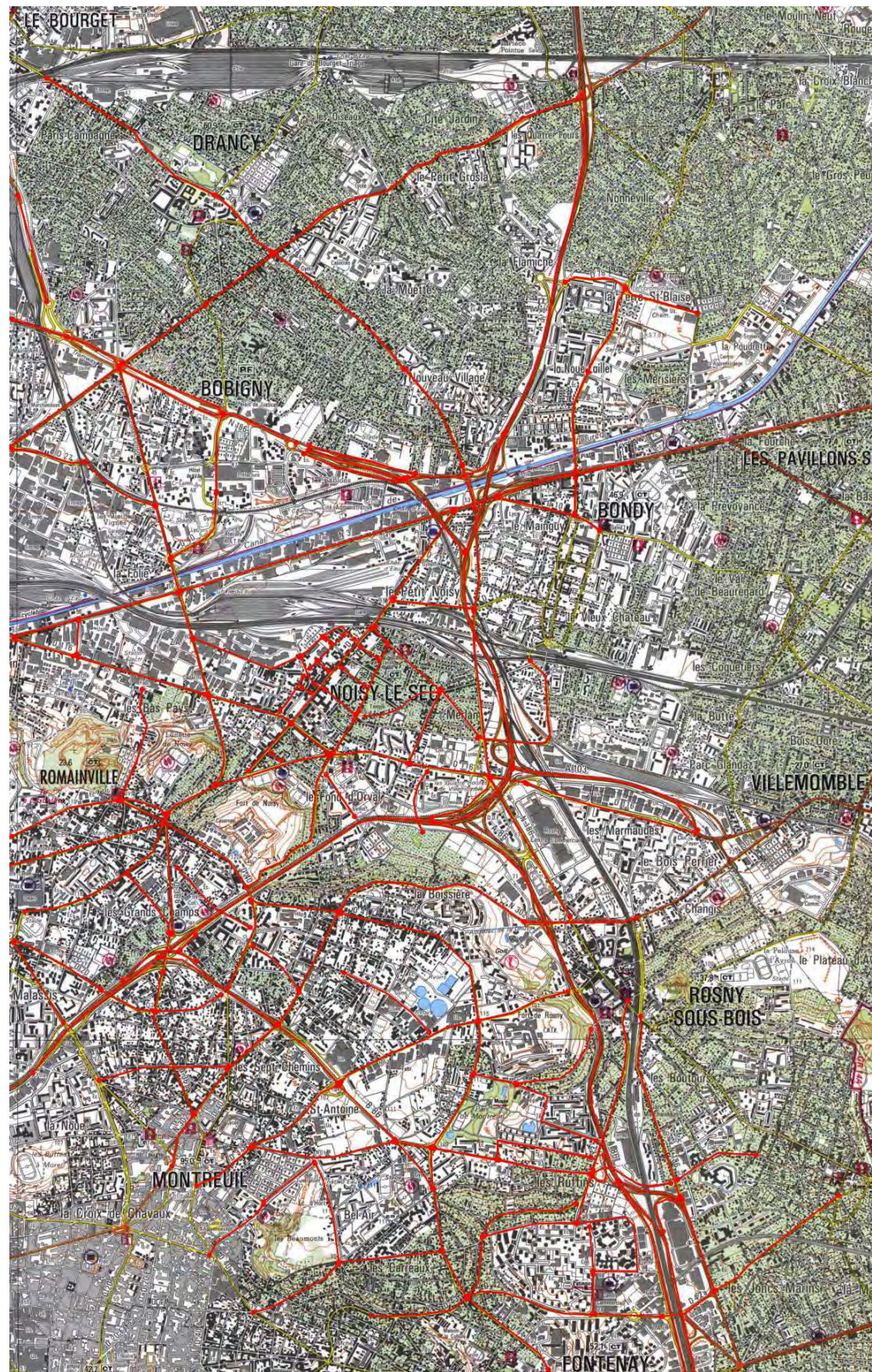


Figure 5 : Réseau routier modélisé

II.3. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les vecteurs de transport et de diffusion des polluants atmosphériques sont l'air et ses mouvements. Il est donc primordial de bien définir les conditions météorologiques à simuler. Celles-ci sont ensuite appliquées aux limites du domaine de calcul, et c'est le logiciel qui, par résolution des équations de la mécanique des fluides, va définir le champ de vents (vitesse et direction) en tout point du domaine. Le calcul étant tridimensionnel, les conditions météorologiques sont différentes en fonction de l'altitude et se trouvent sous l'influence du modèle de terrain : influence des bâtiments, des zones urbaines, du relief, des champs.

Dans le cadre d'une étude d'impact pour une infrastructure routière, il est important d'utiliser un nombre suffisant de conditions météorologiques afin d'être représentatif d'une situation moyenne. C'est pourquoi la méthodologie repose donc sur la construction des expositions en moyenne annuelle par sommation pondérée des résultats obtenus pour les conditions de vent choisies. Les expositions maximales sont obtenues par examen individuel des concentrations pour chaque condition.

Le travail de sélection des conditions météorologiques pour la simulation a été effectué à partir de la rose de vents du Bourget en Seine Saint-Denis. Elle résulte des données enregistrées entre 1991 et 2010 et regroupe au total 54 conditions.

Les vents pris en compte sont les vents de forces comprises entre 1.5m/s et 8m/s. Les vitesses de vent supérieures à 8m/s n'ont pas été prises en compte en raison de leur faible fréquence d'occurrence (moins de 2.6% au total). Les vents inférieurs à 2m/s (fréquence < 15.5%) ont été intégrés sur l'ensemble de la rose des vents par pondération des fréquences d'occurrence des directions. La fréquence des vents modélisés représente au total 83.2% de la rose des vents. Celle-ci a été ensuite extrapolée sur un total de 100%.

Le tableau suivant liste les 30 conditions retenues en précisant leur direction et vitesse de vent ainsi que leur fréquence d'occurrence.

Tableau 4 : Conditions météorologiques retenues pour les simulations

Condition	Direction (°N)	Vitesse de vent (m/s)	Fréquence d'occurrence (%)
1	20	3	7.33
2	40	3	3.49
3	60	3	3.61
4	80	3	3.61
5	100	3	2.28
6	120	3	1.68
7	140	3	2.4
8	160	3	3.24
9	180	3	3.24
10	200	3	2.4
11	220	3	3
12	240	3	5.17
13	260	3	5.29
14	280	3	3.12
15	300	3	3.12
16	320	3	3.36
17	340	3	4.21
18	360	3	7.33
19	20	6.25	2.4
20	40	6.25	1.32
21	60	6.25	1.2
22	160	6.25	1.21
23	180	6.25	3.01
24	200	6.25	3.13
25	220	6.25	4.1
26	240	6.25	4.69
27	260	6.25	3
28	280	6.25	1.32
29	360	6.25	1.32
30	20	1	1.41
31	240	1	1.51
32	260	1	1.25
33	360	1	1.25

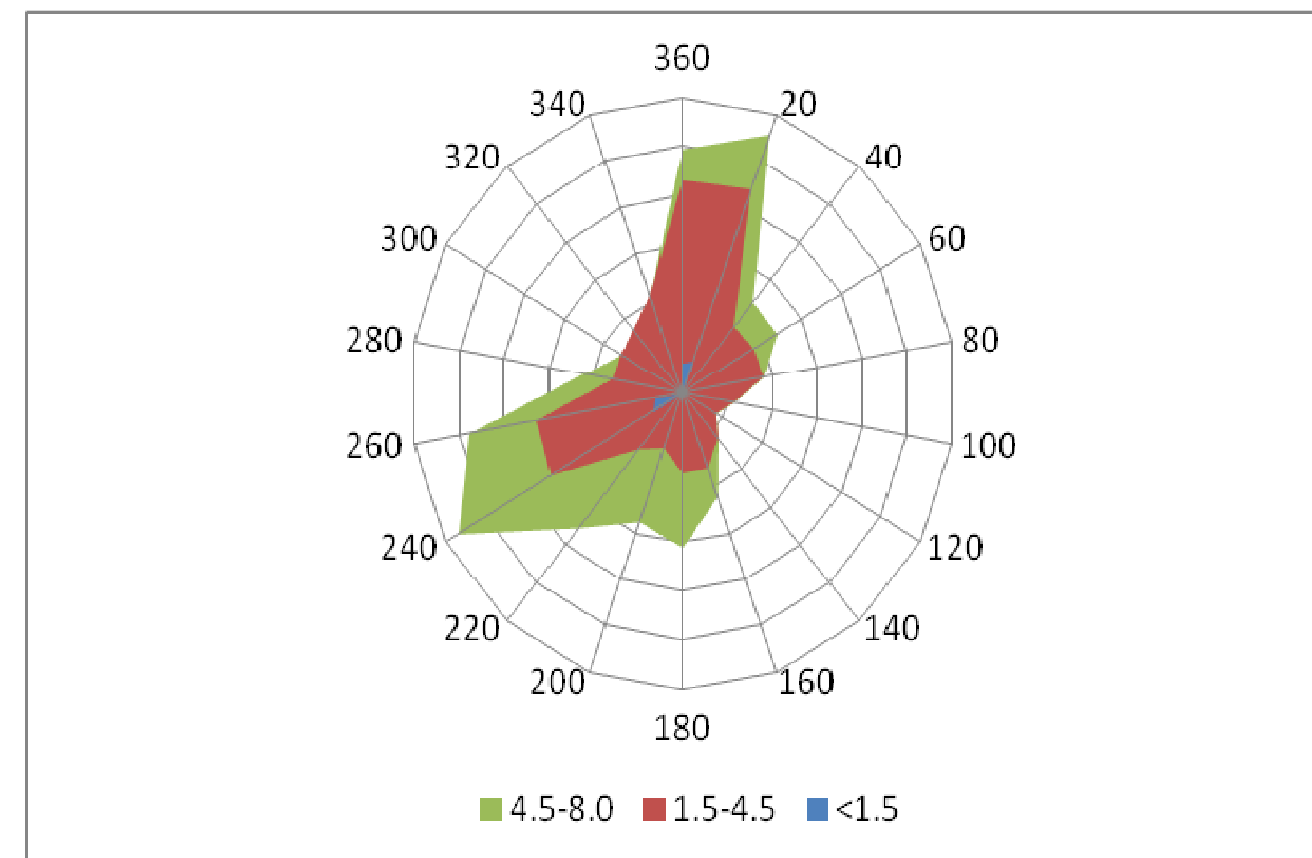


Figure 6 : Rose des vents reconstituée

Les autres paramètres météorologiques concernent la pression, la température, l'humidité, le couvert nuageux et les profils verticaux de vitesse et température. Ces paramètres ont été choisis conformément aux préconisations du « Guide des études d'environnement Air à destination des bureaux d'études » édité par le CERTU. Ces valeurs sont détaillées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Paramètres météorologiques pour la simulation de la situation moyenne

Pression	1013 mbar
Profil vertical de vent	Loi logarithmique
Humidité	75 %
Température	11°C
Gradient thermique vertical	Loi logarithmique

II.4. EMISSIONS ET CONSOMMATION ENERGETIQUE

II.4.1. Emissions de polluants liés au trafic routier

L'ensemble du réseau modélisé est réparti en tronçons (portions de routes homogènes en terme de trafic et de vitesses). Les tronçons sont considérés comme sources de polluants de type linéaires.

-Facteurs d'émissions :

Le calcul des émissions de polluants atmosphériques par les véhicules est basé sur les données issues de COPERT IV. La méthodologie de COPERT IV fait partie du « EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook » pour le calcul des émissions de polluants atmosphériques et est compatible avec les lignes directrices du GIEC de 2006.

Le calcul s'appuie sur l'évolution du parc automobile français et de son évolution élaboré par l'INRETS. En termes d'évolution, il faut comprendre renouvellement du parc automobile et développement des technologies permettant de réduire l'émission de polluants. Les émissions sont ensuite calculées grâce à une base de données pour chaque catégorie de véhicules prenant en compte, entre autre, la vitesse et le pourcentage de véhicules roulant à froid.

En adaptant ces données à l'horizon d'étude, au flux de véhicules, à leur vitesse moyenne ainsi qu'à la longueur du tronçon étudié, le logiciel quantifie la consommation énergétique et les émissions de polluants induites pour chaque tronçon par horizon.

- Données de trafic

Une cartographie des TMJA (trafic moyen journalier annuel) des principaux axes routiers du département avec des données de 2007 à 2010 a été utilisé pour définir les flux horaires de véhicules de l'état initial a été fournie par le CG93. Ils ont été complétés par des données de campagnes de comptage du département de la Seine Saint-Denis en 2005, 2006 et 2010 pour des brins secondaires. Le pourcentage de poids lourd est fourni par ces cartographies, pour les brins où cela n'est pas disponible, une valeur par défaut de 5 % est retenue.

Les données de comptages fournissent des flux de véhicules pour l'heure de pointe du matin (HPM) et l'heure de pointe du soir (HPS) sur la durée de la campagne. Pour calculer les TMJA nous avons utilisé la formule suivante :

$$TMJA = \left(\frac{HPM + HPS}{2} \right) * 10$$

Pour les horizons futurs en 2020, avec et sans prolongement de la ligne de tramway, le CG93 a fourni des études de projection de trafic réalisé par CD Via en 2011 permettant d'avoir directement les TMJA. Le pourcentage de poids lourd retenu pour ces horizons est le même que pour l'état initial.

Les vitesses moyennes de circulation retenues sur les tronçons retenus dans la zone d'étude ont été fournies par le département de la Seine Saint-Denis :

- sur les voies non autoroutières : 30km/h
- sur les autoroutes : 70km/h

Le choix des vitesses s'est orienté sur la base des limites réglementaires de circulation et sur la réalité des vitesses moyennes de circulation des tronçons de la zone d'étude. Dans l'intervalle des vitesses réalistes sur chaque typologie de voie, les vitesses les plus défavorables en termes de rejet de polluants routiers, c'est-à-dire majorantes en termes de débit d'émissions, ont été sélectionnées.

Ces données permettent d'évaluer la consommation énergétique ainsi que les émissions de chaque brin polluant par polluant.

- Emissions de CO₂

Le calcul des émissions de CO₂ ultime⁽¹⁾, pour la totalité du réseau routier étudié, a été effectué en utilisant les facteurs d'émission et les consommations énergétiques du programme COPERT et en supposant que la totalité du carbone contenu dans les carburants est transformé en CO₂. Les émissions de CO₂ ultime sont obtenues grâce à la formule suivante :

$$M_{CO_2} = 44,011 \times \left(\frac{M_{fuel}}{12,011 + 1,008 \times R_H \frac{H}{C}} \right)$$

où $R_H \frac{H}{C}$ est le rapport du nombre d'atomes d'hydrogène sur celui du carbone contenu dans les carburants. Ces rapports, proposés par l'ancienne version COPERT III sont de :
1,8 pour l'essence,
2,0 pour le Diesel.

- Emissions moyennes totales

Les émissions moyennes des polluants sur l'ensemble du réseau routier sont estimées par la formule suivante :

$$E_{tot} = \sum_{troncon=1}^6 (E_{troncon} \times L_{troncon})$$

Les émissions moyennes des différents polluants (en kg/j) pour l'ensemble du réseau routier retenu (176 brins) dans la zone d'étude pour les trois horizons sont données dans le tableau 6.

Tableau 6 : Emissions moyennes journalières des différents polluants pour le trafic routier

Horizon	Emissions [kg/j]							
	CO	COV	NOx	PM 10	CO2	Cd	Ni	C6H6
H1	1626	454	1323	102	704038	0.00269	0.0214	26.36
H2	1774	493	1438	111	765633	0.00292	0.0234	28.58
H3	1764	490	1431	110	761329	0.00291	0.0232	28.41

En comparant les horizons futurs 2020 à l'horizon 2012, les émissions subissent une augmentation globale entre 7 et 9%. Ceci est due au fait que les trafics engendrés pour les horizons futurs 2020 sont plus importants que l'état initial (2012). Les normes de plus en plus sévères sur les émissions des véhicules neufs, les spécifications des carburants et l'évolution de la technologie des moteurs, estimés plus performants et propres dans les années à venir, ne compensent pas l'augmentation du nombre de véhicules dans le parc moyen.

⁽¹⁾ Les émissions de CO₂ ultime sont obtenues en considérant que le contenu en carbone des carburants est totalement oxydé en CO₂.

Les émissions calculées entre H2 (2020 sans prolongement de T1) et H3 (2020 avec prolongement de T1) restent quasi identiques et on constate peu de variations sur la zone d'étude à l'exception des axes situés à proximité directe du futur tracé du prolongement du T1. Sur ces axes, on observe ainsi des variations relatives d'émissions comprises entre - 100 % et + 150 % qui peuvent être décrites de la façon suivante :

- une baisse des émissions sur certains brins qui longent la ligne de prolongement consécutive à des modifications d'aménagement de la voirie. Cette baisse s'explique par une restriction de la capacité pour le trafic routier ou des phénomènes de report modal du routier vers le prolongement du T1.
- une hausse sur certains brins consécutive à l'effet conjugué des modifications d'aménagement apportées aux voiries dans le secteur du prolongement du T1 et à la demande de rabattement sur les gares de desserte du futur prolongement du T1 liée au report modal du routier vers le prolongement du T1.

Ces effets se compensent toutefois, pour aboutir à une très légère baisse (de l'ordre de 0.5 à 0.62% selon les polluants) des émissions totales dues au trafic routier sur le domaine à l'horizon « 2020 avec prolongement du T1 » par rapport à l'horizon « 2020 sans prolongement du T1 ». Cette tendance à la baisse des émissions peut s'expliquer par la légère baisse entre les horizons « 2020 sans prolongement du T1 » et « 2020 avec prolongement » du trafic prévue par les études prospectives de trafic réalisées à la demande du département de la Seine Saint-Denis.

On peut donc conclure qu'il n'y a pas de modification notable des émissions de polluants atmosphériques, à l'échelle du domaine étudié (7km x 9km environ), consécutivement au prolongement du T1 entre Bobigny et Val de Fontenay.

La figure suivante représente l'évolution des émissions routières de H2 et H3 en pourcentage par rapport aux émissions routières de H1.

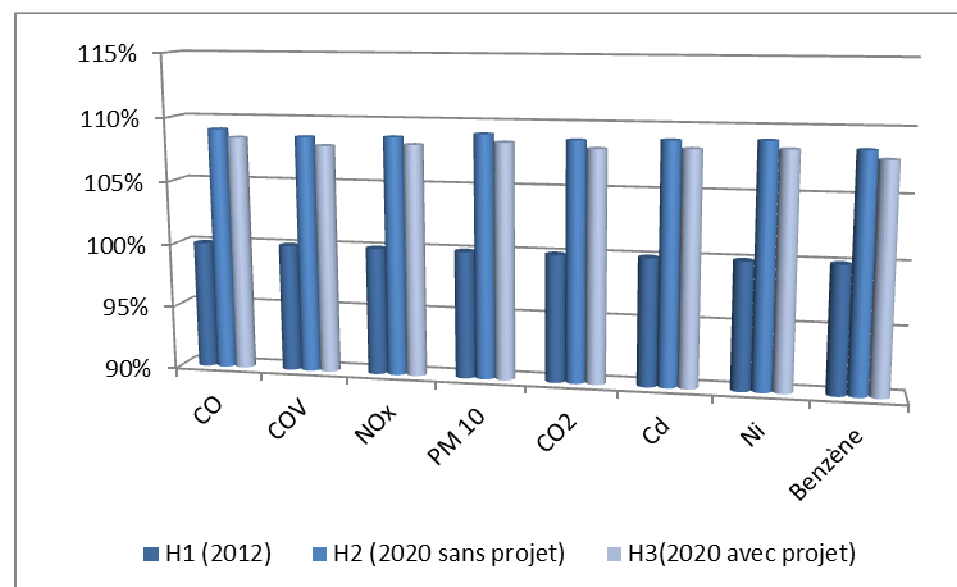


Figure 7 : Pourcentage d'émissions par rapport à l'état initial

II.4.2. Consommation énergétique

Le tableau 7 présente les consommations énergétiques totales (en kg/j) calculées à partir des données de trafic moyen du réseau routier.

Tableau 7 : Consommations énergétiques totales journalière

Horizon	Consommation énergétique [kg/j]
H1(2012)	223147
H2 (2020 sans prolongement du T1)	242670
H3 (2020 avec prolongement du T1)	241305

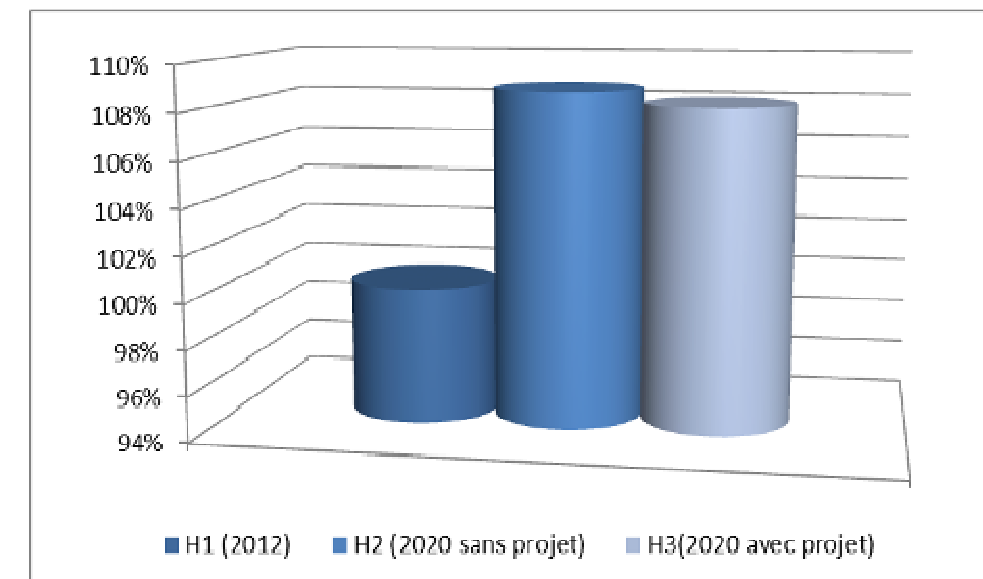


Figure 8 : Consommation énergétique selon les horizons

On observe globalement les mêmes évolutions que pour les polluants :

- Entre l'état initial et les horizons futurs est constatée une augmentation de presque 9% pour H2 et 8% pour H3. L'augmentation du nombre de véhicule n'est pas compensée par l'augmentation du rendement énergétique des moteurs.
- Entre les états futurs, le scénario avec prolongement du T1 est légèrement inférieur au scénario sans prolongement du T1 (-0.56%) pour les mêmes raisons que les polluants.

II.1. SIMULATION

II.1.1. Paramètres du modèle

La turbulence est l'irrégularité du mouvement de vent caractérisée par le croisement des trajectoires des masses d'air, et modélisée par la superposition d'une fluctuation irrégulière et aléatoire à l'écoulement moyen du vent.

On peut distinguer deux types de turbulence : la turbulence mécanique (tourbillons créés par la différence de vitesse des masses d'air ou par le mouvement de l'air qui entre en contact avec des objets), et la turbulence thermique (tourbillons créés par la différence de température des masses d'air dans la couche atmosphérique). Les modèles de turbulence sont au nombre de trois (k-diff, k-ε, k-L). Le modèle de turbulence k-ε, adapté pour le calcul des écoulements au-dessus de terrain de topographie complexe, a été utilisé lors des simulations. Ce modèle résout 2 équations dans le domaine : une pour l'énergie cinétique turbulente et une pour sa dissipation.

La rugosité modifie le régime des vents en ralentissant par frottement la vitesse du vent près du sol. L'action des forces de gravité peut être calculée par différentes méthodes selon les phénomènes impliqués. Le choix parmi les différentes méthodes (pas de force de gravité, modèle de flottabilité, modèle Boussinesq, gravité totale) est fait selon le cas à modéliser.

Les paramètres du modèle qui ont été utilisés lors des modélisations sont détaillés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Paramètres du modèle utilisés lors des simulations

Modèle de gravité	Pas de gravité	Les forces de gravité sont négligées.
Traitement à la paroi	Loi log	La forme du profil des vitesses au contact des obstacles est déterminée par une loi logarithmique. Ceci permet la prise en compte de la rugosité locale sur les forêts et zones urbaines. Pas de glissement au sol.
Modèle de turbulence	K-ε	Modèle à 2 équations adapté pour le calcul des écoulements au-dessus de terrain de topographie complexe.

II.1.2. Maillage

Une fois le modèle de terrain, les émissions et la météorologie définis, fluidyn-PANROAD construit un maillage imbriqué tridimensionnel structuré, curviligne (épousant étroitement le relief) et raffiné au niveau et autour des routes où une plus grande précision est nécessaire.

En effet, un maillage affiné au niveau des routes (sources d'émissions) et des éléments pouvant faire barrière à la dispersion ou la modifier fortement, permet de prendre en compte ces éléments et d'obtenir en ces points des valeurs précises de concentrations.

Les figures 9 et 10 donnent une représentation dans le plan horizontal respectivement du maillage fabriqué et une vue 3D de ce maillage sur l'ensemble du domaine.

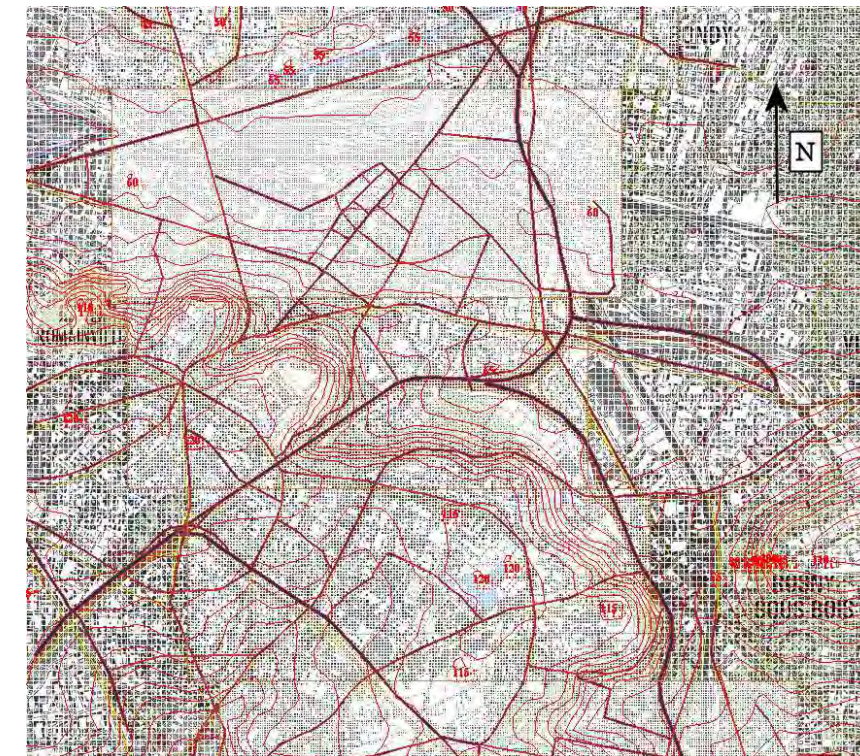


Figure 9 : Maillage horizontal

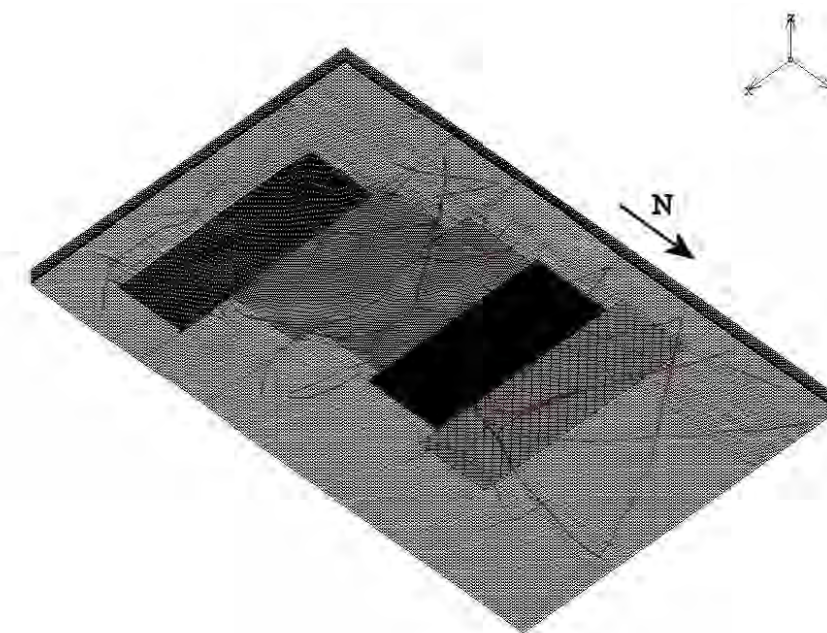


Figure 10 : Maillage en vue 3D

Le nombre de mailles dans le domaine est de 2 000 000 réparties suivant les trois directions de l'espace. Les mailles les plus fines sont principalement situées au niveau des secteurs routiers concernés par le projet de prolongement du T1.

II.1.3. Champs de vents

Pour chaque maillage et chacune des 33 conditions météorologiques, un champ de vent est calculé. Les figures suivantes illustrent le champ de vent pour la condition météorologique n°1. La première figure est une vue dans le plan horizontal du champ de vent à la hauteur de 10 m des vecteurs vitesse. La figure 14 donne la vitesse du vent dans chaque maille du domaine de calcul.

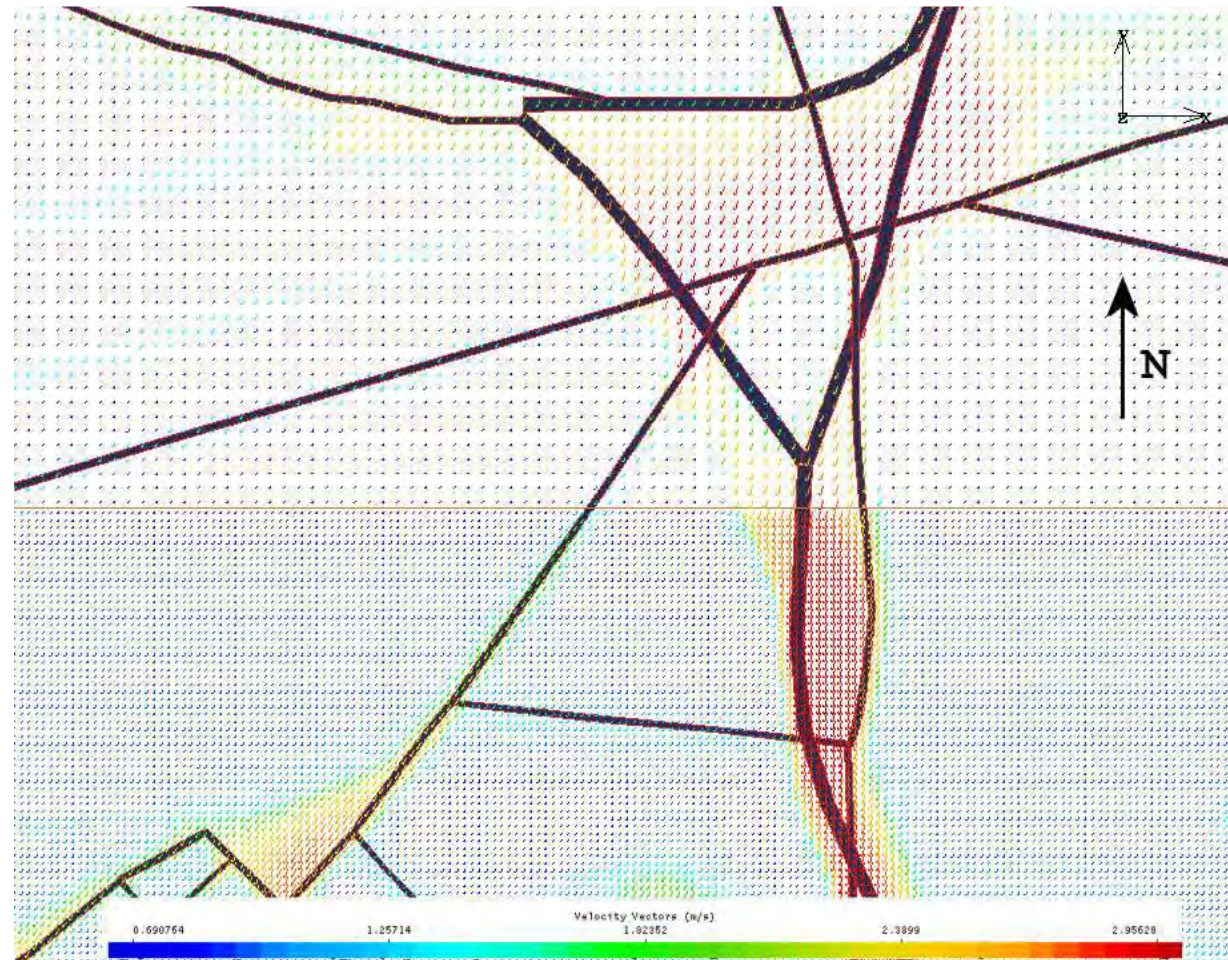


Figure 11 : Champ de vecteur vitesse zoomé pour l'état initial à une hauteur de 10 m

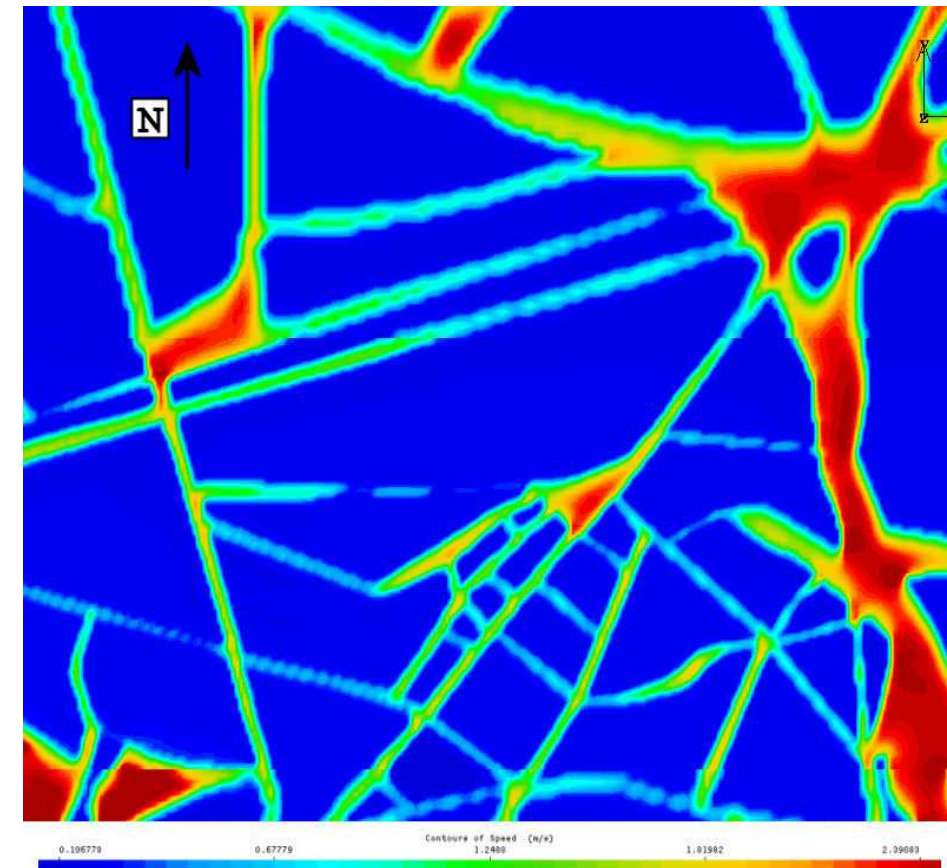


Figure 12 : Champ de vent pour l'état initial à 1,5 m de hauteur

II.1.4. Pollution de fond

A partir des conditions météorologiques et des émissions du trafic routier établies sur la base des données de trafic et des facteurs d'émission, les concentrations en moyennes annuelles sont modélisées en intégrant les concentrations de fond de la zone d'étude pour les différents indicateurs de pollutions sélectionnés.

Les conditions de pollution de fond ont été déterminées pour l'horizon 2012 à partir des études réalisées par Airparif¹ en 2007 et sont récapitulées dans le tableau suivant. Il a été choisi de garder l'année 2007 pour la pollution de fond de l'état initial afin d'avoir une cohérence temporelle avec la campagne de mesure in-situ de 2007 qui regroupe la majorité des points de mesure. La pollution de fond est répartie de manière uniforme dans l'ensemble du domaine de calcul.

Tableau 9 : Données pollution de fond prise en compte pour l'horizon 2012

Polluant	Concentration de fond 2012
NO ₂	64 µg/m ³
C ₆ H ₆	1.4 µg/m ³
PM ₁₀	29 µg/m ³
CO	400 µg/m ³

¹ « Bilan de la qualité de l'air en Seine Saint Denis en 2007 »

En l'absence de données précises sur l'évolution des émissions globales en polluants (contribution du trafic routier, du chauffage urbain et du tissu industriel) à l'horizon 2020, il est fait l'hypothèse majorante que les niveaux de fond restent constant dans le domaine d'étude entre 2011 (année pour laquelle des mesures de la pollution de fond en Ile de France sont disponibles) et 2020.

Les conditions de pollution de fond ont donc été déterminées pour l'horizon 2020 à partir des études réalisées par Air Paris¹ en 2011 et sont récapitulées dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Données pollution de fond prise en compte pour l'horizon 2020

Polluant	Concentration de fond 2020 (à partir des mesures en 2011)
NO ₂	59 µg/m ³
C ₆ H ₆	1.4 µg/m ³
PM ₁₀	27 µg/m ³
CO	300 µg/m ³

II.1.5. Présentation des résultats

Etant donnée la prise en compte statistique des données météorologiques au travers de la rose des vents, les valeurs obtenues par le calcul sont des valeurs moyennes annuelles. Pour pouvoir comparer les valeurs calculées aux valeurs des seuils et normes, les corrélations regroupées dans le « Guide des Etudes d'Environnement Air » sont utilisées.

- Pour le CO, le passage des concentrations moyennes à la concentration moyenne sur 8 heures s'effectue grâce à la formule suivante :

$$C_{\text{moy } 8\text{h}} = 5,02 \times C_{\text{moy}}$$

- Pour le NO₂, les émissions, et donc les dispersions, concernent la famille « NO_x ». Or, seule une partie des NO_x au sortir de l'échappement sera oxydée en NO₂. Le passage des concentrations en NO_x aux concentrations en NO₂ peut être effectué conformément aux préconisations du CERTU, grâce au graphique de croissance corrélé à la distance au point d'émission (centre des axes routiers, cf figure 13). Ce graphique est établi pour des routes sans obstacle à proximité.

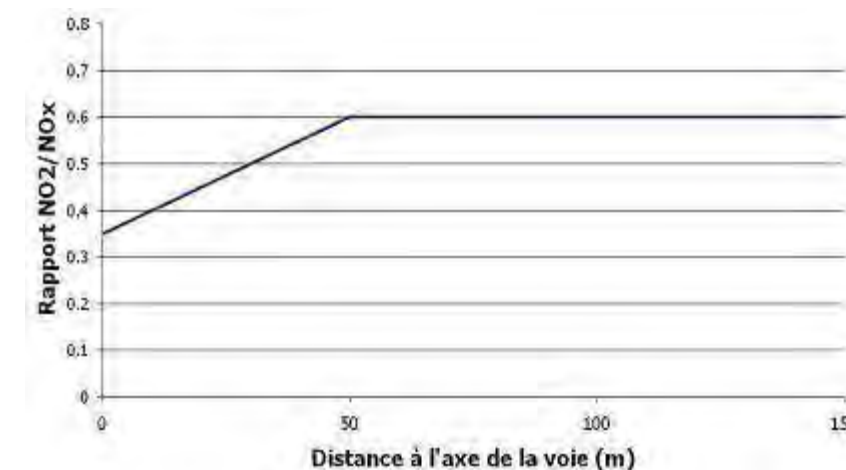


Figure 13 : Croissance des concentrations en NO₂ en fonction de la distance à l'axe de la route

En effet, à la sortie du pot d'échappement, on considère généralement que le mélange NO_x est composé à 80% de NO, et à 20% de NO₂. Le NO s'oxyde ensuite rapidement en NO₂ en prenant à l'ozone un atome d'oxygène (raison pour laquelle on ne trouve pas d'ozone à proximité des voies de circulation).

Les simulations ont été effectuées pour chacune des conditions de vent identifiées précédemment. Pour reconstituer les concentrations représentatives du site, les résultats obtenus ont été pondérés suivant la fréquence des vents et moyennés. Les résultats sont présentés sous forme de cartographies de concentrations. Les concentrations sont en µg/m³ sur un plan situé à 1,5 mètres de hauteur (hauteur d'homme).

L'échelle des couleurs va du bleu au rouge et a été établie de la façon suivante :

- Le rouge correspond au maximum de l'échelle,
- Le bleu correspond au minimum de l'échelle,
- Le maximum de l'échelle est le maximum atteint ou la valeur du seuil si celui-ci est atteint.

Pour les trois horizons, la pondération a été effectuée pour 33 conditions de vent suivant la rose des vents définie précédemment.

La validité des résultats produits par le logiciel fluidyn-PANAIK a été comparée d'un côté aux résultats des différents bilans de qualité de l'air en Ile de France et des observations faites sur les stations de proximité de trafic d'Air Paris en Seine Saint Denis et d'autre part aux résultats de la campagne de mesure réalisée sur 40 points dans le cadre de ce volet Air et Santé du projet de prolongement du T1 en 2007 et de la campagne de mesure réalisée sur 10 points en 2012.

¹ « Bilan de la qualité de l'air en Seine Saint Denis en 2011 » – Air Paris

III. RESULTATS DE DISPERSIONS

III.1. DISPERSION A L'HORIZON 2012 (H1)

III.1.1. Résultats des dispersions

Les images concernant l'horizon 2012, pour les concentrations à 1,5 m (hauteur d'homme) sont présentées en l'annexe C. Le tableau suivant présente les concentrations maximales en polluants dans le domaine d'étude en moyenne annuelle obtenues pour l'horizon 2012 état actuel. Les dispersions sont caractéristiques d'une situation annuelle.

Tableau 11 : Concentrations maximales en polluant pour l'état initial (2012)

H1	C6H6	CO	NO2	PM10	COV	Cd	Ni
Valeurs maximales ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.65	520.47	120.45	36.28	37.36	2.01E-04	1.58E-03
Seuil Objectif qualité décret du 15 février 2002 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	-	40	30	-	-	-
Seuil Valeur limite pour la protection de la santé humaine (2012) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	1992	40	40	-	-	-

Ainsi pour le dioxyde d'azote et les particules fines, la modélisation montre un risque réel de dépassement de la norme objectif qualité de l'air pour un certain nombre d'axes à fort trafic et carrefours de la zone d'étude qui font l'objet de dépassements locaux. Il en est de même pour le seuil de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du benzène. Les voies autoroutières comme l'A3, l'A86 et l'A186 sont concernées mais également la D117 et les intersections de la D116 et la D40, de la D116 et de la D117E à Noisy-le-Sec et l'ex N186 à Rosny-sous-Bois et l'Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny à Fontenay-sous-Bois. La valeur limite pour le benzène de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est respectée sur l'ensemble du réseau étudié. L'objectif qualité de l'air du Monoxyde de Carbone est très largement respecté même à proximité des sections à très fort trafic.

III.1.2. Campagnes de mesures 2007 et 2012

Dans le cadre du projet de prolongement du T1 entre Bobigny et Val de Fontenay le maître d'ouvrage doit suivre l'impact du projet en terme de qualité de l'air.

Les communes traversées par le nouveau prolongement du T1 à terme seraient Noisy-le-Sec, Romainville, Montreuil, Rosny-sous-Bois et Fontenay-sous-Bois. Le projet comprend la réalisation d'un double terminus « Pablo Picasso » à Bobigny et l'allongement des quais des stations existantes sur Bobigny et Noisy-Le-Sec.

Le département de la Seine Saint-Denis a chargé SEGIC Ingénierie de la réalisation du dossier d'enquête préalable à la déclaration d'enquête publique comprenant le dossier d'étude d'impact de ce projet. Conformément à l'article 29 de la loi sur l'air, le dossier doit comporter un volet « Air » correspondant à l'évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air dont Fluidyn est en charge.

A cette fin et conformément à la circulaire de 25 février 2005, il est prévu de réaliser des mesures de la pollution atmosphérique afin de qualifier l'état initial dans le secteur d'étude.

Conformément à la méthodologie CERTU-SETRA, les polluants à surveiller dans le cadre de cette campagne sont :

- le dioxyde d'azote : Le NO_2 est un indicateur classique de la pollution d'origine automobile. Il est mesuré sur de nombreux sites du réseau Airparif depuis plusieurs années. Toute évaluation des niveaux en NO_2 pourra être comparée aux normes européennes et nationales dont il fait l'objet.

-le benzène : Les hydrocarbures aromatiques monocycliques constituent une famille importante des composés organiques volatils (COV) présents dans les atmosphères urbaines. En ville, ce sont essentiellement les véhicules essence qui sont responsables des niveaux de pollution atmosphérique, de par les imbrûlés produits à la sortie de l'échappement et les phénomènes d'évaporation au niveau des différents organes du véhicule (réservoir, carburateur...).

Ces deux polluants sont des indicateurs reconnus de la pollution urbaine en général et plus particulièrement des émissions du trafic routier.

Ce choix est d'autant plus pertinent que les deux composés retenus sont également des polluants réglementés à l'échelle nationale et européenne, par ailleurs surveillés en Ile-de-France sur le réseau fixe d'AIRPARIF depuis plusieurs années.

III.1.2.1. Mise en œuvre de la campagne de mesures

La caractérisation de l'état initial est définie par une campagne de mesures sur site par tubes passifs. Selon la méthodologie CERTU, volet air, le NO_2 constitue un indicateur de référence pour la pollution par le trafic. Il sera également réalisé une série de mesures pour les BTEX (benzène et autres hydrocarbures tels que le toluène, l'éthylbenzène et le xylène).

La campagne comporte 40 points de mesures ponctuelles des NO_2 et Benzène : chaque point de mesures comporte 2 tubes NO_2 (mesure doublée) et un tube BTEX.

La photo suivante représente le positionnement des tubes sur un point de mesures :

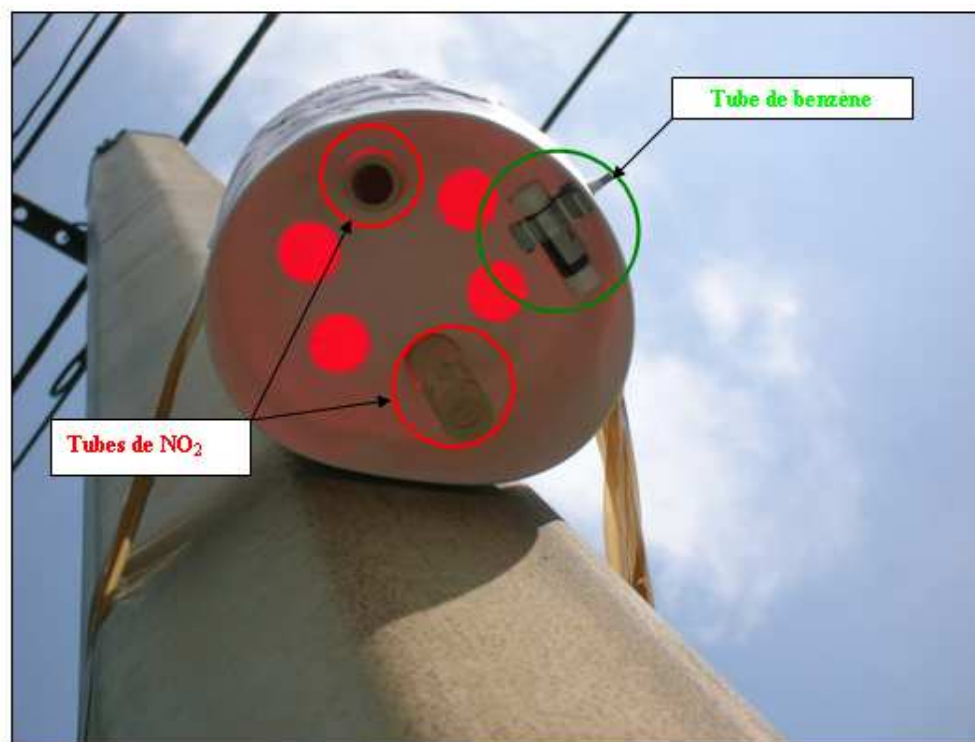


Figure 14 : Positionnement des tubes sur un point de mesure

Les mesures ont été réalisées sur une période de deux semaines du 19 novembre 2007 au 2 décembre 2007. Cependant lors de la dépose des tubes, il a été constaté le vol de matériel au niveau de 2 points (point n°31 et point n°12 – cf figure 18). Par conséquent, les mesures au niveau de ces deux points ont été renouvelées du 8 au 22 janvier 2008.

III.1.2.2. Matériel utilisé

La fourniture des tubes et l'analyse ont été réalisées par un prestataire partenaire (voir accréditation du prestataire en annexe B).

Les systèmes de prélèvement utilisés pour la mesure du dioxyde d'azote et du benzène sont des tubes passifs à diffusion. Le principe de fonctionnement de ce mode de prélèvement est basé sur celui de la diffusion passive des molécules sur un absorbant (support solide imprégné de réactif chimique) adapté au piégeage spécifique du polluant gazeux. La quantité de molécules piégées est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement.

☞ Diffusion axiale : Tube NO₂

Pour analyser le dioxyde d'azote, des tubes à diffusion passive longitudinale dits de « palmes » ont été utilisés. La photo suivante représente ces tubes :



Figure 15 : Tubes passifs pour mesurer les NO₂

Ce sont des tubes en plastique munis aux deux extrémités de bouchons en polyéthylène. L'un est blanc pour identifier l'emplacement des grilles en acier inoxydable qui servent de support à la solution de triéthanolamine (TEA). L'autre, rouge, est retiré au début de l'échantillonnage. La TEA est utilisée pour sa capacité à absorber le NO₂ : il réagit avec la solution pour donner principalement du N-nitrosodiéthanolamine. La figure suivante illustre ce type de tube :

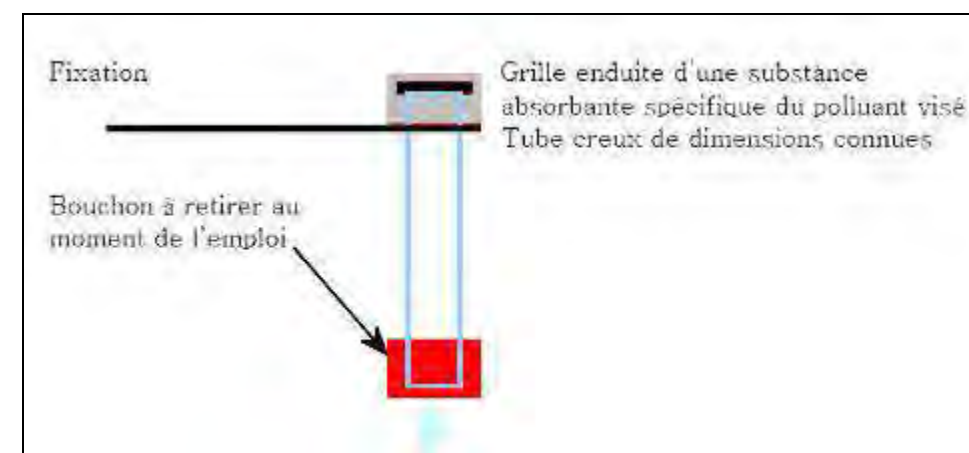


Figure 16 : Fonctionnement des tubes pour mesurer les NO₂

☞ Diffusion radiale : Tube BTEX

Les tubes passifs pour l'analyse des BTEX sont des cartouches composées de 2 parties. La photo suivante représente un tube :



Figure 17 : Tube pour mesurer les BTEX

La première partie est composée d'un corps diffusif permettant la diffusion homogène des composés vers la cartouche absorbante. Elle permet également de limiter l'influence du vent sur l'échantillonnage. La deuxième partie est la cartouche absorbante : tube en filet acier inoxydable rempli de charbon graphité. Les composés organiques volatiles dont le benzène sont piégés par adsorption.

III.1.2.3. Méthodologie

La réalisation de la campagne de mesures suit une procédure respectant 3 grandes étapes :

1. La préparation du plan d'échantillonnage : cette étape vise à délimiter la zone de l'étude et à déterminer avec précision le lieu où seront disposés les tubes passifs.
2. Les étapes d'installation et de désinstallation des tubes : le déclenchement des prélèvements sur le site de mesures s'est déroulé sur une courte période (1 journée maximum), ceci afin de veiller à la cohérence des résultats de mesures des différents sites, le niveau de pollution étant variable d'une journée à l'autre. La durée d'exposition des tubes a été d'environ 14 jours.
3. L'analyse en laboratoire des tubes.

Le choix de l'emplacement des tubes a été fait selon une analyse complète des données à la fois de terrain, trafic et des zones sensibles.

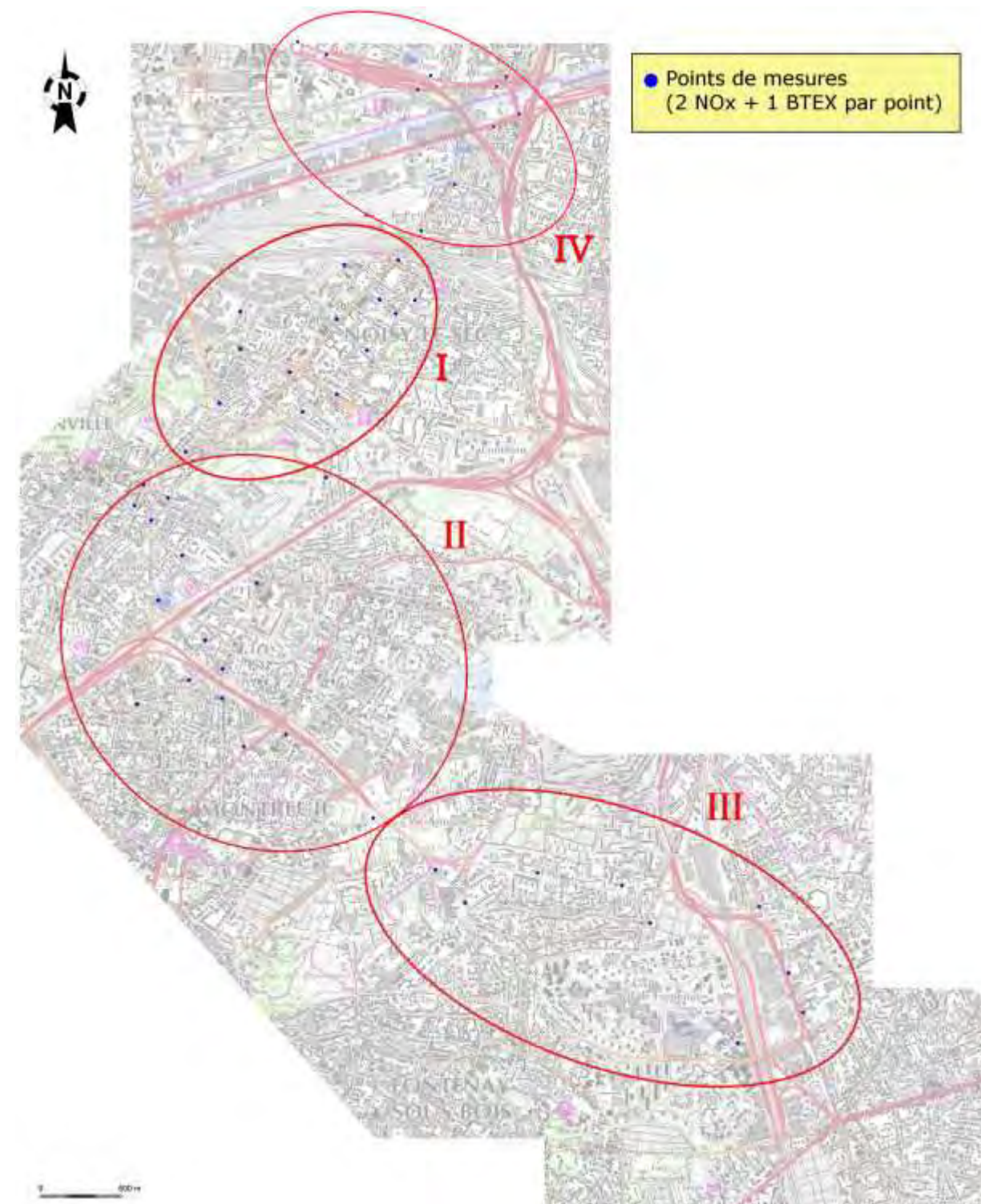
L'analyse s'est essentiellement focalisée sur :

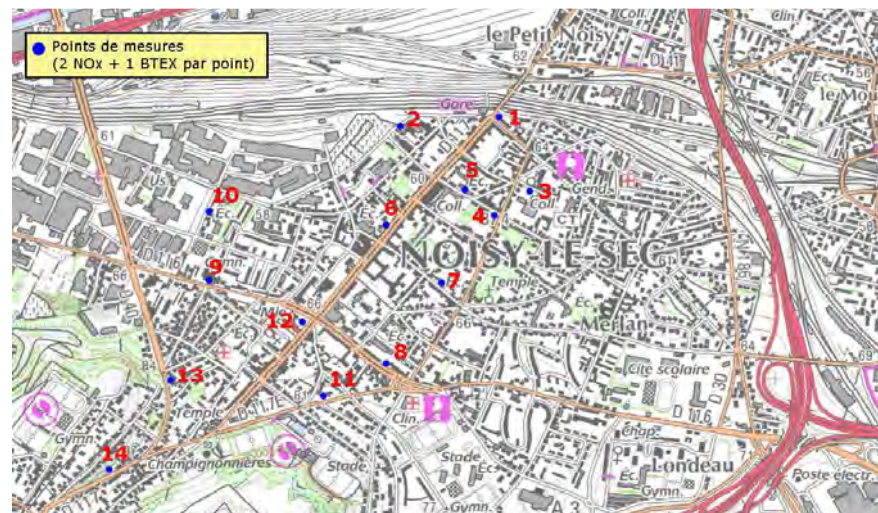
- La localisation des zones sensibles (ERP, habitat, école...)
- Les tracés des principaux brins routiers autour du projet de prolongement du T1 : Rue Jean Jaurès (Noisy-le-Sec), Boulevard Michelet (Noisy-le-Sec), Boulevard Henri Barbusse (Romainville), Rue de la côté du Nord (Rosny-sous-Bois)...
- Les modifications importantes de trafic sur certains secteurs prévues par l'étude trafic de CD Via : Boulevard Salengro (Noisy-le-Sec)...

En 2007, un total de 40 points de mesures a été implanté dans le secteur d'étude. Au total il y a donc 80 tubes NO₂ et 40 tubes benzène. En 2012, un total de 10 points de mesures a été implanté dans le secteur d'étude. Au total il y a donc 20 tubes NO₂ et 10 tubes benzène

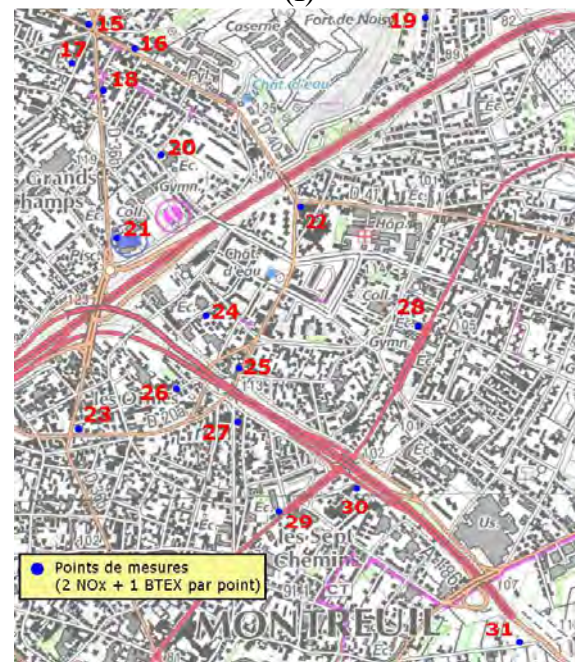
L'implantation des points a été choisie afin de quantifier à la fois l'impact positif et négatif du projet. La localisation des points de mesures a été finalisée en collaboration avec le département de la Seine-Saint-Denis.

La figure ci-après présente la localisation de ces points de mesures.





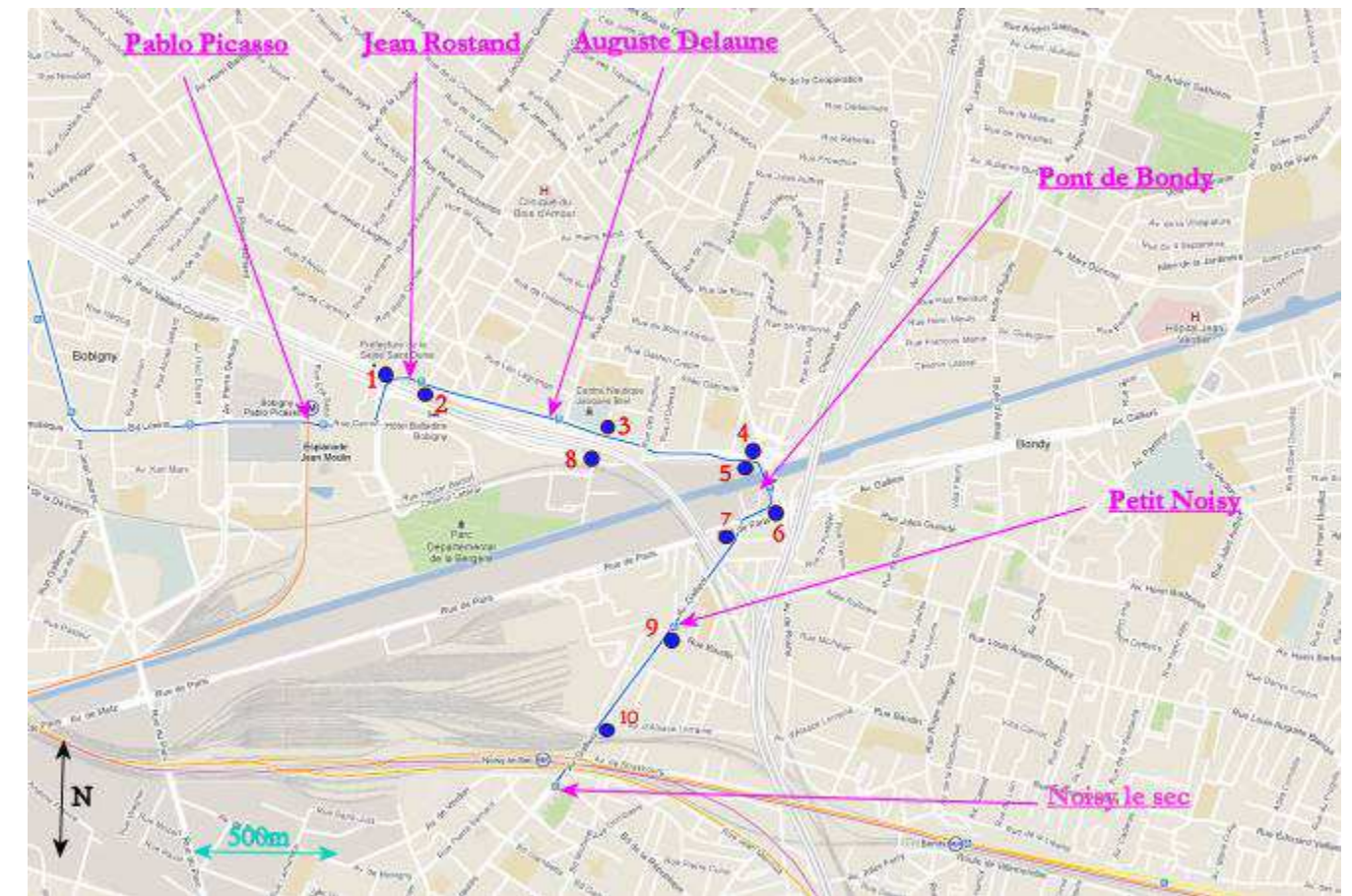
(I)



(II)



(III)



(IV)

Figure 19 : Localisation des 10 points de mesures 2012

Figure 18 : Localisation des 40 points de mesures 2007

Le tableau suivant présente les localisations et les commentaires pour chaque point de mesures.

Tableau 12 : Localisation des points de mesures 2007

N° du point	Localisation 2007	Commune
1	Près de la gare RER de Noisy-Le-Sec	Noisy-Le-Sec
2	Rue la gare	Noisy-Le-Sec
3	Collège – Rue de l’union	Noisy-Le-Sec
4	Croisement Boulevard Michelet et Boulevard Gambetta	Noisy-Le-Sec
5	Ecole – Boulevard Gambetta	Noisy-Le-Sec
6	Ecole – Rue Jean Jaurès	Noisy-Le-Sec
7	Ecole – Rue Henri Barbusse	Noisy-Le-Sec
8	Rue de Brément	Noisy-Le-Sec
9	Gymnase – Proche de la Place Jeanne d’ Arc	Noisy-Le-Sec
10	Ecole – Rue Lamartine	Noisy-Le-Sec
11	Rue Jules Auffret	Noisy-Le-Sec
12	Mairie de Noisy-Le-Sec	Noisy-Le-Sec
13	Intersection Rue du Parc et Rue de la Noseille	Noisy-Le-Sec
14	Rue Anatole France	Noisy-Le-Sec
15	Place Carnot	Romainville
16	Avenue Pierre Kerautret	Romainville
17	Ecole – Rue de la République	Romainville
18	Boulevard Henri Barbusse	Romainville
19	Rue Salengro	Noisy-Le-Sec
20	Ecole - Rue Jean Jaurès	Romainville
21	Collège - Boulevard Henri Barbusse	Romainville
22	Croisement Rue de Montreuil et Boulevard de la Boissière	Noisy-Le-Sec
23	Croisement rue des Gravieres et Boulevard Barbusse	Montreuil
24	Ecole – Rue Louis Aubin	Montreuil
25	Route de Montreuil	Montreuil
26	Rue des Ormes	Montreuil
27	Rue de Romainville	Montreuil
28	Ecole - Boulevard Aristide Briand	Montreuil
29	Ecole - Boulevard Aristide Briand	Montreuil
30	Rue Claude Bernard – Echangeur A86	Montreuil
31	Rue Saint-Antoine	Montreuil
32	IUT – Rue Anatole France	Montreuil
33	Ecole – Rue de la côte nord	Montreuil
34	Ecole – Rue des Ruffins	Montreuil
35	Boulevard Théophile Sueur	Montreuil
36	Intersection Avenue Victor Hugo et Rue Pierre Curie	Fontenay-sous-Bois
37	Intersection Rue Faidherbe et N186	Rosny-sous-Bois
38	Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny	Rosny-sous-Bois
39	Ecole- Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny	Rosny-sous-Bois
40	Gare Val de Fontenay	Fontenay-sous-Bois

Tableau 13 : Localisation des points de mesures 2012

N° du point	Localisation 2012	Commune
1	Préfecture - Avenue Paul Vaillant-Couturier	Bobigny
2	Arrêt Jean Rostand	Bobigny
3	Centre nautique - Avenue Paul Vaillant-Couturier	Bobigny
4	1-5 Avenue Edouard Vaillant	Bobigny
5	Opposé du 4 par rapport au tram	Bobigny
6	Croisement Rue de paris – Avenue de Rosny	Noisy-Le-Sec
7	Croisement Rue de paris – Avenue Gallieni	Noisy-Le-Sec
8	En face point 3 sur Avenue Paul Vaillant - Couturier	Noisy-Le-Sec
9	Croisement Avenue Gallieni – Rue Baudin	Noisy-Le-Sec
10	Proche Chemin de fer sur Avenue Gallieni	Noisy-Le-Sec

Les tubes sont mis en place, sur tout type de mobilier urbain, dans des réceptacles de façon à les isoler des conditions atmosphériques pouvant modifier la mesure, comme le vent, le rayonnement solaire et les précipitations. Le réceptacle avec les tubes est déposé à environ 3 m du sol ceci afin d’éviter toute influence du sol sur l’échantillonnage. Pour chaque point de mesures il y a lieu d’établir une fiche. Les résultats et les sites d’implantation des tubes sont reportés sur une carte. Après la campagne de prélèvements, les tubes sont retournés au laboratoire pour analyse. Un tube non-ouvert doit également être retourné au laboratoire pour l’étalonnage du blanc.

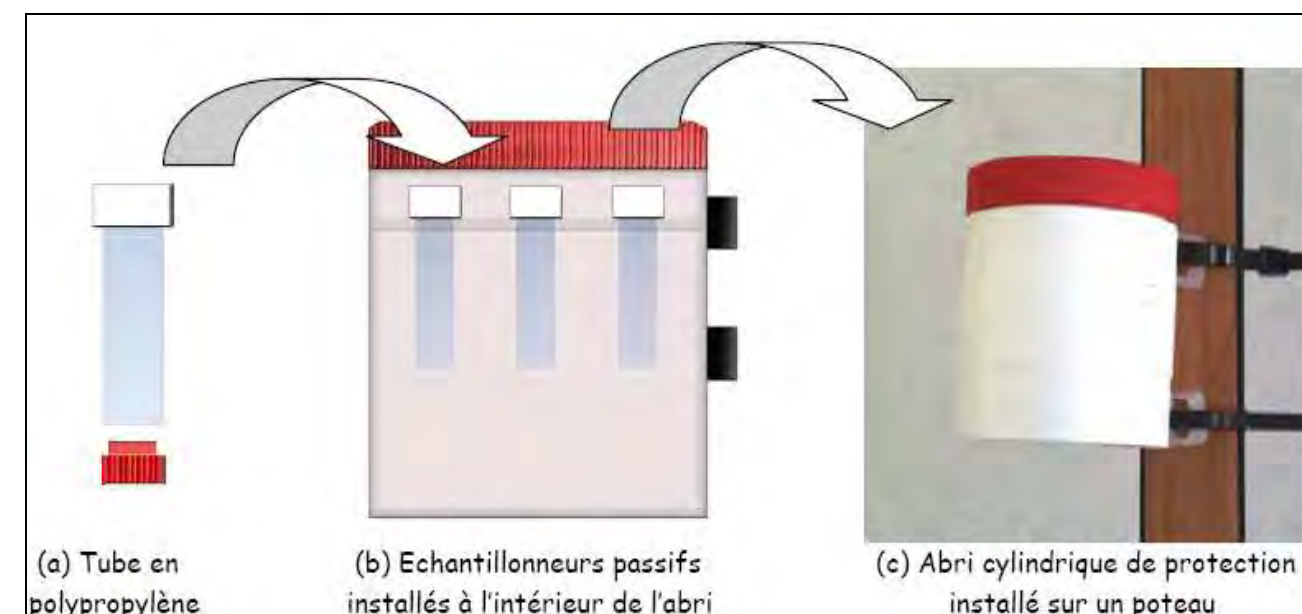


Figure 20 : Schéma d’implantation des tubes à diffusion passive

Les photos suivantes présentent quelques-uns des emplacements des points de mesures de 2007.



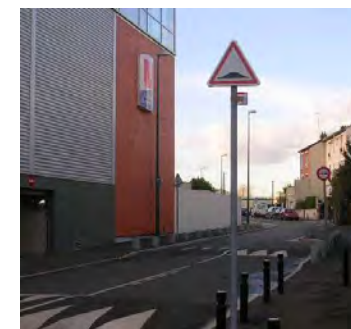
Point n°2
Avenue de Verdun
(Noisy-Le-Sec)



Point n°5
Ecole Maternelle Gambetta
(Noisy-Le-Sec)



Point n°6
Avenue Jean Jaurès
(Noisy-Le-Sec)



Point n°35
Boulevard Théophile Sueur
(Montreuil)



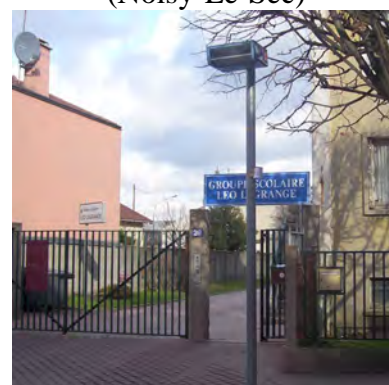
Point n°36
Avenue Victor Hugo
(Rosny-sous-bois)



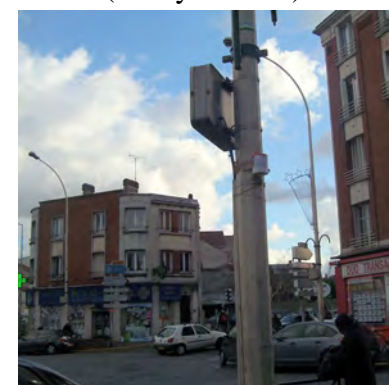
Point n°40
Gare de Val de Fontenay
(Rosny-sous-bois)

Figure 21 : Photos des points de mesures de 2007

Les photos suivantes présentent quelques-uns des emplacements des points de mesures de 2012.



Point n°10
Groupe scolaire Léo Lagrange
(Noisy-Le-Sec)



Point n°15
Place Carnot
(Romainville)



Point n°19
77, Boulevard Salengro
(Noisy-Le-Sec)



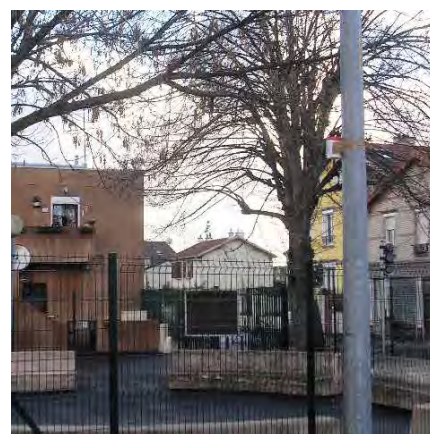
Point n°1
Préfecture - Avenue Paul
Vaillant-Couturier
(Bobigny)



Point n°3
Centre nautique - Avenue Paul
Vaillant-Couturier
(Bobigny)



Point n°8
Avenue Paul
Vaillant - Couturier
(Noisy-Le-Sec)



Point n°20
Rue Jean Jaurès
(Romainville)



Point n°21
Rue Benfleet
(Romainville)



Point n°27
117, Rue de Romainville
(Montreuil)



Point n°4
Avenue Edouard Vaillant
(Noisy-Le-Sec)



Point n°7
Croisement Rue de paris -
Avenue Gallieni
(Noisy-Le-Sec)



Point n°10
Chemin de fer sur
Avenue Gallieni
(Noisy-Le-Sec)

Figure 22 : Photos des points de mesures de 2012

III.1.2.4. Analyse des tubes

∅ Tubes passifs à diffusion axiale (tube NO₂) :

Le dosage du NO₂ est réalisé par colorimétrie. Les mesures d'absorbance des solutions sont réalisées à 542nm. Le NO₂ est piégé dans le tube sous forme de nitrite. Il réagit alors avec l'acide orthophosphorique et le sulfanilamide pour donner un sel de diazonium qui s'associe avec le dérivé du naphthalène pour former un colorant azoïque (complexe coloré rose pourpre). A l'aide de la droite d'étalonnage la concentration C'en NO₂ est déterminée dans les tubes à diffusion. La masse de NO₂ est ensuite calculée.

Le calcul de la concentration dans l'air ambiant se fait ensuite par la formule suivante :

$$C_u = \frac{m_d - m_b}{SR * T}$$

C_u : Concentration ambiante [µg/m³]

M_d : Quantité absorbée [µg]

M_b : Valeur du blanc [µg]

SR : Vitesse de prélèvement [mL/min]

T : Temps d'exposition [min]

La vitesse de prélèvement est de 0.8536 mL/min à 9°C.

∅ Tubes passifs à diffusion radiale (tube benzène) :

La mesure des concentrations en benzène au niveau des tubes est réalisée par chromatographie en phase gazeuse. Les cartouches absorbantes en graphite subissent une désorption thermique à 320°C pendant 10 minutes environ. Le résultat de la désorption est ensuite analysé à l'aide d'une colonne capillaire couplée à un spectromètre de masse permettant ainsi une séparation des composants et leur identification. Enfin, à l'aide de la technique des ajouts dosés, un chromatogramme va permettre la quantification de chaque composé.

Le calcul de la concentration dans l'air ambiant se fait ensuite par la méthode suivante :

$$C_u = \frac{m_d - m_b}{SR * T}$$

C_u : Concentration ambiante [µg/m³]

M_d : Quantité absorbée [µg]

M_b : Valeur du blanc [µg]

SR : Vitesse de prélèvement [mL/min]

T : Temps d'exposition [min]

La vitesse de prélèvement est de 6.44 mL/min à 20°C.

III.1.2.5. Résultats des mesures de dioxyde d'azote

Le tableau suivant présente les concentrations en NO₂ relevées pour chaque point de mesures.

Tableau 14 : Concentrations de NO₂ in situ (2007)

N°	Durée d'exposition (heures)	Concentration ug/m ³			Ecart stand. %
		valeur 1	valeur 2	Moyenne	
1	334.98	74.7	76.8	75.7	1.9
2	334.88	68.7	62.3	65.5	7.0
3	335.75	67.5	60.3	63.9	8.0
4	335.65	69.4	69.1	69.2	0.3
5	335.75	67.5	65.0	66.2	2.8
6	335.50	74.1	75.9	75.0	1.7
7	335.22	67.1	64.3	65.7	3.1
8	334.95	95.7	87.6	91.7	6.2
9	334.77	76.3	76.0	76.2	0.2
10	335.10	63.3	59.6	61.5	4.2
11	335.33	62.7	67.1	64.9	4.8
12	333.13	61.4	68.2	64.8	7.4
13	334.73	84.9	81.7	83.3	2.6
14	334.82	97.5	94.2	95.8	2.5
15	335.08	81.1	85.8	83.5	3.9
16	334.88	72.4	78.3	75.4	5.6
17	334.87	77.3	76.3	76.8	1.0
18	334.87	73.7	85.1	79.4	10.2
19	334.33	62.1	65.2	63.6	3.5
20	333.80	63.9	66.1	65.0	2.4
21	334.00	85.0	86.6	85.8	1.3
22	334.75	85.1	76.0	80.6	8.0
23	333.95	82.5	77.8	80.1	4.1
24	333.68	59.5	63.5	61.5	4.6
25	333.95	66.3	65.9	66.1	0.4
26	334.05	57.6	57.4	57.5	0.2
27	333.70	59.1	63.2	61.2	4.8
28	333.63	70.3	67.5	68.9	2.8
29	333.52	-	63.5	63.5	- ¹
30	333.22	61.9	57.3	59.6	5.4
31	333.20	57.1	61.2	59.2	4.9
32	333.20	67.2	59.0	63.1	9.2
33	333.32	54.5	64.2	59.3	11.6
34	333.10	58.8	60.1	59.4	1.6
35	333.25	73.8	71.7	72.7	2.0
36	333.02	96.8	91.8	94.3	3.7
37	332.93	86.4	85.6	86.0	0.6
38	332.88	85.3	86.9	86.1	1.3
39	332.87	87.2	81.4	84.3	4.8
40	332.92	97.6	88.7	93.1	6.7

¹ Un seul des deux tubes de NO₂ a été retrouvé au point 29. Il n'y a donc pas de calcul d'écart au point.

Tableau 15 : Concentrations de NO₂ in situ (2012)

N°	Durée d'exposition (heures)	Concentration ug/m ³			Ecart stand. %
		valeur 1	valeur 2	Moyenne	
1	337.45	48.3	54.0	51.1	8.0
2	337.47	55.7	54.2	54.9	2.0
3	337.60	66.4	62.8	64.6	3.9
4	337.45	129.7	116.6	123.1	7.5
5	337.50	54.3	51.8	53.0	3.4
6	337.42	74.4	75.9	75.2	1.5
7	337.37	83.7	75.2	79.4	7.6
8	337.58	51.7	- ¹	51.7	-
9	337.30	49.0	49.2	49.1	0.2
10	337.25	40.4	41.7	41.1	2.2

L'observation des valeurs des écarts type montre que la majorité des valeurs reste inférieure à 5% mais certaines sont assez élevées. Cela met en lumière la variabilité des mesures localisées sur le même point.

Pour 2007, un graphique représentant les valeurs moyennes en NO₂ par emplacement est fourni ci-après. Le seuil de la valeur limite pour le NO₂ qui s'élève à 46 µg/m³ (pour cet horizon), est représenté en rouge sur le graphique et l'objectif de la qualité de l'air qui s'élève à 40 µg/m³ est représenté en vert.

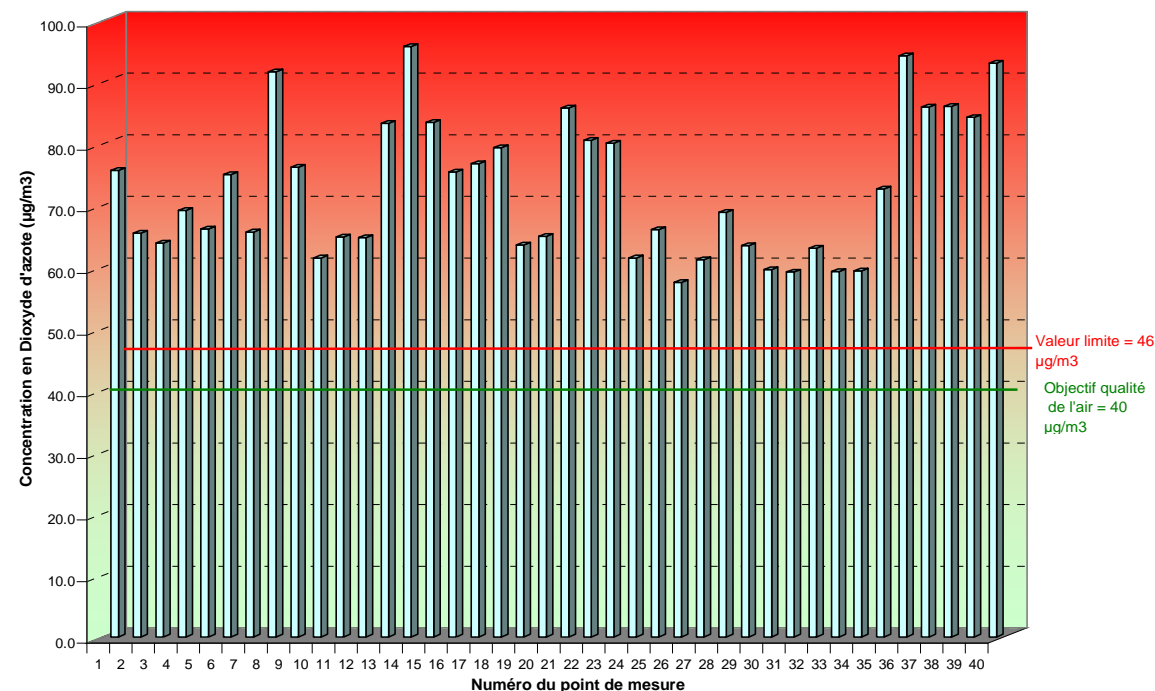


Figure 23 : Concentrations moyennes de NO₂ par points de mesures en µg/m³ en 2007

L'ensemble points de mesures est au-dessus du seuil d'objectif de qualité de l'air de 40 µg/m³ et de la valeur limite pour 2007 de 46 µg/m³.

¹ Un seul des deux tubes de NO₂ a été retrouvé au point 29. Il n'y a donc pas de calcul d'écart au point.

De même pour 2012, un graphique représentant les valeurs moyennes en NO₂ par emplacement est fourni ci-après. Le seuil de la valeur limite pour le NO₂ qui s'élève à 40 µg/m³ (pour cet horizon), est représenté en rouge sur le graphique.

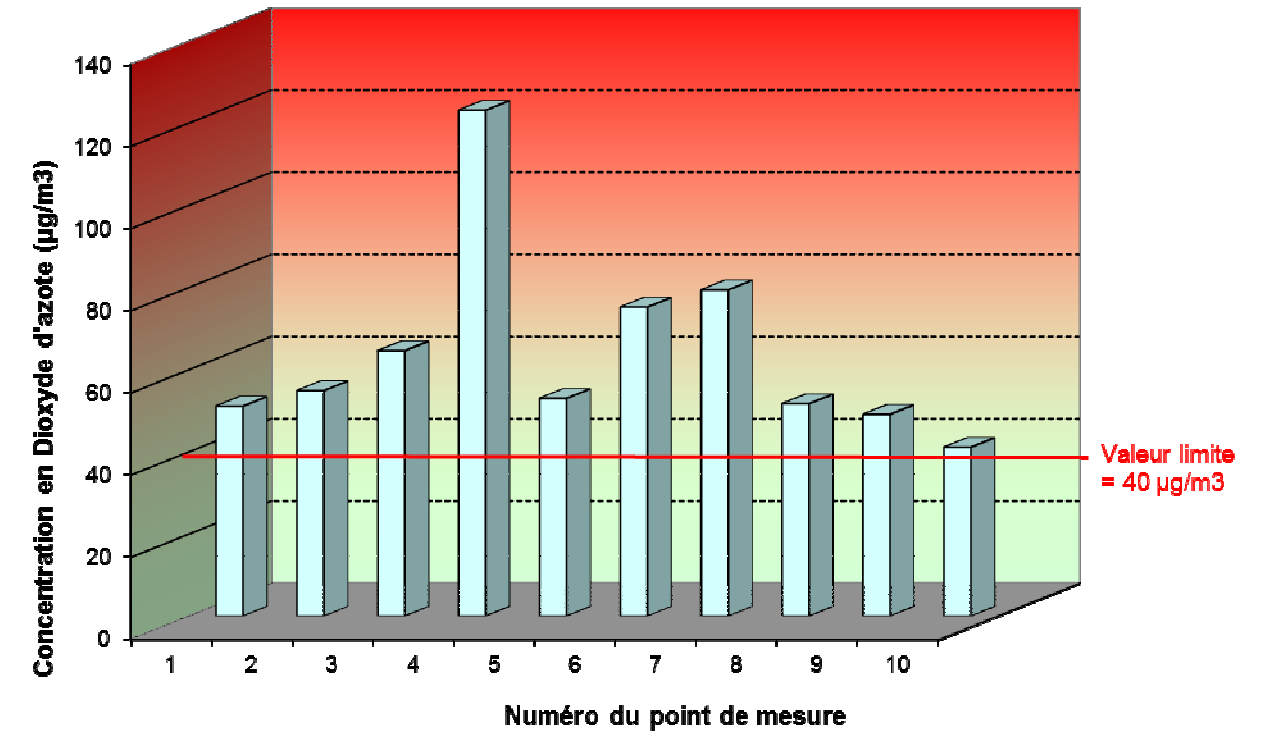


Figure 24 : Concentrations moyennes de NO₂ par points de mesures en µg/m³ en 2012

L'ensemble points de mesures est au-dessus de la valeur limite pour 2012 (40 µg/m³).

III.1.2.6. Résultats des mesures de benzène

Le tableau suivant présente les résultats des tubes passifs de benzène pour la campagne de mesure de 2007. Ce tableau indique également les résultats sur d'autres BTX (hydrocarbures) qui ne sont pas réglementés par le décret du 15 février 2002.

Tableau 16 : Concentrations de benzène in situ (2007)

Point n°	Durée d'exposition (heures)	Benzène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Ethylbenzol [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	p-Xylène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	m-Xylène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	o-Xylène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1	335.0	2.7	10.4	2.0	1.9	1.1	1.6
2	334.9	2.2	9.7	2.2	2.2	1.6	1.5
3	335.7	1.7	7.4	1.5	1.5	1.1	1.1
4	335.6	2.3	9.3	2.0	1.5	1.1	1.4
5	335.8	1.7	7.5	1.7	1.4	1.1	1.3
6	335.5	2.3	10.7	2.2	2.1	1.6	1.4
7	335.2	2.3	10.0	2.1	2.0	1.5	1.5
8	335.0	3.4	15.1	2.8	2.8	2.7	2.4
9	334.8	1.7	10.9	2.2	2.3	1.5	1.7
10	335.1	2.0	8.4	1.8	1.7	1.0	0.9
11	335.3	1.9	8.4	1.7	1.6	1.0	1.1
12	333.1	2.0	7.9	1.6	1.5	1.0	1.0
13	334.7	2.8	11.9	2.4	2.1	1.5	2.2
14	334.8	3.1	13.5	2.7	2.7	2.1	2.2
15	335.1	2.8	12.4	2.5	2.4	1.5	1.9
16	334.9	2.2	9.2	1.6	1.7	1.0	1.6
17	334.9	2.4	10.1	2.0	1.8	1.0	1.6
18	334.9	2.3	8.5	1.8	1.7	1.0	1.3
19	334.3	2.4	9.4	2.1	1.8	1.0	1.6
20	333.8	1.9	7.2	1.7	1.3	1.0	1.2
21	334.0	3.2	13.2	2.7	2.7	2.1	2.5
22	334.7	2.5	12.5	2.7	2.3	1.5	2.1
23	333.9	2.6	12.5	2.7	2.6	2.6	2.4
24	333.7	1.9	6.1	1.3	1.2	1.0	1.0
25	333.9	2.8	11.3	2.2	2.1	1.2	1.8
26	334.1	2.0	8.6	1.8	1.6	1.0	1.4
27	333.7	2.3	9.2	1.6	1.7	1.0	1.4
28	333.6	2.4	9.7	1.9	1.8	1.0	1.6
29	333.5	2.2	9.3	2.0	1.6	1.0	1.4
30	333.2	2.1	9.0	1.5	1.7	1.0	1.3
31	333.2	2.0	8.5	1.4	1.6	1.0	1.2
32	333.2	2.3	8.0	1.6	1.6	1.0	1.3
33	333.3	2.3	8.7	2.0	1.7	1.0	1.5
34	333.1	2.2	9.6	1.7	1.4	1.0	1.3
35	333.3	2.6	9.3	1.9	1.9	1.0	1.7
36	333.0	3.0	12.6	2.5	2.1	1.5	1.9
37	332.9	3.5	14.2	3.1	2.9	2.5	2.4
38	332.9	2.7	11.8	2.1	1.8	1.0	1.4
39	332.9	2.7	11.1	2.0	1.7	1.0	1.6
40	332.9	2.6	10.8	2.1	1.7	1.0	1.9

Le tableau suivant présente les résultats des tubes passifs de benzène pour la campagne de mesure de 2012. Ce tableau indique également les résultats sur d'autres BTX (hydrocarbures) qui ne sont pas réglementés par le décret du 15 février 2002.

Tableau 17 : Concentrations de benzène in situ (2012)

Point n°	Durée d'exposition (heures)	Benzène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Toluène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Ethylbenzol [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	p-Xylène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	m-Xylène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	o-Xylène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1	337.5	1.1	4.3	0.9	0.8	1.7	0.9
2	337.5	1.0	4.1	0.9	0.9	1.8	1.0
3	337.6	1.5	4.7	0.9	0.8	1.7	1.0
4	337.5	3.1	12.2	2.1	1.8	3.9	2.6
5	337.5	1.4	11.7	0.8	1.0	2.1	<0.4
6	337.4	1.5	6.1	1.1	1.0	2.5	1.4
7	337.4	1.9	8.3	1.5	1.2	2.8	1.4
8	337.6	1.2	6.2	0.8	0.8	1.7	0.9
9	337.3	1.7	9.9	1.0	1.1	2.2	0.9
10	337.3	0.9	3.8	0.9	1.0	1.5	0.7

Un graphique représentant les valeurs moyennes en BTEX pour 2007 et par emplacement, est fourni ci-après.

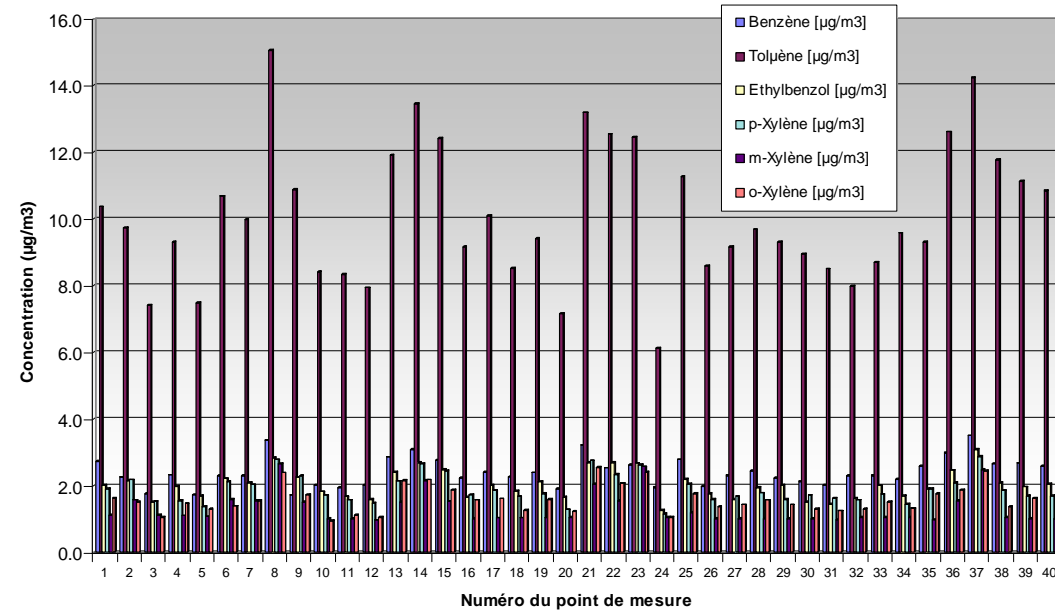


Figure 25 : Concentrations moyenne des BTEX en µg/m³ en 2007

Un graphique représentant les valeurs moyennes en benzène pour 2007 et par emplacement est fourni ci-après. L'objectif de la qualité de l'air qui s'élève à 2 µg/m³ est représenté en vert.

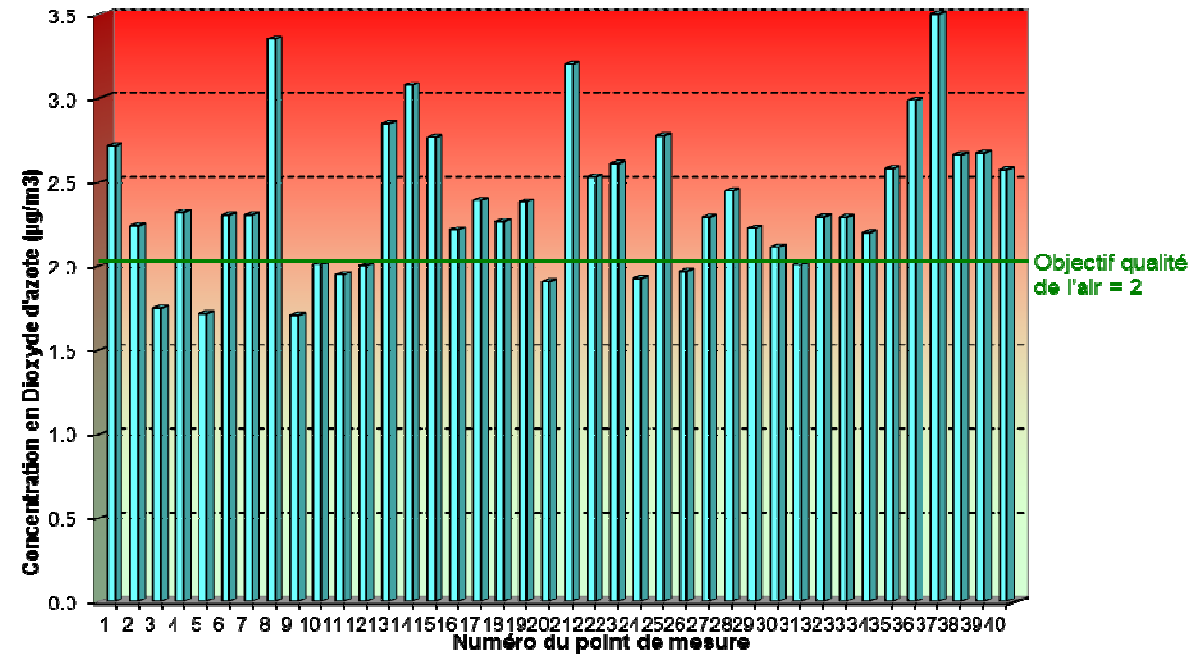


Figure 26 : Concentrations moyennes de Benzène par points de mesures en µg/m³

Seuls les points n°3, 5, 9, 11, 20, 24 et 26 sont inférieurs au seuil relatif à l'objectif de la qualité de l'air (2 µg/m³), tous les autres points sont supérieurs à ce seuil. La valeur limite (5 µg/m³) n'est cependant dépassée pour aucun des points.

Un graphique représentant les valeurs moyennes en BTEX pour 2012 et par emplacement, est fourni ci-après.

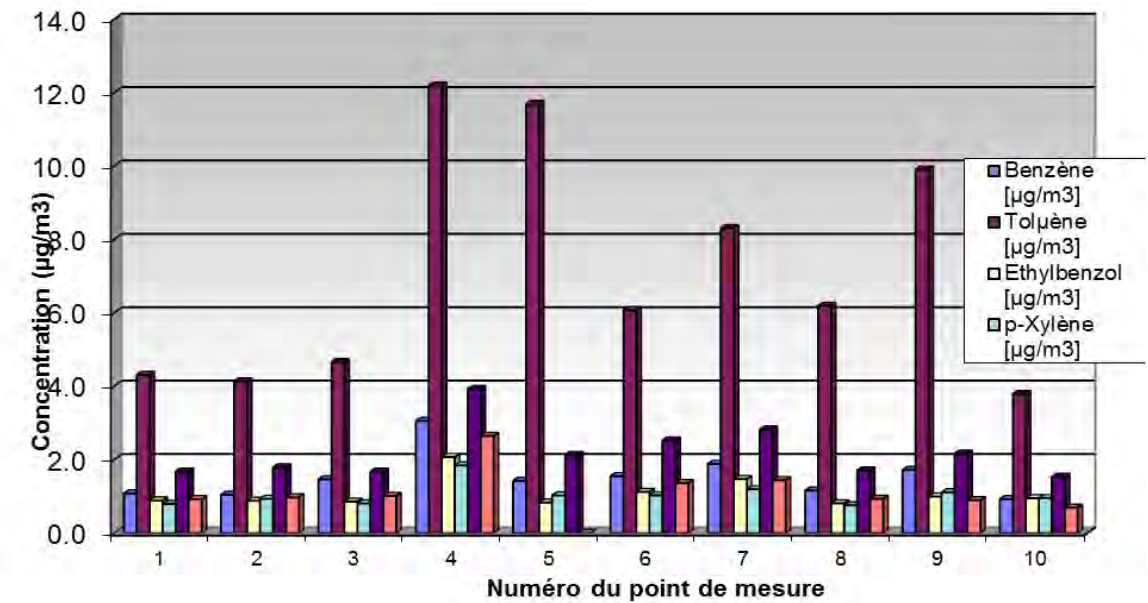


Figure 27 : Concentrations moyenne des BTEX en µg/m³ en 2012

Un graphique représentant les valeurs moyennes en benzène pour 2012 et par emplacement est fourni ci-après. L'objectif de la qualité de l'air qui s'élève à 2 µg/m³ est représenté en vert.

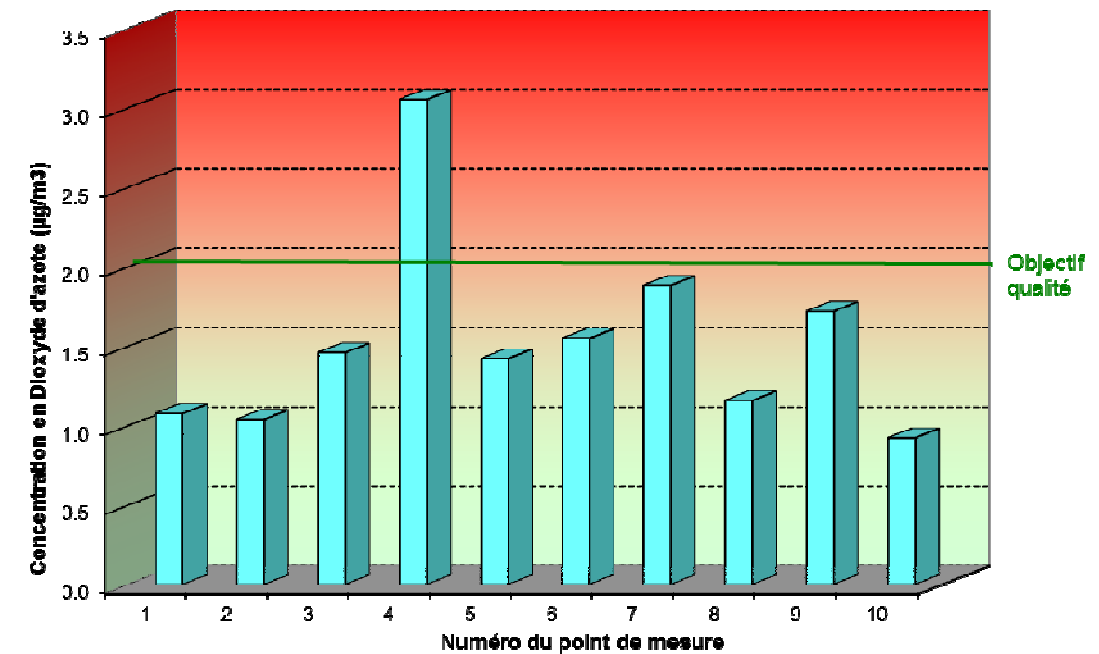


Figure 28 : Concentrations moyennes de Benzène par points de mesures en µg/m³

Seul le point n°4 est supérieur au seuil relatif à l'objectif de la qualité de l'air (2 µg/m³), tous les autres points sont inférieurs à ce seuil. La valeur limite (5 µg/m³) n'est dépassée pour aucun des points.

III.1.2.7. Interprétation des résultats

La figure suivante permet de visualiser les concentrations moyennes relevées au niveau des points en comparaison des trafics moyens journaliers¹. Les points situés sur des brins routiers où aucun trafic n'est disponible ne sont pas présentés sur la courbe.

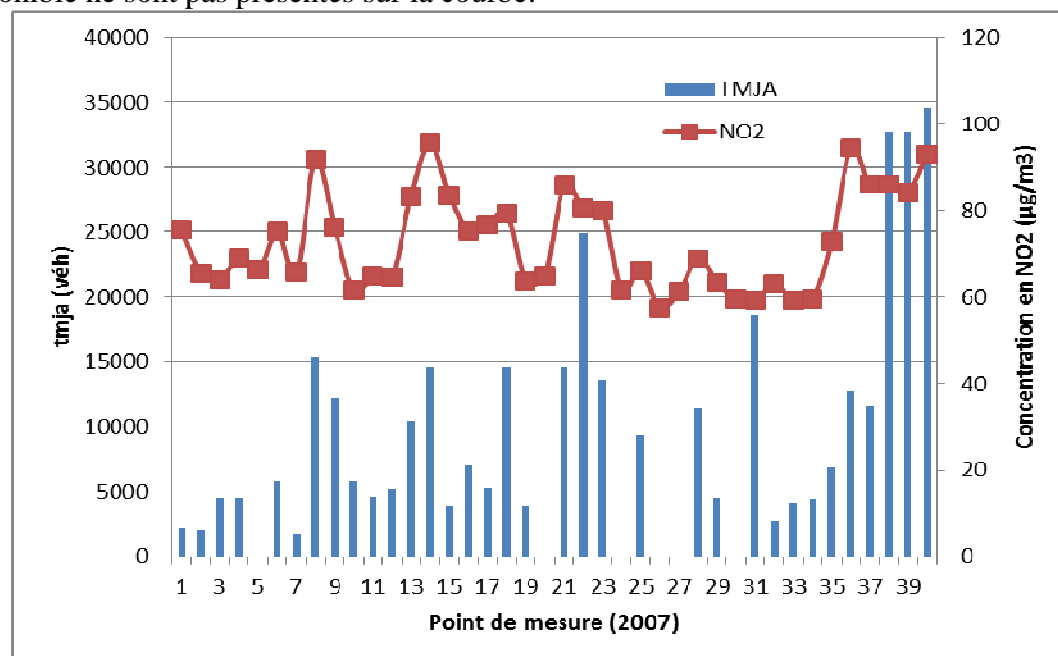


Figure 29 : Concentration moyenne(2007) et trafics moyens journaliers

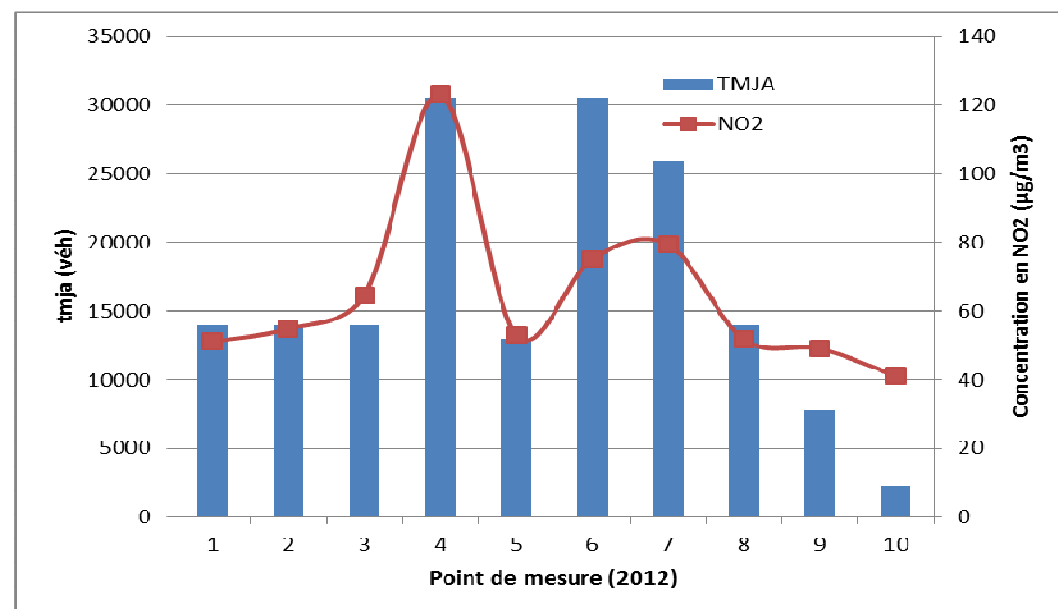


Figure 30 : Concentration moyenne(2012) et trafics moyens journaliers

Le trafic a donc une influence sur les concentrations relevées : plus le trafic est important, plus les concentrations seront élevées.

Pour certains points, on remarque cependant que pour des trafics plus bas, on obtient malgré tout des concentrations élevées. Cela est dû au phénomène d'accumulation des polluants lié à la particularité de ces points se situant dans une rue entourée de bâtiments proches, d'où des conditions de dispersion défavorables. D'autre part, les vitesses faibles de circulation sur certaines voies additionnées à des situations d'embouteillage relativement fréquentes augmentent les émissions de polluants des véhicules.

Il est nécessaire de préciser que les trafics présentés sont issus des modélisations de CDVia qui portent sur un certain nombre d'hypothèses et la formule utilisée pour l'évaluation des TMJA utilisant également des hypothèses fortes.

De plus pour les points de mesure de la campagne de 2007, il peut y avoir un décalage entre ce qui a été mesuré et les TMJA associé lors de l'étude de 2012.

Il faut également garder à l'esprit les contraintes et les caractéristiques qui définissent la réalisation de ce type de campagne, notamment sa durée limitée.

Il convient de noter par ailleurs que l'exploitation des résultats des mesures est une opération délicate d'autant plus que plusieurs facteurs rentrent en compte :

- Les polluants ne sont pas exclusivement la conséquence de l'infrastructure routière. En milieu urbain, les sources de pollution sont variées
- La seconde restriction est d'ordre temporelle : Plus la durée des mesures est courte, plus les écarts et variations ont un poids important dans l'établissement des comportements moyens.

Ce cumul d'hypothèses entraîne un biais pour certains points.

¹ Les TMJA sont calculés à partir des simulations de CDVIA pour le trafic en UVP pour les HPM et HPS à l'horizon 2005. Le TMJA est calculé à l'aide de la formule $TMJA = ((HPM+HPS)/2)*10$

III.1.3. Comparaison modélisation/campagne de mesures

Le tableau suivant montre la comparaison entre la moyenne des concentrations mesurées lors des campagnes de mesure in-situ réalisée en fin 2007 et les concentrations obtenues par la modélisation numérique au niveau des points de mesures avec les données de 2012.

Tableau 18 : Comparaison entre les résultats numériques(2012) et expérimentaux(2007) pour les NO2

Emplacement N°	Moyenne des concentrations obtenues par la mesure in-situ (µg/m³)	Concentration obtenue par la modélisation numérique (µg/m³)	Ecart Standard (%)
1	75.7	69.81	7.8%
2	65.5	66.42	-1.4%
3	63.9	66.68	-4.3%
4	69.2	67.36	2.7%
5	66.2	66.47	-0.4%
6	75.0	67.86	9.5%
7	65.7	66.51	-1.2%
8	91.7	76.90	16.1%
9	76.2	74.61	2.1%
10	61.5	66.02	-7.4%
11	64.9	67.19	-3.5%
12	64.8	66.58	-2.7%
13	83.3	70.36	15.5%
14	95.8	73.01	23.8%
15	83.5	74.37	10.9%
16	75.4	67.78	10.1%
17	76.8	69.18	9.9%
18	79.4	74.64	6.0%
19	63.6	67.10	-5.5%
20	65.0	67.11	-3.2%
21	85.8	78.83	8.1%
22	80.6	78.02	3.2%
23	80.1	74.38	7.1%
24	61.5	67.37	-9.6%
25	66.1	66.96	-1.3%
26	57.5	66.88	-16.3%
27	61.2	66.59	-8.8%
28	68.9	69.10	-0.3%
29	63.5	66.12	-4.1%
30	59.6	65.99	-10.7%
31	59.2	65.91	-11.3%
32	63.1	65.46	-3.7%
33	59.3	65.58	-10.6%
34	59.4	66.49	-11.9%
35	72.7	71.32	1.9%
36	94.3	74.86	20.6%
37	86.0	75.07	12.7%
38	86.1	83.42	3.1%
39	84.3	79.49	5.7%
40	93.1	81.24	12.7%

Tableau 19 : Comparaison entre les résultats numériques(2012) et expérimentaux(2012) pour les NO2

Emplacement N°	Moyenne des concentrations obtenues par la mesure in-situ (µg/m³)	Concentration obtenue par la modélisation numérique (µg/m³)	Ecart Standard (%)
1	51.1	62.80	-18.63%
2	54.9	63.40	-15.48%
3	64.6	64.93	-0.50%
4	123.1	85.85	30.26%
5	53	67.98	-28.25%
6	75.2	73.13	2.76%
7	79.4	80.50	-1.39%
8	51.7	65.03	-25.77%
9	49.1	62.90	-28.11%
10	41.1	62.10	-51.09%

Les concentrations mesurées lors de la campagne montrent des niveaux en dioxyde d'azote très élevés et dépassant tous la valeur seuil de 2012 et de 2020 de 40 µg/m³. Il en est de même pour la simulation.

La pollution de fond n'est pas négligeable puisqu'elle représente en moyenne 90% de pollution modélisée, les 10% restant étant imputés au trafic. Il faut donc faire attention lorsque l'on souhaite comparer les valeurs de la campagne de mesures avec les valeurs de la simulation puisque la pollution de fond introduite dans la simulation est une moyenne mesurée à Saint-Denis. En réalité, la pollution de fond est différente à Bobigny, Noisy-Le-Sec, Romainville...

Une autre restriction est d'ordre temporel. Les concentrations calculées par la simulation, correspondent à des moyennes annuelles alors que la campagne n'a duré que quinze jours. Plus la durée des mesures est courte, plus les écarts et variations ont un poids important dans l'établissement des comportements moyens.

Malgré tout, les valeurs obtenues par modélisation confirme les tendances observées pour la campagne de mesure et sont représentatives des zones de concentration élevées en proximité de trafic.

Les dépassements de seuils lors des campagnes de mesures doivent être analysés avec précaution car la période de prélèvement est relativement courte et ne permet pas d'être totalement représentative d'une situation annuelle et par conséquent de comparer les valeurs obtenues aux seuils en moyenne annuelle. Ils sont toutefois des indicateurs de tendance sur la qualité de l'air locale et les valeurs obtenues sont conformes avec les niveaux enregistrés habituellement à proximité des axes routiers en Ile-de-France.

Tableau 20 : Comparaison entre les résultats numériques (2012) et expérimentaux(2007) pour le benzène

Emplacement N°	Concentration obtenue par la mesure in-situ (µg/m³)	Concentration obtenue par la modélisation numérique (µg/m³)	Ecart Standard (%)
1	2.7	1.57	41.7%
2	2.2	1.48	32.8%
3	1.7	1.49	12.5%
4	2.3	1.50	34.8%
5	1.7	1.48	12.8%
6	2.3	1.53	33.3%
7	2.3	1.48	35.6%
8	3.4	1.78	47.7%
9	1.7	1.65	3.0%
10	2	1.46	26.8%
11	1.9	1.51	20.8%
12	2	1.48	26.1%
13	2.8	1.59	43.3%
14	3.1	1.67	46.0%
15	2.8	1.51	46.0%
16	2.2	1.73	21.4%
17	2.4	1.56	35.0%
18	2.3	1.72	25.0%
19	2.4	1.51	37.2%
20	1.9	1.51	20.6%
21	3.2	1.87	41.4%
22	2.5	1.86	25.5%
23	2.6	1.64	36.9%
24	1.9	1.51	20.5%
25	2.8	1.50	46.5%
26	2	1.50	25.2%
27	2.3	1.49	35.4%
28	2.4	1.56	34.9%
29	2.2	1.47	33.1%
30	2.1	1.46	30.3%
31	2	1.46	27.0%
32	2.3	1.45	37.1%
33	2.3	1.45	36.8%
34	2.2	1.48	32.7%
35	2.6	1.61	38.0%
36	3	1.73	42.5%
37	3.5	1.72	51.0%
38	2.7	1.98	26.8%
39	2.7	1.86	31.1%
40	2.6	1.89	27.2%

Tableau 21 : Comparaison entre les résultats numériques (2012) et expérimentaux(2012) pour le benzène

Emplacement N°	Concentration obtenue par la mesure in-situ (µg/m³)	Concentration obtenue par la modélisation numérique (µg/m³)	Ecart Standard (%)
1	1.1	1.52	-27.59%
2	1	1.55	-54.92%
3	1.5	1.61	-7.06%
4	3.1	2.18	29.70%
5	1.4	1.70	-21.40%
6	1.5	1.88	-25.28%
7	1.9	2.08	-9.32%
8	1.2	1.61	-34.10%
9	1.7	1.53	10.07%
10	0.9	1.50	-66.67%

Les mêmes constats que pour le dioxyde de d'azote peuvent être faits sur le benzène, avec des écarts entre mesures locales et résultats numériques plus importants cependant.

Cet écart est cependant classique dans le cadre des volets air et santé et se retrouve dans de nombreuses études d'infrastructures routières surtout dans des milieux très urbanisés.

En effet, les concentrations enregistrées au niveau des tubes passifs résultent de la contribution des émissions provenant du trafic routier mais également d'un certain nombre d'émissions supplémentaires qui ne rentre pas directement dans le cadre de la modélisation et sont en partie moyennées dans la pollution de fond. C'est pourquoi, les concentrations modélisées sont généralement plus faibles que celle mesurées lors de la campagne.

Il faut également ajouter que les durées de prélèvements ne sont que de 15 jours. Les résultats sont donc fortement dépendants des conditions de circulation lors de cette quinzaine et des conditions météorologiques lors de la campagne qui ne sont pas forcément représentatives des conditions annuelles. La modélisation fournit une cartographie de la qualité en moyenne annuelle.

III.2. MODELISATION DE LA DISPERSION AUX HORIZONS FUTURS 2020 (H2, H3)

III.2.1. Etat de référence – Horizon 2020 sans prolongement du T1 (H2)

Les images concernant l'état de référence, pour les concentrations à 1,5 m (hauteur d'homme) se trouvent dans l'annexe D. Le tableau suivant présente les concentrations maximales en polluants obtenues pour l'horizon « 2020 sans prolongement du T1 ». Les résultats des dispersions sont caractéristiques d'une situation annuelle.

Tableau 22 : Concentrations maximales en polluant pour l'horizon 2020 sans prolongement du T1

H2	C6H6	CO	NO2	PM10	COV	Cd	Ni
Valeurs maximales (µg/m³)	4.45	463.01	135.33	36.85	50.59	2.73E-04	2.13E-03
Seuil Objectif qualité décret du 15 février 2002 (µg/m³)	2	-	40	30	-	-	
Seuil Valeur limite pour la protection de la santé humaine (2020) (µg/m³)	5	1992	40	40	-	-	

A l'horizon 2020 sans prolongement du T1, le Benzène, le Dioxyde d'Azote et les PM₁₀ dépassent le seuil de qualité de l'air des polluants modélisés. Seul le Dioxyde d'Azote dépasse le seuil limite pour la protection de la santé.

III.2.2. Etat futur – Horizon 2020 avec prolongement du T1 (H3)

Les images concernant l'état futur avec projet, pour les concentrations à 1,5 m (hauteur d'homme) se trouvent dans l'annexe E. Le tableau suivant présente les concentrations maximales en polluants obtenues pour l'horizon « 2020 avec prolongement du T1 ». Les résultats des dispersions sont caractéristiques d'une situation annuelle.

Tableau 23 : Concentrations maximales en polluant pour l'horizon 2020 avec prolongement du T1

H3	C6H6	CO	NO2	PM10	COV	Cd	Ni
Valeurs maximales ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4.48	464.44	136.00	36.94	51.03	2.75E-04	2.15E-03
Seuil Objectif qualité décret du 15 février 2002 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	-	40	30	-	-	
Seuil Valeur limite pour la protection de la santé humaine (2020) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	1992	40	40	-	-	

A l'horizon 2020 avec prolongement du T1, le Benzène, le Dioxyde d'Azote et les PM₁₀ dépassent le seuil de qualité de l'air des polluants modélisés. Seul le Dioxyde d'Azote dépasse le seuil limite pour la protection de la santé.

III.3. COMPARAISON ENTRE LES HORIZONS

Les résultats de l'étude relative à l'évaluation des concentrations en moyenne annuelle pour les trois horizons permettent de dégager les conclusions suivantes :

1) **Pour l'horizon 2020 sans prolongement du T1, les résultats montrent une augmentation des concentrations pour les polluant (à l'exception du CO qui diminue) par rapport à l'état de initial H1. Les émissions polluantes en 2020 augmentent par rapport à l'état initial car l'augmentation du nombre de véhicule dans la zone d'étude n'est pas compensée par l'amélioration technique sur les moteurs entre 2012 et 2020.**

2) **La comparaison entre les horizons 2020 avec et sans prolongement du T1 fait apparaître relativement peu de variations hormis sur certains brins situés à proximité directe de la zone d'implantation du futur tracé du T1. Les variations sont consécutives aux variations d'émissions linéiques de ces brins.** En effet, la comparaison entre H2 et H3 montre que le prolongement du tram ne modifie pas sensiblement le volume global des émissions de pollution sur la zone d'étude. La tendance à la baisse entre observée entre H1 et H2 est globalement identique pour H3. La modélisation met toutefois en évidence des variations dans la répartition des émissions polluantes. Ainsi, les rues empruntées par le tracé du tram T1 bénéficient d'une baisse des émissions polluantes et des teneurs en

polluants dans l'air ambiant. A l'inverse l'A86 ainsi que certaines autres rues qui supportent des reports de trafic voient leur situation se dégrader par rapport à la projection sans tram.

Ces modifications entre l'horizon 2020 avec et 2020 sans prolongement du T1 sont néanmoins moindres que dans le cas des émissions de NO₂ du fait de l'omniprésence de la pollution de fond qui vient se surajouter à la pollution générée localement par le trafic automobile. Sur les axes routiers du domaine d'étude, les résultats indiquent des variations de concentrations comprises entre :

- -14 et +14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le NO₂,
- -0.3 et +0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le C₆H₆,
- -17 et +17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le CO,
- -1.1 et +1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10.

Les tendances observées étant les mêmes pour tous les polluants, seul le cas des variations locales des concentrations en Benzène est donc illustré avec les deux figures ci-après.

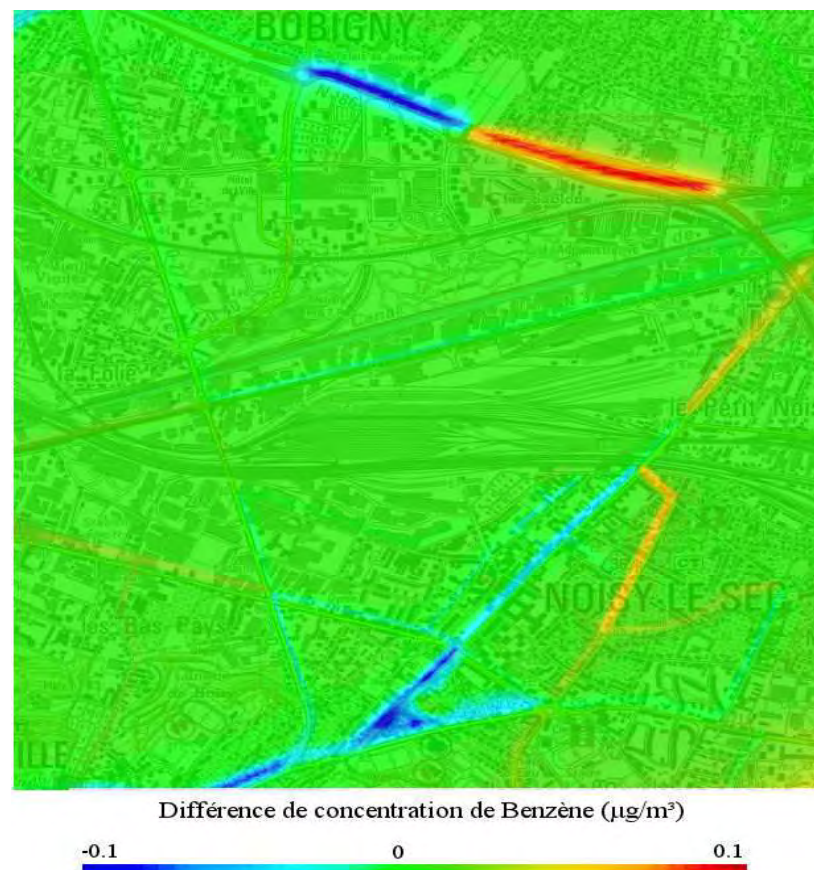


Figure 31 : Variations absolues des concentrations en Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre l'horizon 2020 avec et sans prolongement du T1 pour Noisy le Sec et Bobigny

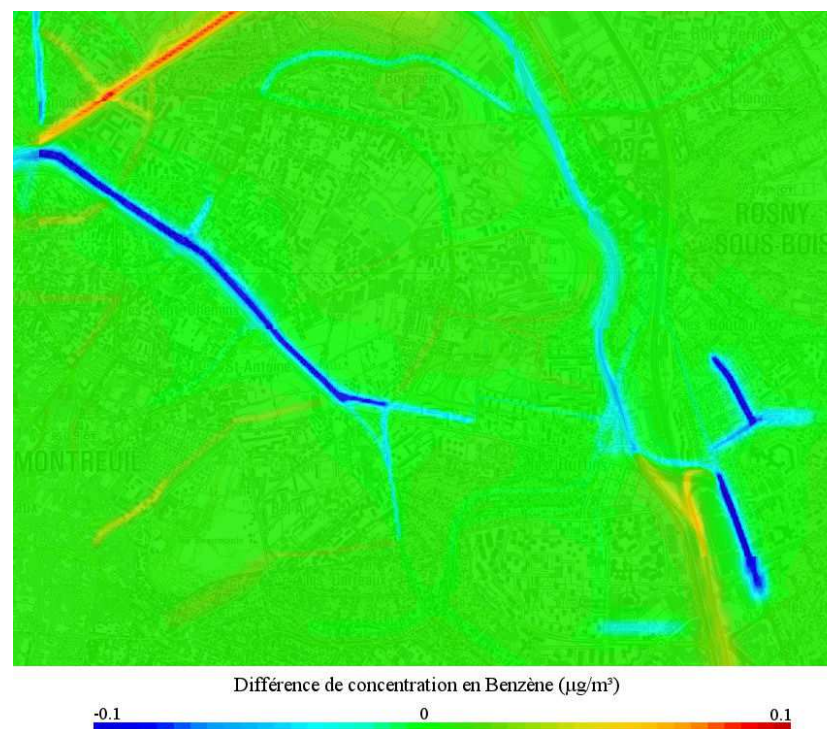


Figure 32: Variations absolues des concentrations en Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre l'horizon 2020 avec et sans prolongement du T1 pour Montreuil et Val de Fontenay

Les résultats de modélisations des horizons futurs indiquent :

- une baisse significative des concentrations en polluants sur les brins qui longent directement la ligne de prolongement (rue Jean-Jaurès, rue Anatole France, Bd Henri Barbusse et A186 à Romainville) et qui est consécutive à des modifications d'aménagement de la voirie entraînant une restriction de la capacité pour le trafic routier (donc une baisse des émissions). Elle peut être le fait également de phénomènes de report modal du routier vers le prolongement du T1 entraînant une baisse des émissions locales. **La qualité de l'air à proximité du tracé s'améliore donc grâce à l'implantation du T1.**
- une hausse sur certains brins consécutive à l'effet conjugué des modifications d'aménagement apportées aux voiries dans le secteur du prolongement du T1 et à la demande de rabattement accru sur les gares de desserte du futur prolongement du T1 liée au report modal du routier vers le prolongement du T1 (hausse des émissions locales). **C'est le cas par exemple du boulevard de la République, du boulevard Michelet, de l'avenue Gallieni, et du secteur de l'A86.**

Commune	Noms de rues	Evolution de la Concentration en polluant pour le scénario H3 par rapport à H2
Noisy-le-Sec	Rue Jean Jaurès	↓
	Boulevard de la république	↑
	Rue Anatole France	↓
	Boulevard Michelet	↑
	Avenue Gallieni	↑
	Rue Jules Auffret	↓
Romainville	Rue Carnot	↓
	Boulevard Henri Barbusse	↓
	Rue Veuve Aubert	↓
	Avenue de Verdun	↑
	Rue Jean Jaures	↑
Montreuil	A186	↓
Val de Fontenay	Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny	↓
	Rue de la Côte du nord	↓
	Avenue du 11 Novembre	↓
	Rue Charles VII	↓

↓ : Baisse des concentrations avec le prolongement du T1

↑ : Augmentation des concentrations avec le prolongement du T1

Le tableau qui suit contient les comparaisons des concentrations maximales de polluants dans le domaine d'étude pour les simulations des 3 horizons.

Tableau 24 : Comparaison des concentrations maximales selon les horizons

Valeurs maximales ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
	C6H6	CO	NO2	PM10	COV	Cd	Ni
Horizon 2012	3.65	520.47	120.45	36.28	37.36	2.01E-04	1.58E-03
Horizon 2020 sans prolongement du T1	4.45	463.01	135.33	36.85	50.59	2.73E-04	2.13E-03
Horizon 2020 avec prolongement du T1	4.48	464.44	136.00	36.94	51.03	2.75E-04	2.15E-03

Pour ces concentrations maximales, la légère augmentation générale entre le scénario futur sans le tram et le scénario futur avec le tram s'explique par le fait que les tronçons à proximité de l'A86 subissent la décharge des voies empruntés par le tramway. La conséquence directe est une légère augmentation des émissions de polluants dans cette zone et donc une légère augmentation du maximum des concentrations pour l'horizon futur avec le tramway.

A l'exception de quelques axes localisés à proximité directe du futur tracé du T1, il n'y a pas de modification notable de la qualité de l'air à l'échelle du domaine étudié, consécutivement au prolongement du T1 entre Bobigny et Val de Fontenay.

IV. EFFETS SUR LA SANTE

Les conséquences de la pollution routière et ses effets sur la santé sont étudiées selon différentes perspectives. L'impact qualitatif des polluants sur la santé est examiné. La quantification se traduit ensuite, en accord avec le Guide Certu/Setra pour les Volets Air, par l'évaluation de l'indice Polluant-Population et celle des coûts collectifs vis-à-vis de la pollution locale et régionale ainsi que vis-à-vis de l'effet de serre.

IV.1. LES EFFETS DES POLLUANTS ISSUS DU TRAFIC ROUTIER

Les oxydes d'azote (NO_x) avec leur traduction en monoxyde et dioxyde d'azote (NO et NO_2) :

Le monoxyde d'azote présent dans l'air inspiré passe à travers les alvéoles pulmonaires, se dissout dans le sang où il limite la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine. Les organes sont alors moins bien oxygénés.

Le dioxyde d'azote pénètre dans les voies respiratoires profondes, où il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses, notamment chez les enfants. Aux concentrations rencontrées habituellement le dioxyde d'azote provoque une hyperactivité bronchique chez les asthmatiques et augmente la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez l'enfant.

Dans l'environnement, le dioxyde d'azote se transforme dans l'atmosphère en acide nitrique, qui retombe au sol et sur la végétation. Cet acide contribue, en association avec d'autres polluants, à l'acidification des milieux naturels.

Les poussières en suspension :

Les particules de taille inférieure à $10 \mu\text{m}$ (particules inhalables PM10) peuvent entrer dans les poumons, et les particules de taille inférieure à $2,5 \mu\text{m}$ (particules alvéolaires PM2,5) peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires, et ainsi avoir des conséquences sur la santé humaine. En effet, elles peuvent transporter des composés toxiques (sulfates, métaux lourds, hydrocarbures...) et ainsi irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire, même à des concentrations relativement basses. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.

Dans l'environnement, les particules en suspension peuvent réduire la visibilité et influencer le climat en absorbant et en diffusant la lumière. Les particules, en se déposant, salissent et contribuent à la dégradation physique et chimique des matériaux. Accumulées sur les feuilles des végétaux, elles peuvent les étouffer et entraver la photosynthèse.

Le benzène (C_6H_6) :

Les effets à court terme du benzène sont principalement une atteinte du système sanguin ainsi qu'une diminution de la réponse immunitaire. Le benzène, classé comme composé « cancérogène certain » par le Centre International de Recherche contre le Cancer (C.I.R.C.), induit principalement des leucémies et des lymphomes, et a aussi des effets génotoxiques (effets pouvant provoquer le développement de cancers et de mutations génétiques héréditaires).

Certaines populations sont plus sensibles que d'autres, comme les enfants, chez qui la production de cellules sanguines est augmentée lors de la croissance, les femmes enceintes, dont le volume respiratoire au repos est supérieur à celui de la femme non enceinte, les obèses car le benzène est lipophile, et enfin les fumeurs qui sont exposés à de fortes concentrations.

Le monoxyde de carbone (CO) :

Sa toxicité provient de sa forte affinité pour les protéines vecteurs d'oxygène, le CO se fixant à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang. Ceci conduit à un manque d'oxygénation des organes tels que

le cerveau ou le cœur. Une forte concentration peut ainsi conduire à l'asphyxie, au coma ou à la mort. A faible concentration (situation rencontrée en milieu urbain), le CO peut entraîner un manque d'oxygénation chez les sujets prédisposés (souffrant d'angine de poitrine par exemple) et/ou des troubles comportementaux (altération de la vigilance...), mais aussi chez les sujets sains. Ce phénomène est de plus accentué par l'exercice physique.

Le dioxyde de soufre (SO₂) :

Le dioxyde de soufre est un gaz irritant. Le mélange acido-particulaire (SO₂, particules, sulfates, autres composés acides...) peut, selon les concentrations des différents polluants, déclencher des effets bronchospastiques chez l'asthmatique, augmenter les symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (gène respiratoire, toux, sifflements), et altérer la fonction respiratoire chez l'enfant.

Le dioxyde de carbone (CO₂) :

En conséquence de l'effet de serre additionnel, la température des basses couches de l'atmosphère et de la Terre augmente progressivement. On estime qu'un doublement de la teneur en CO₂ de l'atmosphère, présumé survenir au cours du prochain demi-siècle, provoquerait une augmentation de la température moyenne terrestre d'environ 2°C.

L'ozone (O₃) :

L'ozone est un gaz agressif qui pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. En cas d'exposition prolongée, il provoque, dès 150 à 200 µg/m³, de la toux et une altération pulmonaire, surtout chez les enfants et les asthmatiques. Les effets sont majorés par l'exercice physique et variable selon les individus. Il provoque, de plus, des irritations oculaires.

Cadmium (Cd) et autres métaux lourds :

La toxicité du cadmium est surtout chronique et concerne principalement les reins. Le cadmium est également cancérigène. La maladie « Itai-Itai », décrite initialement au Japon (1967), traduit aussi les perturbations du métabolisme du calcium associé au cadmium, avec apparition de douleurs osseuses et de fractures. Aux concentrations atmosphériques rencontrées dans l'air ambiant, aucun impact respiratoire n'a été observé, mais des expositions professionnelles élevées et durables (> 20 µg/m³ pendant au moins 20 ans) ont entraîné des troubles respiratoires. Le Bureau Européen de l'OMS a proposé une valeur guide pour la concentration de cadmium dans l'air (5 ng/m³).

Les concentrations en métaux lourds rencontrées dans les sols ne sont pas suffisantes pour être phytotoxiques. Mais les métaux lourds s'y accumulent en formant un dépôt inerte à leur surface. Le simple lavage permet de diminuer la charge en éléments toxiques des denrées. Cependant, l'absorption racinaire est une voie de passage efficace dans la plante, notamment pour le cadmium. Mais le sol et les racines constituent généralement un bon filtre contre l'absorption des métaux lourds. De plus, en cas d'absorption, ils sont faiblement transférés vers les parties aériennes (c'est le cas du plomb notamment). Les métaux lourds s'accumulent donc surtout au niveau des racines, et très peu dans les graines et les organes de réserve. Les plantes dont on consomme les racines ne sont pas pour autant les plus exposées : certains légumes à feuilles ou les champignons sont de meilleurs accumulateurs. Le cadmium se concentre plus dans les feuilles (tabac, épinard, laitue, herbe de pâture) que dans la partie consommable des fruits (gousse de haricot), et davantage dans les viscères et les abats que dans les muscles.

Le plomb ne fait pas l'objet d'une modélisation puisque, ayant été interdit dans le supercarburant, il n'y a pas d'émissions de plomb au niveau des routes. Un risque d'accumulation dans les sols demeure néanmoins.

IV.2. EXPOSITION DES POPULATIONS ET COUTS

Les impacts des effets des trafics pour les deux années retenues pour les horizons : 2012 et 2020, avec et sans le projet sont estimés grâce à des indices et des coûts proposés par la circulaire interministérielle N° DGS / SD7B / 2005 / 273 du 25 février 2005 sur les études « air et santé » dans les projets routiers. Il s'agit d'une part de l'indice polluant - population et d'autre part de l'évaluation des coûts collectifs.

IV.2.1. Indice Polluant – Population

Cet indice est calculé à partir des résultats des données de dispersion issues des simulations d'une part, et des données de densité de population d'autre part. Les densités de population à l'îlot ont été fournies par la RATP.

La distribution de l'IPP permet d'appréhender les différences d'exposition suivant les différentes variantes, la solution retenue et l'état de référence. Comme les effets sanitaires sur la population sont proportionnels en première approximation aux concentrations, il peut être affirmé que l'IPP est bien représentatif du risque pour la santé des populations exposées à la pollution d'origine automobile. Dans le cas où il y a de fortes différences (> 20%) entre les indicateurs globaux propres à chaque tracé, il peut être admis que la solution avec le plus faible indice est la meilleure sur le plan santé.

Conformément au guide des études environnement « air », la formule de calcul de l'IPP correspond à la somme des produits entre les concentrations en benzène obtenues dans chaque maille de calcul et les densités de population correspondantes. L'indicateur IPP utilise comme traceur le benzène.

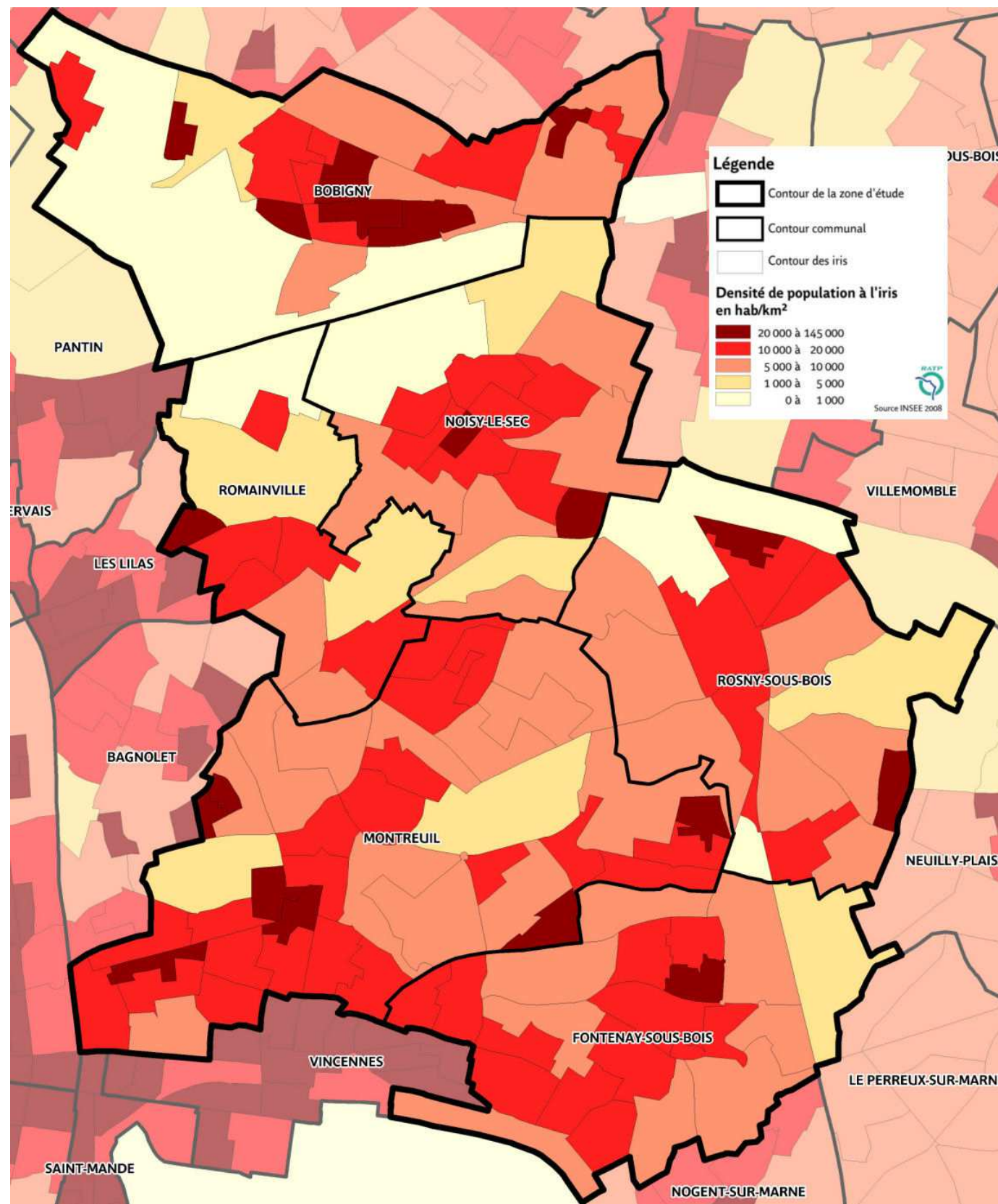


Figure 33 : Zonage de population (2007)

Le tableau suivant présente les résultats du calcul de l'IPP pour les 3 horizons d'étude.

Tableau 25 : Indice Polluant-Population pour le benzène

H1 Etat actuel 2012	907 553
H2 Horizon 2020 sans prolongement du T1	964 878
H3 Horizon 2020 avec prolongement du T1	952 351

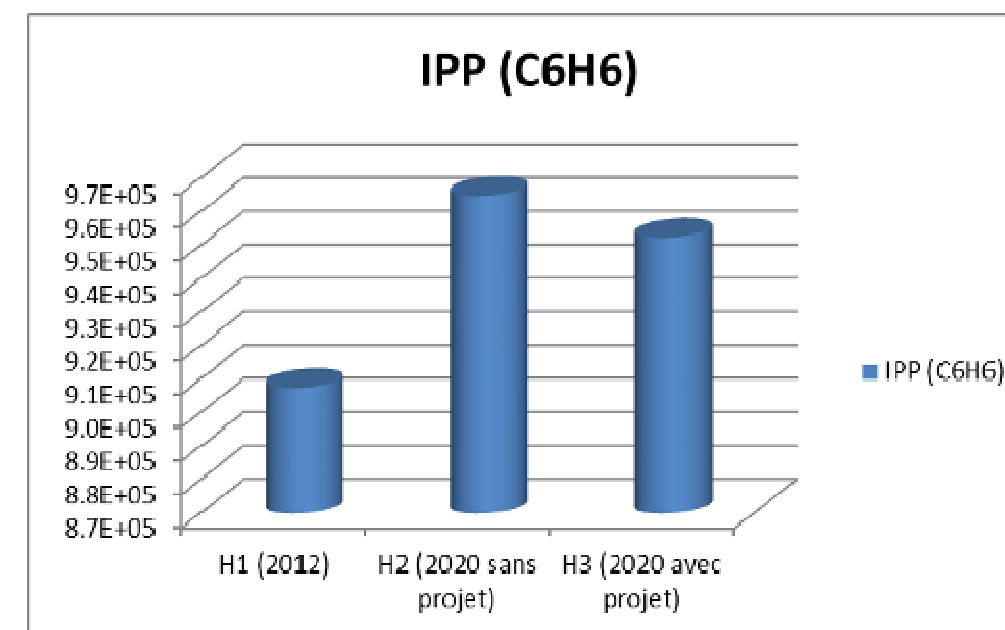


Figure 34 : Comparaison des IPP

Le calcul de l'IPP sur le benzène montre une augmentation de 4.9 à 6.3% entre H1 et, respectivement, H3 et H2 à l'échelle du domaine d'étude. L'indice augmente du fait de la hausse des concentrations en Benzène corrélée au nombre de véhicules. Mais compte tenu des incertitudes, l'augmentation de l'IPP entre l'état initial et les scénarii futurs ne peut pas être considérée comme significative (elle est inférieure à 20%).

La comparaison entre l'IPP H2 (2020 sans prolongement du T1) et H3 (2020 avec prolongement du T1) montre une diminution de l'ordre de 1.3%. Ceci s'explique par la baisse de trafic sur les axes à proximité de zone à forte densité de population notamment dans le centre de Noisy-le-Sec. Les axes subissant une recharge de trafic engendrent des augmentations de la concentration de proximité mais les zones concernées sont moins peuplées. Toutefois compte tenu des incertitudes, la diminution de l'IPP entre H2 et H3 ne peut pas être considérée comme significative (elle est inférieure à 20%).

Les modélisations de l'exposition des populations illustrent le fait que le tramway contribuera à une diminution non significative de l'amélioration de la qualité de l'air.

IV.2.2. Coûts collectifs

L'impact des effets des trafics avec et sans le projet est estimé grâce à des indices et coûts proposés par l'instruction cadre sur l'harmonisation des méthodes d'évaluation des grands projets d'infrastructures de transport du 25 mars 2004 présentant les valeurs à prendre en compte dans l'estimation des coûts de la pollution atmosphérique due à un projet routier. Il s'agit de l'évaluation des coûts collectifs.

L'objectif de ces calculs est d'estimer les coûts engendrés par les infrastructures routières vis-à-vis de la pollution locale et régionale ainsi que vis-à-vis de l'effet de serre. Les valeurs sont données en euros par jour et sont calculées à partir de coefficients forfaitaires indiqués dans l'instruction cadre. Les coefficients pour l'estimation de la pollution locale et régionale sont indiqués dans le tableau suivant.

Tableau 26 : Valeurs 2012 en véh.km (Euro/100 véh.km)

	Urbain dense	Urbain diffus	Rase campagne	Moyenne
Densité (hbts/km²)	>420	Entre 37 et 420	<37	-
Véhicules particuliers	2	0.7	0.1	0.6
Poids lourds	17.6	6.2	0.4	3.9

Compte tenu de la localisation du prolongement du T1 et des axes routiers concernés par l'étude au sein des communes du domaine d'étude, le coût par véhicule considéré pour le calcul des coûts collectifs correspond donc à « l'urbain dense ».

Concernant l'effet de serre, 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 relation coût efficacité : il s'agit du niveau de taxation du carbone contenu dans les émissions de gaz à effet de serre qui permettrait à la France de satisfaire aux engagements 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.

Les tonnages de carbone sont déterminés à partir des consommations directes de produits pétroliers par les véhicules de transport. Le prix de la tonne de carbone est régit par le tableau suivant :

Tableau 27 : Prix de la tonne de carbone

2000 - 2010	Après 2010
100 €/ tonne de carbone, soit 0,066 € par litre d'essence soit 0,073 € par litre de diesel	+ 3% / an

En appliquant ces coefficients aux trafics et émissions des trois horizons, nous obtenons les coûts collectifs suivants :

Tableau 28 : Coûts collectifs selon les horizons

Coûts en Euros/jour	Pollution locale et régionale	Effet de serre
H1 (2012)	97 772	30 444
H2 (2020 sans prolongement du T1)	105 442	41 781
H3 (2020 avec prolongement du T1)	104 853	41 682

Dans le domaine d'étude, les coûts collectifs liés à la pollution locale et régionale augmentent (+7.85%) entre l'année 2012 et l'année 2020 sans prolongement du T1. En 2020, l'aménagement du prolongement du T1 permet une légère diminution (-0.6%) des coûts liés à la pollution locale et régionale.

Les coûts liés à l'effet de serre connaissent une hausse entre 2012 et 2020 sans prolongement du T1 en raison de la hausse estimée du prix de la tonne de carbone et de l'augmentation du trafic et ceci malgré la baisse de la consommation de carburant. En 2020, l'aménagement du prolongement du T1 permet une légère diminution de l'effet de serre (-0.24% par rapport à la situation sans aménagement).

CONCLUSION

Ce rapport a présenté les résultats de l'étude d'évaluation des impacts sur la qualité de l'air du projet de prolongement de la ligne de tramway T1 entre Bobigny et Val de Fontenay.

Cette étude a été menée conformément aux préconisations de la circulaire interministérielle N° DGS / SD7B / 2005 / 273 du 25 février 2005 sur les études « air et santé » dans les projets routiers.

Elle présente les résultats des simulations de dispersion des polluants issus du trafic routier du domaine d'étude effectuées pour les états de référence 2012, 2020.

Le calcul des émissions de polluants atmosphériques par les véhicules a été réalisé en utilisant la méthodologie et les facteurs d'émission du programme européen COPERT IV, ainsi que le parc automobile et son évolution résultant des travaux de l'INRETS, pour chacun des tronçons définis. Les données de Trafics Moyens Journaliers Annuels ont été obtenues auprès des études d'affectation de CDVia sur les axes du domaine d'étude.

L'objectif de cette étude est de quantifier les expositions de la population en moyenne annuelle aux effets sanitaires des polluants sélectionnés comme étant des indicateurs de la pollution routière dans le cadre du projet de prolongement du T1. Il a été nécessaire de simuler 33 conditions météorologiques. Les concentrations ont alors été analysées en moyenne annuelle, reconstituées par sommation pondérée des résultats obtenus pour chaque condition météorologique et pour les scénarios suivants :

- un horizon de référence « 2012 » correspondant à l'année 2012
- un horizon « 2020 sans T1 » correspondant à l'année 2020 sans réalisation du prolongement du tramway
- un horizon « 2020 avec T1 » correspondant à l'année 2020 après réalisation du prolongement du tramway.

La comparaison des résultats obtenus pour les états de référence projetés a permis d'évaluer l'impact combiné de la croissance du parc automobile, de l'évolution de trafic sur certains axes et de l'amélioration technologique des véhicules sur les concentrations des polluants dans le domaine d'étude.

Il en ressort que l'augmentation du nombre de véhicules dans la zone d'étude ne permettra pas une amélioration « naturelle » de la qualité de l'air.

Les concentrations maximales relevées sont sensiblement supérieures dans l'état futur avec tramway que dans l'état futur sans tramway. Ceci s'explique par le report du trafic des axes empruntés par le tramway sur les axes où les concentrations étaient déjà maximales.

Cependant, nous notons que l'IPP et les coûts collectifs sont légèrement inférieurs pour l'état futur avec tramway par rapport à l'état futur sans tramway. L'augmentation du nombre de véhicules dans la zone d'étude ne permet pas une diminution de ces références en passant de l'état initial aux états futurs.

ANNEXE A : LA POLLUTION DE L'AIR ET LE TRAFIC ROUTIER

1. GENERALITES SUR LA POLLUTION DE L'AIR

1.1 DEFINITION

Au sens de la loi sur « l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie », la pollution atmosphérique est « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives ».

1.2. LES POLLUANTS EMIS PAR LE TRAFIC ROUTIER

La pollution atmosphérique a des impacts différents selon l'échelle considérée :

- A l'échelle planétaire ou continentale, les phénomènes découlent de l'action à long terme (effet de serre et destruction de la couche d'ozone).
- A l'échelle régionale, les phénomènes découlent de la dispersion et de la réactivité chimique des polluants atmosphériques. Les effets se font sentir à quelques dizaines ou centaines de kilomètres des sources, après plusieurs semaines ou mois de transport (pollutions acides et physico-chimiques).
- A l'échelle locale, les effets se font sentir à proximité des sources, pendant les heures ou les jours qui suivent l'émission (pollution urbaine ou ponctuelle) (exemple : nuisances olfactives).

C'est à cette dernière que nous nous intéressons principalement dans le cadre de l'étude.

Les principaux polluants émis par le trafic routier sont :

- les oxydes d'azote NO_x :

Les oxydes d'azote (NO_x) avec leur traduction en monoxyde et dioxyde d'azote (NO et NO₂) sont émis pour environ 75% par les véhicules à moteur. Ils sont donc caractéristiques de la pollution automobile et doivent être pris en compte dans l'étude. En région Ile-de-France, 49.4% des émissions d'oxydes d'azote proviennent du trafic routier.

- le monoxyde de carbone CO :

Il provient de la combustion incomplète des produits carbonés, que ce soit dans les véhicules ou dans les installations de chauffage. La contribution du secteur transport représente 63% des émissions du CO.

- les poussières en suspension :

Elles peuvent provenir de phénomènes naturels tels que les éruptions volcaniques, ou d'activités humaines, pour une large part de combustions (moteurs, foyers industriels et domestiques, centrales thermiques) et de certaines industries (cimenteries).

La contribution du trafic aux concentrations en poussières en suspension est variable. Elle va de 35% environ en zone périurbaine jusqu'à plus de 65% en zone urbaine. Elles peuvent être des particules émises à l'échappement ou des particules en re-suspension (poussières déposées sur la route et soulevées lors du passage des véhicules, ou dues à l'usure des pièces mécaniques ou des pneumatiques). Parmi les véhicules à moteur, les véhicules Diesel sont les principaux émetteurs de particules.

Elles présentent une extrême diversité, de taille, de forme, de nature chimique et d'origine. Des classifications différentes peuvent résulter de leurs caractéristiques physiques ou chimiques, de leurs effets sanitaires potentiels, des méthodes de mesures utilisées. Elles regroupent toutes les particules de diamètre inférieur à 100 µm (les plus grosses sont appelées « suies », les plus fines « particules fines »). La mesure des PM10 est normée et très utilisée dans le monde. En revanche, la mesure des PM2,5 est plus délicate : leur masse est moins importante, mais leur mesure est plus intéressante au regard des effets sanitaires. En milieu urbain, la mesure des PM10, qui contiennent 80% en masse de particules de taille inférieure à 2,5 µm, fournit une assez bonne image des concentrations en PM2,5.

L'indice de fumée noire (FN), utilisé en Ile-de-France depuis 40 ans, est l'outil historique d'estimation de la pollution particulaire. Bien qu'exprimé en unité de masse, il ne s'agit pas d'une pesée mais d'une mesure de degré de noirceur des particules déposées sur un filtre. Celui-ci est lié à une teinte des particules, donc à leur nature et à leur surface. Cet indice ne peut être corrélé à une mesure pondérale, mais il est très bien adapté au suivi des particules carbonées et à l'identification de leurs effets. Sans qu'une vraie coupure granulométrique soit effectuée, le principe de prélèvement conduit à la prise en compte des particules de taille inférieure à 5 µm.

Les PM10 ont un comportement dynamique très proche de celui d'un gaz et peuvent donc être modélisées comme tel.

- le benzène C₆H₆ :

Le benzène est un hydrocarbure aromatique dont 80 à 85% des émissions atmosphériques proviennent du trafic routier.

- les hydrocarbures :

Les hydrocarbures (HC) ou les Composés Organiques Volatils (COV) proviennent d'une mauvaise combustion des produits pétroliers (ils sont issus à 45% des transports), de l'évaporation de produits raffinés (bacs de stockage pétroliers, pompes à essence...), de solvants (lors d'application de peintures).

- le dioxyde de soufre SO₂ :

Il provient essentiellement de la combustion de combustibles fossiles contenant du soufre : fuel et charbon. En présence d'humidité, il forme de l'acide sulfurique (H₂SO₄) ou de l'acide sulfureux (H₂SO₃) qui contribuent au phénomène des pluies acides (cette pollution est régionale, voire

transfrontalière comme l'a montré l'exemple des forêts allemandes) et à la dégradation de la pierre et des matériaux de certaines constructions. En région Ile-de-France, seulement 2.8% des émissions d'oxydes d'azote proviennent du trafic routier.

- le dioxyde de carbone CO₂ :

Le dioxyde de carbone (ou gaz carbonique) est un composant naturel de l'atmosphère dont il constitue environ 0,03%. Il est utilisé par les plantes pour la photosynthèse de leurs glucides. Le CO₂ est issu de processus de combustion et sa concentration stable dans l'atmosphère est le résultat d'un équilibre.

Le CO₂ est donc indispensable aux plantes, mais joue aussi un autre rôle important. Grâce à lui et à la vapeur d'eau atmosphérique, une partie du rayonnement infrarouge issu de la terre est absorbé par l'atmosphère ou réfléchi vers le sol. Cet effet de serre établit sur Terre une température moyenne. Sans lui, cette température serait en moyenne de -20°C, avec de très grands écarts, rendant la vie impossible sous les formes connues.

En l'absence d'activité anthropique, la teneur en CO₂ serait à peu près stable. Cependant, la combustion de carbone fossile (par les moteurs à explosion, les installations de chauffage, les centrales électriques) émet de grandes quantités de CO₂, augmentant aussi l'effet de serre.

- les métaux lourds contenus dans les carburants (cadmium Cd...) :

Les principales sources du cadmium sont soit naturelles (notamment du fait de l'activité volcanique), soit liées à l'incinération des ordures ménagères, et aux activités industrielles (métallurgie, raffinage du zinc...) et agricoles (amendement).

Le trafic automobile émet très peu de cadmium comparativement aux autres sources de pollution.

- le méthane CH₄,
- l'ammoniac NH₃,
- l'oxyde nitreux N₂O,
- les dioxines et les furannes.

Dans la liste des polluants évoqués ci-dessus, les polluants réglementés sont :

- le dioxyde d'azote NO₂,
- le monoxyde de carbone CO,
- les poussières en suspension,
- le benzène C₆H₆,
- l'ozone O₃.

L'ozone est un polluant secondaire qui résulte de la transformation photochimique du dioxyde d'azote et des hydrocarbures sous l'effet du soleil.

Il est l'un des principaux gaz de la pollution « photo-oxydante », et contribue également indirectement aux pluies acides ainsi qu'à l'effet de serre. Il produit des baisses de rendement des cultures agricoles.

L'ozone formé à partir des polluants émis par l'activité humaine au sol est à différencier de l'ozone stratosphérique (qui constitue la couche d'ozone entre 12 et 30 km environ) qui protège la Terre des rayons ultraviolets du Soleil. Sans cette couche d'ozone, la vie sur Terre serait impossible.

Parallèlement, le monoxyde d'azote réagit avec l'ozone pour former du dioxyde d'azote et contribue ainsi à l'élimination d'une partie de l'ozone. Pour cette raison, les teneurs en ozone près des routes sont souvent faibles. Il reste un polluant à caractère régional et n'est pas un polluant de proximité. Les

variations des teneurs induites par le projet routier seront donc négligeables par rapport aux teneurs régionales observées.

De plus, la complexité de la photochimie rend difficile sa prise en compte de façon pertinente. Ainsi l'ozone n'est pas modélisé dans cette étude.

Compte tenu des connaissances actuelles sur l'évolution dans l'atmosphère et sur les différents impacts de ces polluants, tous les polluants ne sont pas modélisés dans le cadre de l'étude. Les éléments modélisés sont :

- les oxydes d'azote (NO_x)
- le monoxyde de carbone (CO)
- les composés organiques volatils (COV)
- le benzène (C₆H₆)
- les particules (PM10)
- le dioxyde de carbone (CO₂)
- le nickel (Ni)

1.3. PROSPECTIVE DES EMISSIONS PAR LES VEHICULES

L'étude portant sur « l'évolution du parc automobile Français entre 1970 et 2020 » effectuée par l'INRETS (Béatrice BOURDEAU, 1998) montre que, si le parc statique (nombre de véhicules en service sur un territoire, kilométrage annuel parcouru non pris en compte) a régulièrement augmenté depuis 1970, cette croissance devrait ralentir à l'avenir en raison de la saturation de la demande en véhicules neufs. Cette croissance du parc s'est accompagnée d'un essor du moteur Diesel qui équipait en 1995 une voiture neuve sur deux, et représentait plus du quart du parc. Toutefois, la mise en évidence des problèmes liés à l'usage de l'automobile et les reproches émis à l'encontre des moteurs Diesels devraient aboutir à une augmentation de la diésélisation du parc durant encore quelques années, avant une diminution à son niveau actuel en 2020.

En revanche, 90% des VUL et PL sortent actuellement d'usine équipés de moteur Diesel et ce chiffre devrait atteindre 95% en 2020 pour les véhicules neufs comme pour le parc Les VUL, qui représentaient 70% du parc utilitaire en 1970 devraient atteindre 90% en 2020. Les camions sont quand à eux progressivement remplacés par les tracteurs routiers dont les poids transportés sont en moyenne plus élevés. Le parc des autobus et autocars ne devrait pas subir de changement important d'ici vingt ans.

Si les kilométrages annuels moyens varient faiblement, la répartition selon le type de voies de circulation devrait changer. La proportion des parcours urbains effectués par les VP ou les VUL ne varie pas, mais le nombre de véhicules y est croissant. De façon analogue, le kilométrage annuel sur réseau routier tend à diminuer au profit de celui de l'autoroute, cela étant compensé par l'augmentation du trafic. Le nombre d'usagers du réseau autoroutier devrait être multiplié par 12 entre 1970 et 2020.

Une étude, effectuée en 1994 par le CITEPA, met en évidence la responsabilité dominante des véhicules à essence, alors très majoritairement non catalysés, dans les émissions d'oxyde d'azote (51%) mais encore bien plus de composés organiques volatils (75%). Venaient ensuite, pour les oxydes d'azote, les poids lourds (24%), enfin les véhicules utilitaires légers (17%).

Depuis 1994, bien des choses ont évolué : l'introduction des pots catalytiques sur les véhicules neufs à essence s'est généralisée pour respecter les normes européennes. Les véhicules neufs Diesel sont désormais le plus souvent équipés en pots catalytiques d'oxydation, et pour les poids lourds neufs, une étape de réduction des émissions de CO, NO_x et PM est appliquée depuis le 1^{er} octobre 1996. De plus, le GPL, grâce à une politique fiscale nouvelle connaît un nouveau départ.

Ceci, conjugué aux performances des véhicules neufs, montre l'intérêt d'accélérer le renouvellement du parc circulant en France.

Deux études ont été conduites dans le cadre des travaux d'élaboration du Plan Régional de Qualité de l'Air (P.R.Q.A.) en Ile-de-France afin d'estimer les émissions régionales de polluants.

La première est une mise à jour par le Cabinet MVA Consultants, sur l'initiative des deux constructeurs français, d'une étude de janvier 1996 réalisée pour le Conseil Général d'Ile-de-France. La seconde, confiée après appel d'offres au groupement CARAT-CEREN, a d'abord visé à expertiser, en termes de prospectives d'émissions, l'apport d'études sectorielles (préparation de la ZPS en Ile-de-France de 1997, étude MVA de 1996 citée précédemment) et d'études plus générales disponibles, puis à bâtir une prospective à moyen terme des émissions régionales pour l'ensemble des secteurs d'activité.

L'étude CARAT-CEREN prévoit une division par un facteur 5 des émissions de NO_x par les véhicules à essence (VP et VUL) entre 1994 et 2005. Les émissions des différents polluants par les VP (essence et Diesel réunis) seraient divisées par 3,5, et dans le même temps, celles des VUL seraient divisées par 2,6. Les émissions de NO_x par les poids lourds ne seraient que faiblement réduites (10% environ), atteignant près de la moitié des émissions du trafic routier.

L'étude MVA, quand à elle, prévoit une division des émissions de NO_x par 3 pour les VP, et par 2,4 pour les VUL. En revanche, cette étude montre une réduction beaucoup plus forte des émissions des poids lourds et des autobus à l'horizon 2003 (ensemble : -44%) que l'étude effectuée par CARAT-CEREN. Leur part dans les émissions du trafic resterait cependant largement prépondérante à cet horizon (ensemble : 59,2%).

Les deux études attendent des réductions d'émissions hors évaporation plus prononcées pour les COV que pour les NO_x. La réduction serait en effet de 73% environ en 10 ans selon l'étude CARAT-CEREN, comme le montre la table suivante.

Tableau 29 : 1994-2005 des émissions annuelles de COV dues au trafic routier

(en milliers de tonnes)	1994		2005	
	Emissions	Part	Emissions	Part
VP essence	116,2	82,2%	23,2	60,9%
VP gazole	2,3	1,6%	1,5	3,9%
VUL essence	12,4	8,8%	1,8	4,7%
VUL gazole	2,1	1,5%	1,9	5,0%
PL gazole	0,8	0,6%	3,5	9,2%
Deux-roues	7,6	5,4%	6,2	16,3%
Total	141,4	100,0%	38,1	100,0%
Evaporation d'essence	52,3	-	17,0	-

(Source : Etude CARAT-CEREN)

De plus, cette même étude estime que les émissions de COV par évaporation seront divisées par 3 entre 1994 et 2003. Les deux-roues motorisés, responsables d'un quart des émissions de COV en 1994, devraient eux voir leur part relative s'accroître de 5,4 à 16,3%. Ce résultat est conforté par une étude de la Coordination des Constructeurs de deux-roues motorisés (19% en 2003) et par l'étude MVA (15,9% en 2003).

L'étude MVA prévoit, malgré la croissance escomptée des déplacements motorisés à l'horizon 2003, une très forte réduction des émissions de particules fines, essentiellement dues aux véhicules Diesel, d'ici 2003 (émissions divisées par 3 comme indiqué sur la tableau suivant).

C'est l'effet non seulement des normes toujours plus sévères applicables aux véhicules neufs, mais aussi de l'impact prévisible des normes nouvelles des carburants pour 2003, qui jouent sur l'ensemble du parc de véhicules. La part relative des poids lourds devrait augmenter faiblement de 4,7 à 7,0%.

Le renouvellement du parc, les progrès sur les carburants, les exigences réglementaires toujours plus fort tendent donc à faire baisser les émissions dues au trafic routier.

Tableau 30 : Prospective des émissions journalières de PM10 dues au trafic routier

(en tonnes / jour)	1994		2003	
	Emissions	Part	Emissions	Part
VP	9,47	38,1%	2,76	33,9%
VUL	5,14	20,8%	1,30	16,0%
PL	8,93	36,2%	3,48	42,9%
Autobus	1,15	4,7%	0,57	7,0%
Deux-roues	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Total	24,69	100,0%	8,11	100,0%

(Source : Etude MVA Consultants)

2. RAPPELS SUR LA REGLEMENTATION

Afin de préserver la qualité de l'air des générations futures, de nombreux textes sont apparus, aussi bien au niveau national qu'au niveau européen et international. Trois approches réglementaires coexistent et se complètent :

L'approche « source » vise à contrôler les émissions de polluants par des contraintes sur les émetteurs de polluants, qu'ils soient fixes ou mobiles. L'instauration de valeurs limites d'émissions à partir de 1970, puis leurs réductions successives ont engendré une baisse considérable des émissions unitaires des véhicules. Les valeurs limites d'émissions des véhicules légers ont par exemple été réduites d'environ 90% pour le CO, les hydrocarbures et les NO_x, et de 70% pour les particules entre 1970 et 1996.

L'approche « qualité du milieu » fixe des valeurs de qualité de l'air ambiant à ne pas dépasser, sur la base de la protection de la santé ou des écosystèmes. On y trouve la directive cadre 96/62/CEE du 27 septembre 1996 sur la gestion de la qualité de l'air ambiant (1996), ses directives filles, et pour la

France, la loi sur l'air du 30 décembre 1996. Cette Directive Cadre 96/62/CEE énonce des principes de base en vue de :

- fixer les objectifs de qualité⁽¹⁾ (valeurs guides) et les seuils d'alerte⁽²⁾,
- définir les réseaux de mesure et les méthodes qui permettront d'avoir une évaluation uniforme de la qualité de l'air dans toute l'Union Européenne,
- informer le public des niveaux de pollution (en particulier lorsque les seuils d'alerte sont atteints),
- maintenir la qualité de l'air là où elle est bonne, l'améliorer si besoin est.
- Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

En France, la loi sur l'air définit différentes actions à engager :

- *Surveillance de la qualité de l'air* : la loi prévoit la mise en place d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air avant le 1^{er} janvier 2000. Elle accorde en outre au public, le droit à l'information sur la qualité de l'air et ses effets sur la santé et l'environnement. L'Etat doit publier un rapport annuel sur la qualité de l'air et son évolution possible ainsi qu'un inventaire des émissions de polluants atmosphériques et des consommations d'énergie.
- *Plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA)* : afin d'atteindre les objectifs de qualité de l'air, les préfets élaborent des plans qui définissent les orientations devant permettre de réduire la pollution atmosphérique.
- *Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA)* : Ces plans concernent les agglomérations de plus de 250 000 habitants et certaines zones où les valeurs limites peuvent ne pas être respectées. Ils définissent aussi les procédures d'alerte
- *Etudes d'impact* : Elles sont réalisées dans le cadre de la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature et doivent intégrer l'étude des effets des ouvrages sur la santé. En outre, dans le cas des infrastructures de transport, l'étude doit comporter une analyse des coûts collectifs et des avantages du projet pour la collectivité.

Elle contient aussi des dispositions applicables aux plans de déplacements urbains (PDU), à l'urbanisme, et enfin, des mesures techniques nationales de prévention de la pollution atmosphérique et d'utilisation rationnelle de l'énergie.

De plus, le décret n°74-415 du 13 mai 1974 relatif aux « contrôles des émissions polluantes dans l'atmosphère et à certaines utilisations de l'énergie thermique » (modifié) a vu la création de zones de protection spéciales (ZPS). Dans chaque département, les ZPS sont instituées par arrêté interministériel dans des zones où la pollution atmosphérique est jugée trop forte. Ces arrêtés peuvent imposer des contraintes permanentes à certaines installations fixes, par exemple sur les combustibles ou l'entretien des appareils de combustion. Il existe actuellement 5 zones de protections spéciales :

- L'ensemble des départements d'Ile-de-France (2 zones géographiques : Z1, départements de Paris, Hauts de Seine, Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne ; Z2, départements de Seine-et-Marne, des Yvelines, de l'Essonne et du Val-d'Oise),

¹ Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

² Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement à partir duquel des mesures d'urgences doivent être prises.

- Département du Nord,
- Département du Rhône,
- Département des Bouches-du-Rhône,
- Département du Bas-Rhin.

Ces ZPS sont amenées à être progressivement remplacées par les PPA.

L'approche « *plafonds nationaux d'émissions* », essentiellement internationale, vise à diminuer les quantités globales de polluants par les Etats, dans l'objectif de protéger le milieu naturel ou la santé. Sont concernés essentiellement les polluants susceptibles de se déplacer au-delà des frontières et qui ont un effet néfaste, comme les polluants acides ou les précurseurs de l'ozone troposphérique.

2.1. AIR AMBIANT

Depuis 1980, la Communauté européenne a établi des valeurs limites à ne pas dépasser ainsi que des valeurs guides (objectif de qualité) pour différents polluants atmosphériques. Ces directives européennes (1999/30/CE et 2000/69/CE) ont donné lieu, en France, au vote de différents décrets relatifs à la qualité de l'air, à ses effets sur la santé et à sa surveillance.

Les critères nationaux de qualité de l'air résultent du décret n°2002-213 du 15 février 2002 relatif à la surveillance et la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites. Ils ont été définis à partir des recommandations de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et d'études épidémiologiques.

La plupart des réglementations et des seuils pour les polluants atmosphériques dus au trafic routier sont regroupés dans les tableaux 31 et 32.

Tableau 31 : Recommandations de l'OMS pour la protection de la population générale contre la pollution atmosphérique

Valeurs guides pour des polluants pris isolément et pour des effets autres que le cancer, odeur et gêne

(en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air)	Durée d'exposition					
	10-15min	30 min	1 heure	8 heures	24 heures	Année
Benzène					120	
Dioxyde d'azote (NO ₂)			200		150	40
Dioxyde de soufre (SO ₂)	500		350		125	50
Monoxyde de carbone (CO)	100 000	60 000	30 000	10 000		
Ozone (O ₃)				120		
Particules (PM10)					70	
Plomb (Pb)						0,5
Particules totales en suspension (PTS)					120	
Fumées noires (FN)					125	50
Formaldéhyde (HCHO)		100				
Toluène (CH ₃ C ₆ H ₅)					7500	

Tableau 32 : Normes de qualité de l'air françaises (Décret n°2002-213 du 15 février 2002 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limite)

	Seuil d'information (1)	Seuil d'alerte	Valeurs limites	Objectifs de qualité
NO ₂	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH ¹¹	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH si dépassement la veille de ce seuil et risque de dépassement le lendemain.	2001 : 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MA ¹² 290 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH (pas plus de 0,2% du temps) 2010 : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MA 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH (pas plus de 0,2% du temps) 2001-2010 : Décroissance linéaire NO _x < 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (protection des écosystèmes)	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MA
SO ₂	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH sur 3 heures consécutives.	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MA et hivernale (écosystèmes) 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MJ (pas plus de 0,8% du temps) 2001 : 470 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH (pas plus de 0,3% du temps) 2005 : 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH (pas plus de 0,3% du temps) 2001-2005 : Décroissance linéaire	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MA
O ₃	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH	360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH		110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne 8 heures (santé) 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH (végétation) 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MJ (végétation)
PM10			2001 : 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MA 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH (à ne pas dépasser plus de 9,6% du temps) 2005 : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MA 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MH (à ne pas dépasser plus de 9,6% du temps) 2001-2005 : Décroissance linéaire dans le temps	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MA

¹¹ Moyenne horaire
¹² Moyenne annuelle

2.2. EMISSIONS DES VEHICULES – REGLEMENTATION EUROPEENNE

Les préoccupations vis-à-vis de la dégradation de la qualité de l'air ont poussé les autorités américaines, puis plus tardivement les instances européennes, à adopter une réglementation stricte afin de réduire les émissions de polluants par les gaz d'échappement des véhicules. La part des transports dans les émissions anthropiques, l'augmentation du nombre de véhicules, ainsi que l'étude des effets des polluants sur la santé et l'environnement ont poussé les pouvoirs publics à adopter des normes de plus en plus strictes.

A chaque nouvelle étape, les véhicules neufs doivent donc répondre à des normes d'émissions plus strictes en fonction de leur taille et du carburant qu'ils consomment. La mise au point de nouvelles technologies, telles que le pot catalytique (qui équipe les VP et les VUL à essence depuis juillet 1992 et les véhicules Diesel depuis le 1^{er} janvier 1997) peut s'avérer nécessaire afin de respecter ces normes.

Les valeurs à ne pas dépasser sont déterminées selon un protocole expérimental très précis, qui servira pour l'homologation des véhicules et l'étude de conformité en production. Les émissions sont mesurées alors que le moteur est soumis à des conditions de conduites représentatives de leur utilisation dans différentes circonstances de la circulation réelle (successions de phases d'accélération, décélération, ralenti, vitesse constante). Les gaz concernés par ces normes sont le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures totaux (HC), le monoxyde (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) rassemblés sous le terme d'oxydes de carbone NO_x, auxquels viennent s'ajouter les particules en suspension.

ANNEXE B : ACCREDITATION DU LABORATOIRE D'ANALYSES PASSAM



ANNEXE C : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS DES POLLUANTS POUR L'HORIZON H1 (ETAT INITIAL 2012)

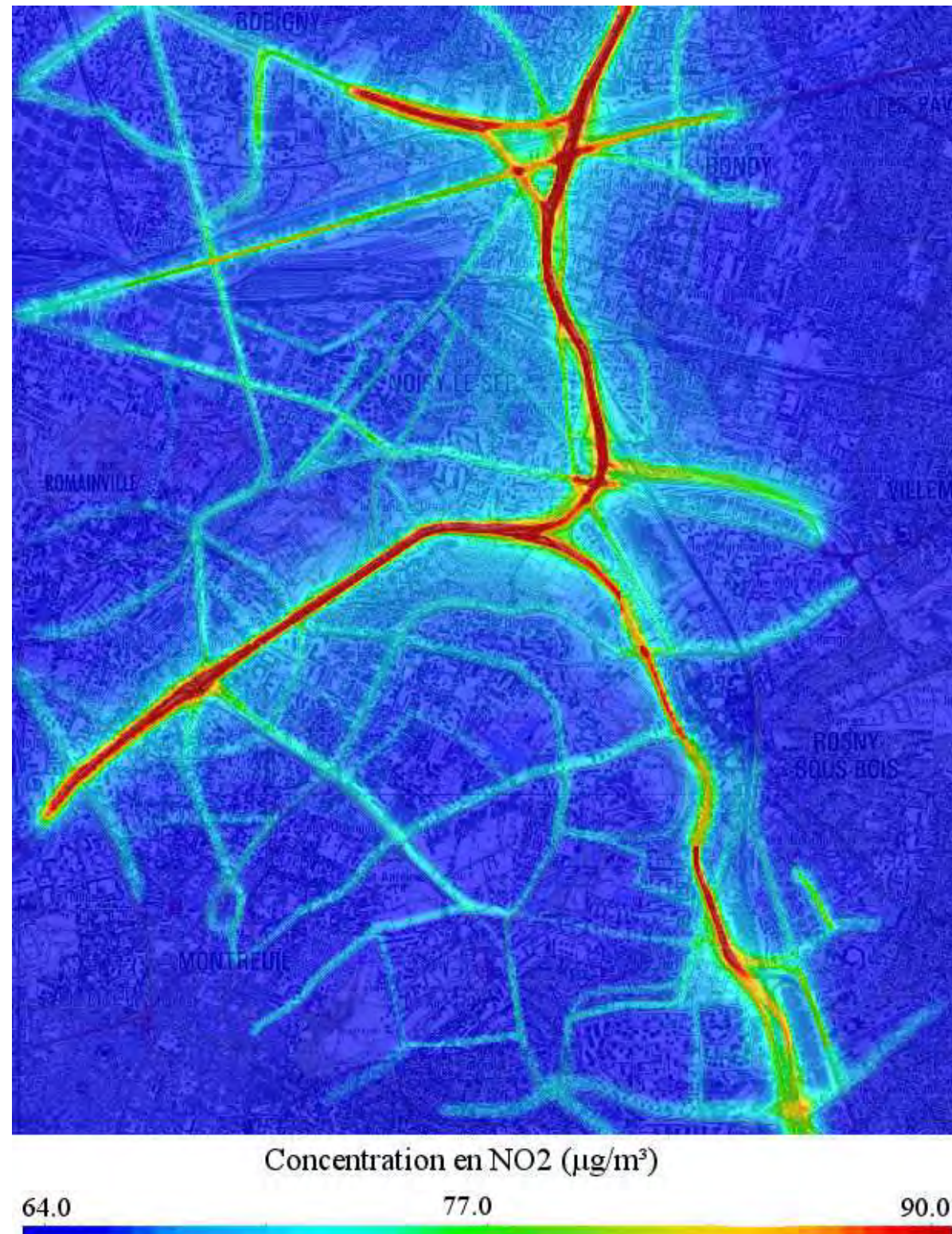


Figure 35 : Concentrations en NO₂ à 1,5 m pour l'horizon H1

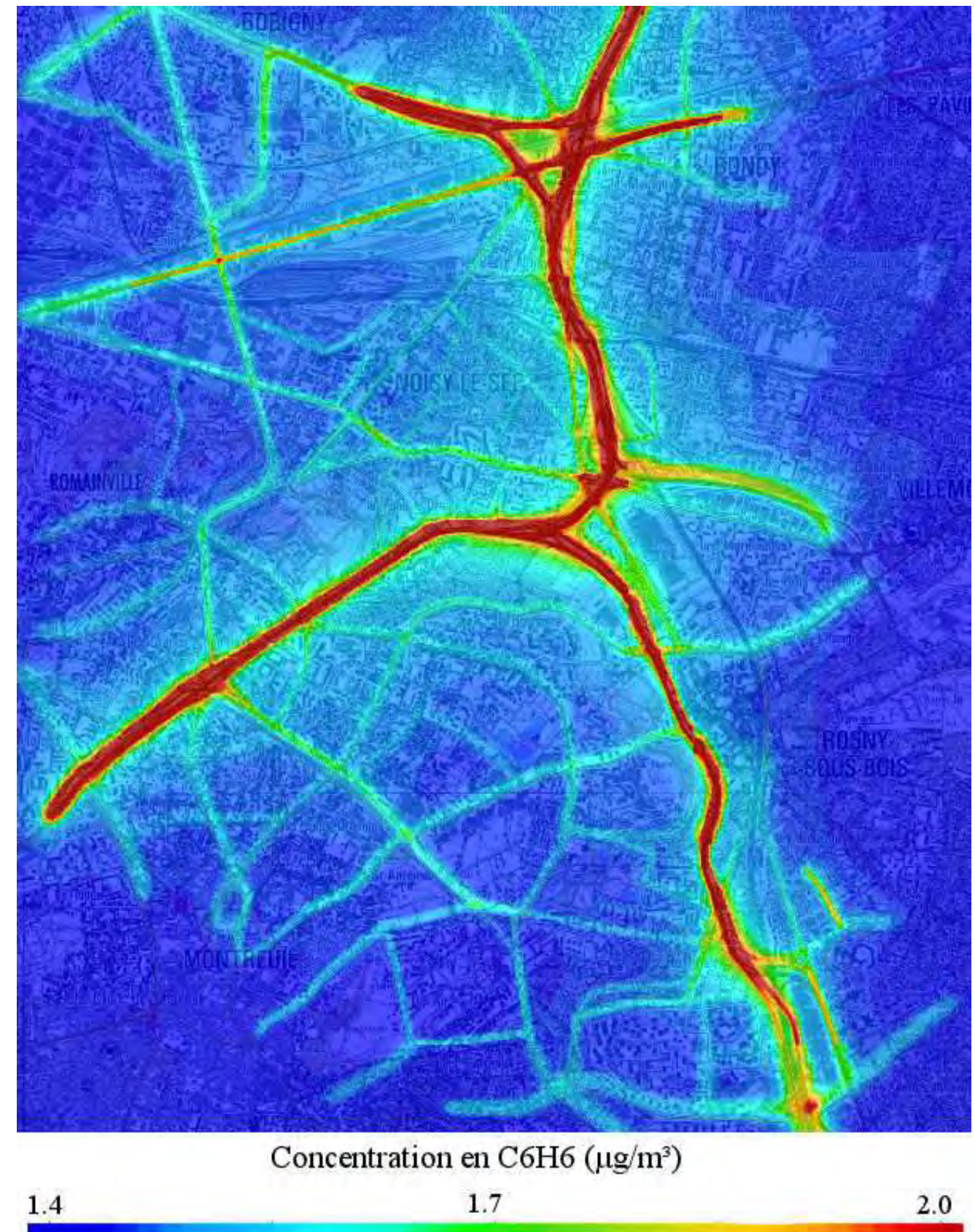
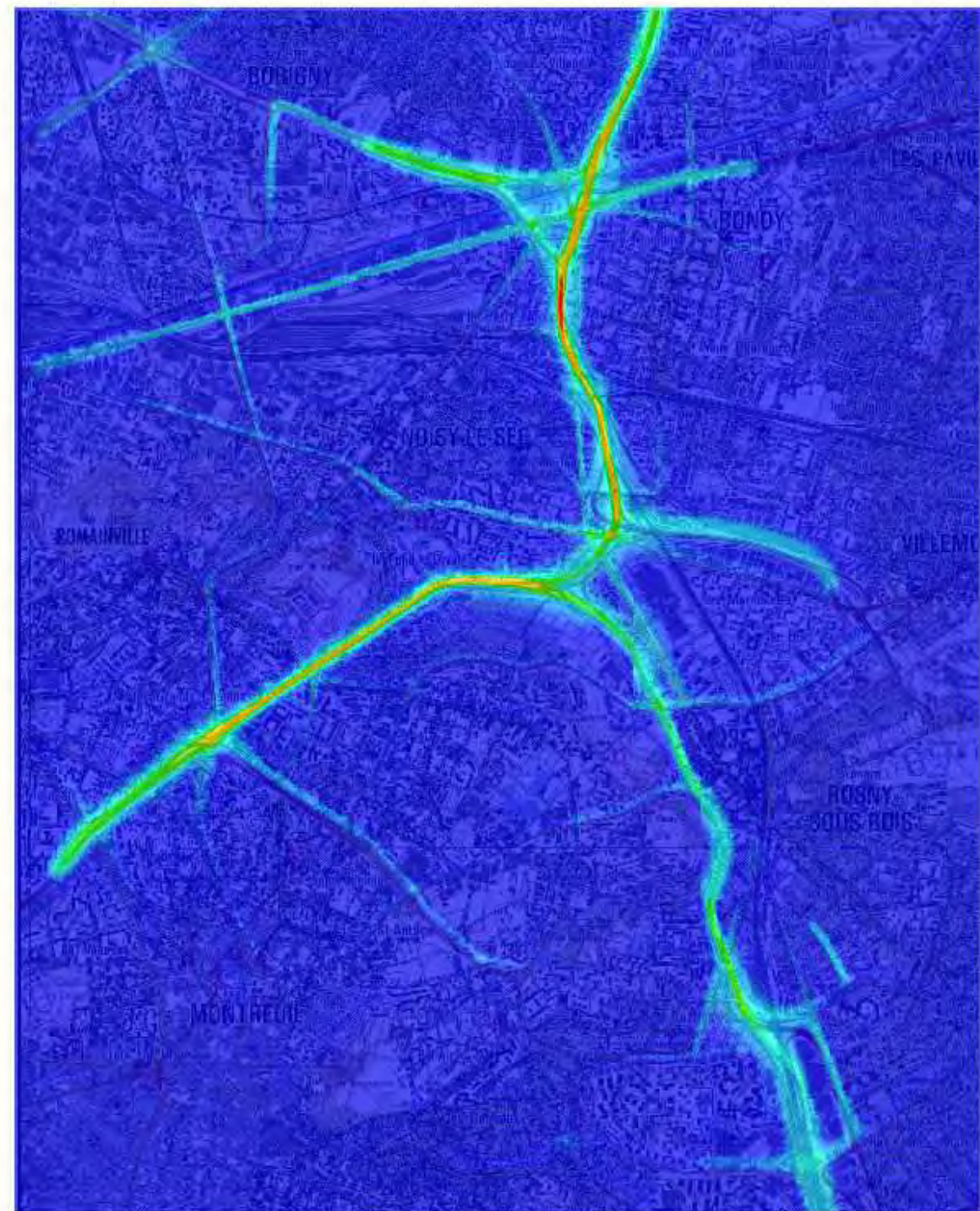
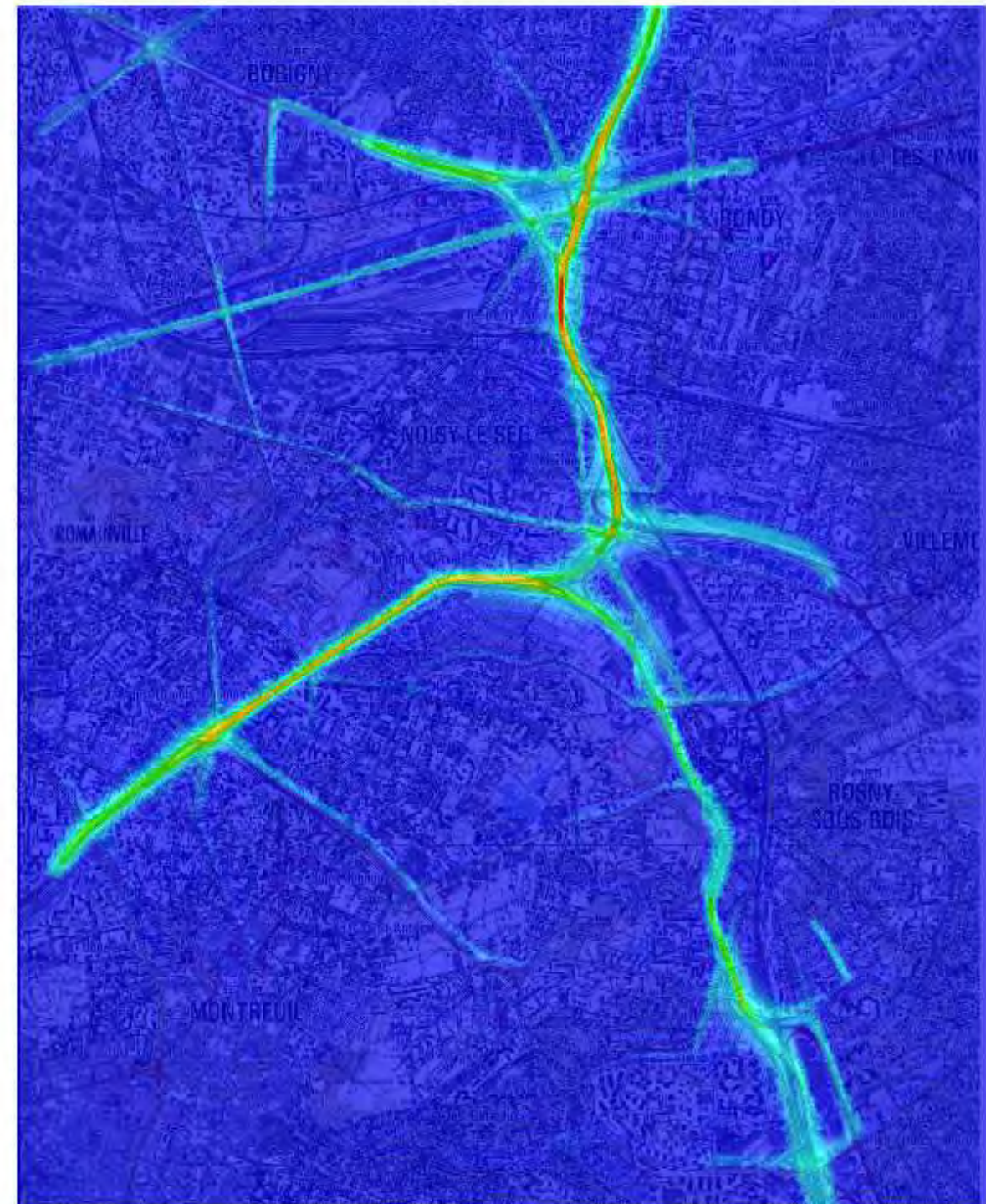
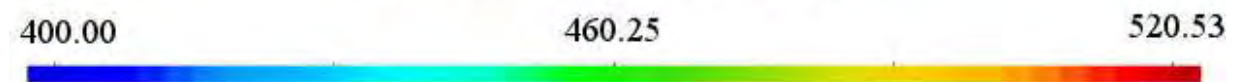


Figure 36 : Concentrations en C₆H₆ à 1,5 m pour l'horizon H1



Concentration en CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Concentration en Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

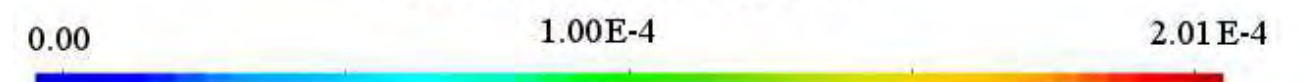
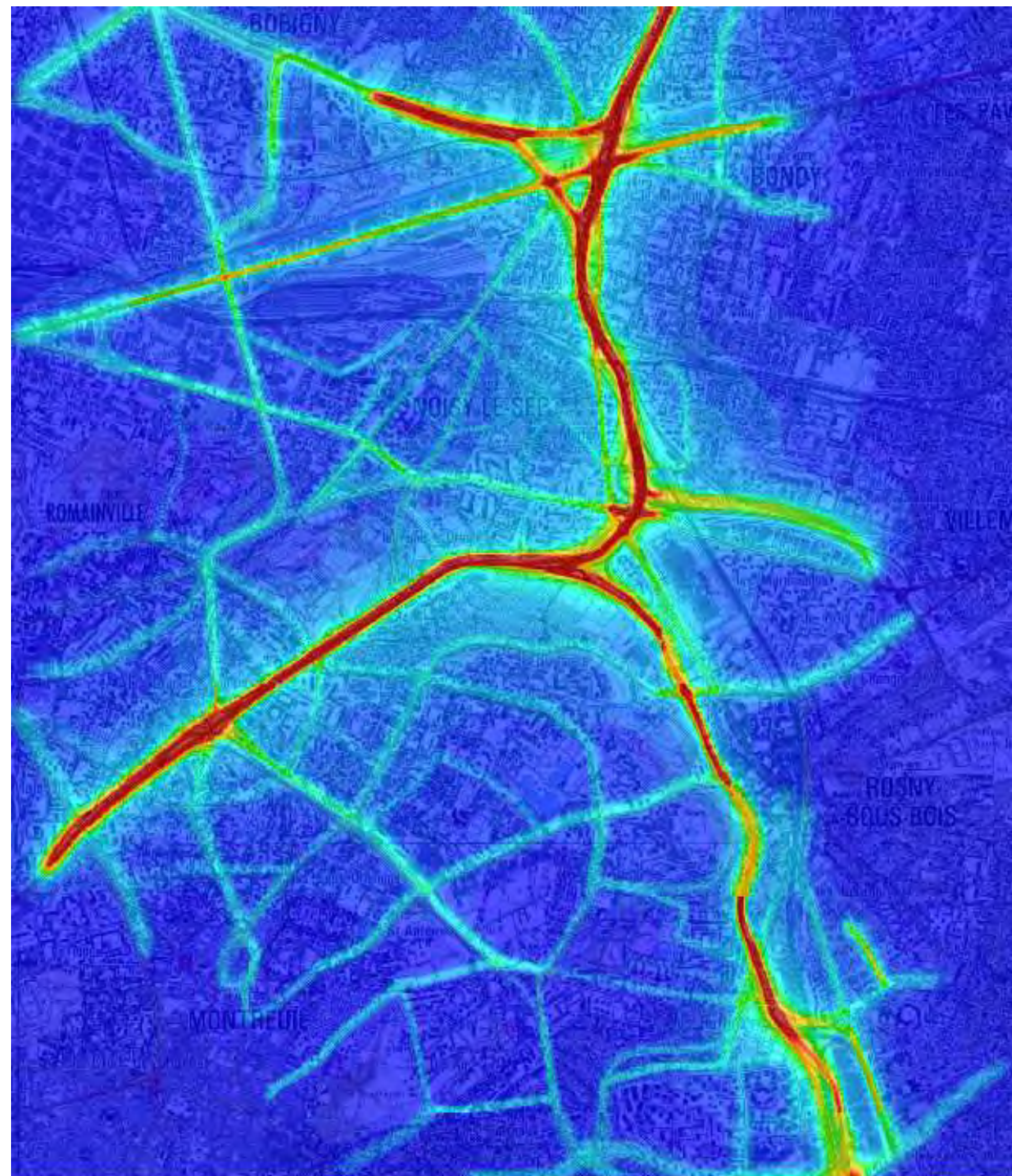


Figure 37 : Concentrations en CO à 1,5 m pour l'horizon H1

Figure 38 : Concentrations en Cd à 1,5 m pour l'horizon H1



Concentration en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

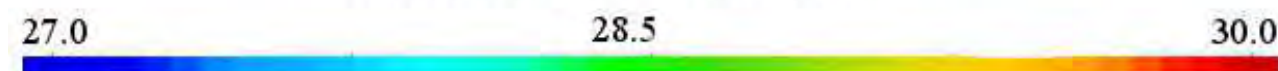
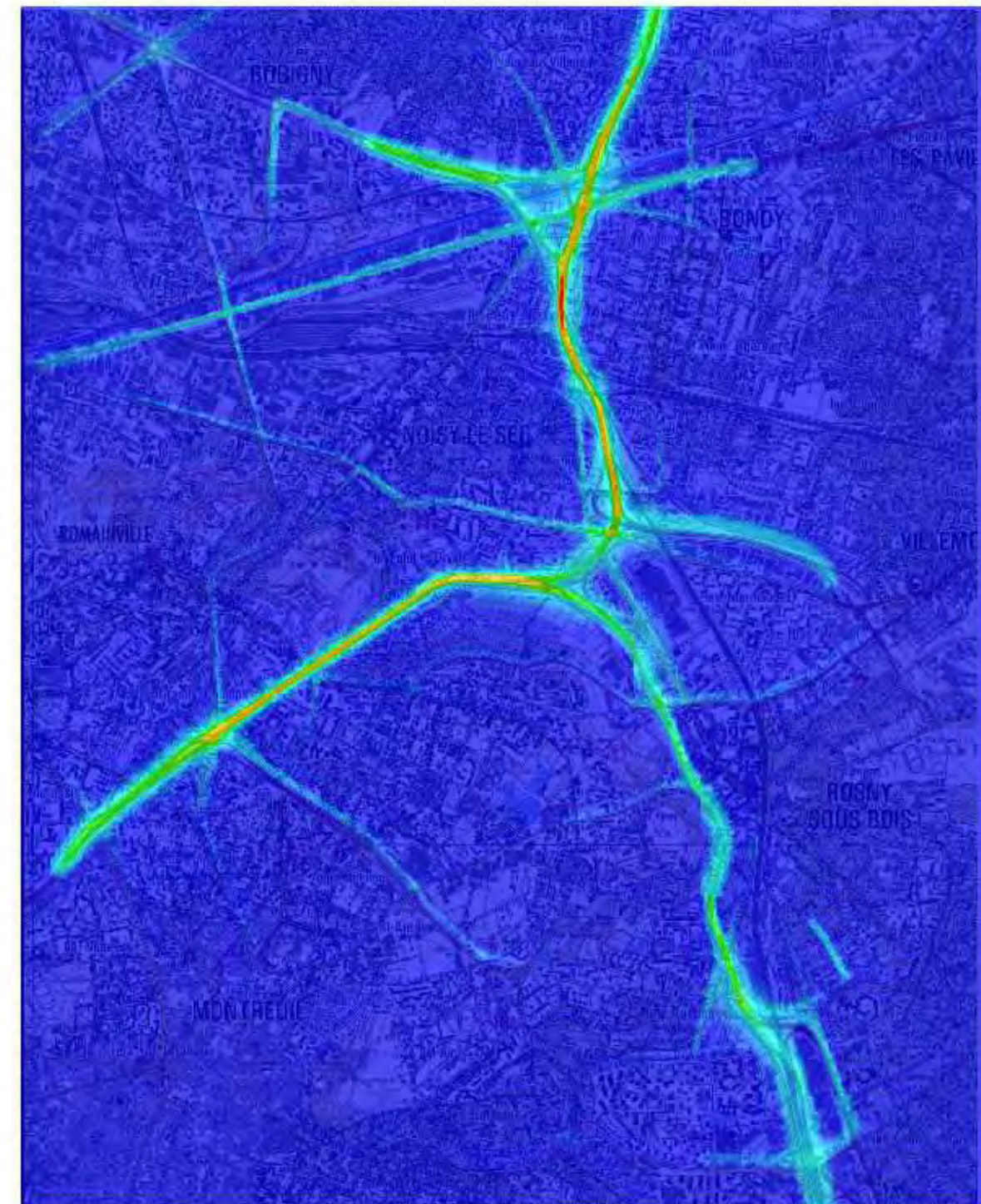


Figure 39 : Concentrations en PM₁₀ à 1,5 m pour l'horizon H1



Concentration en Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

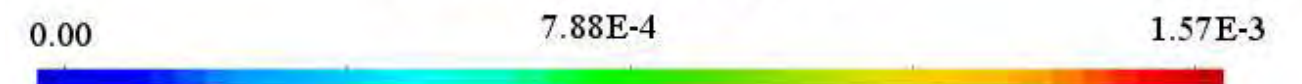


Figure 40 : Concentrations en Ni à 1,5 m pour l'horizon H1

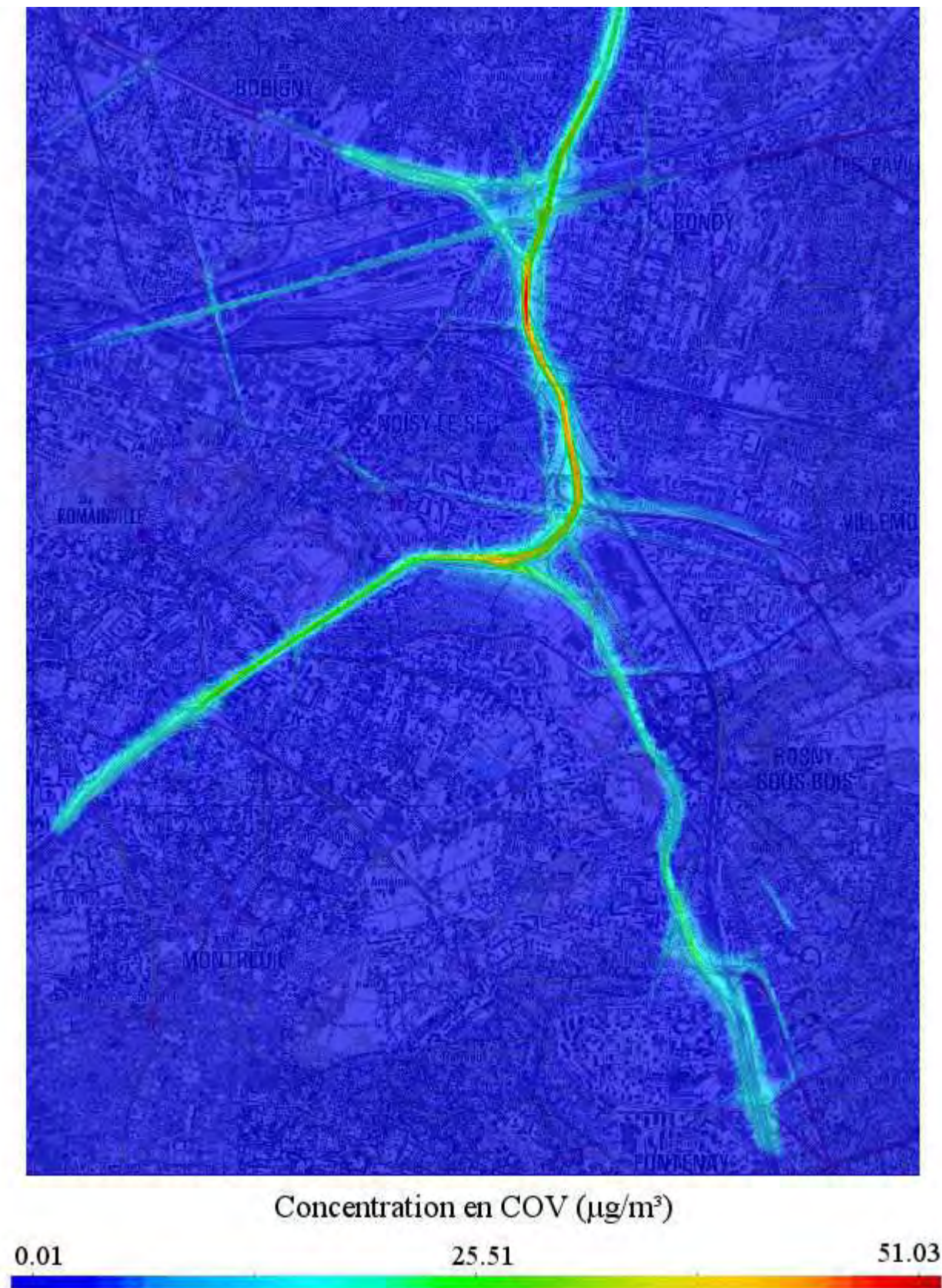
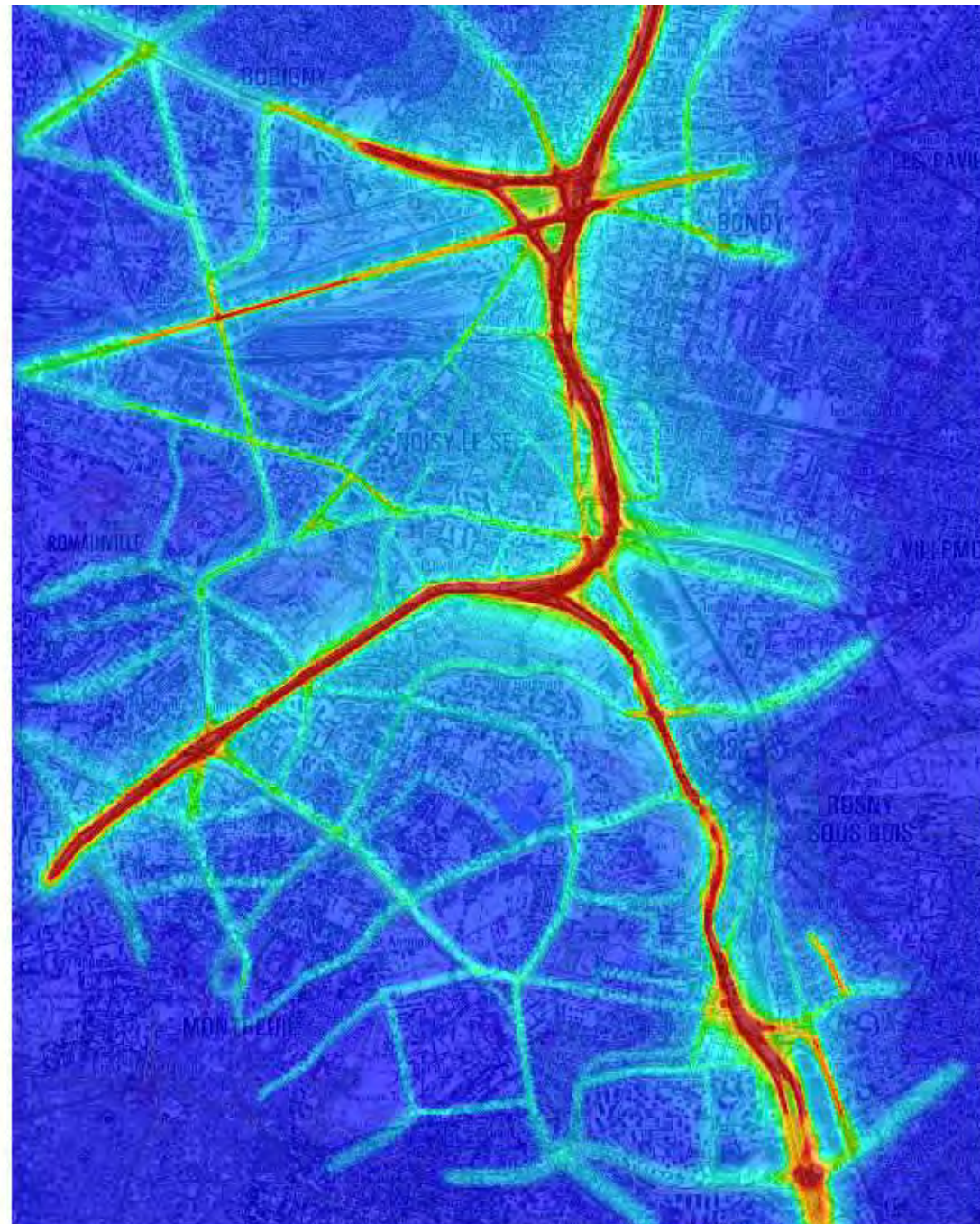


Figure 41 : Concentrations en COV à 1,5 m pour l'horizon H1

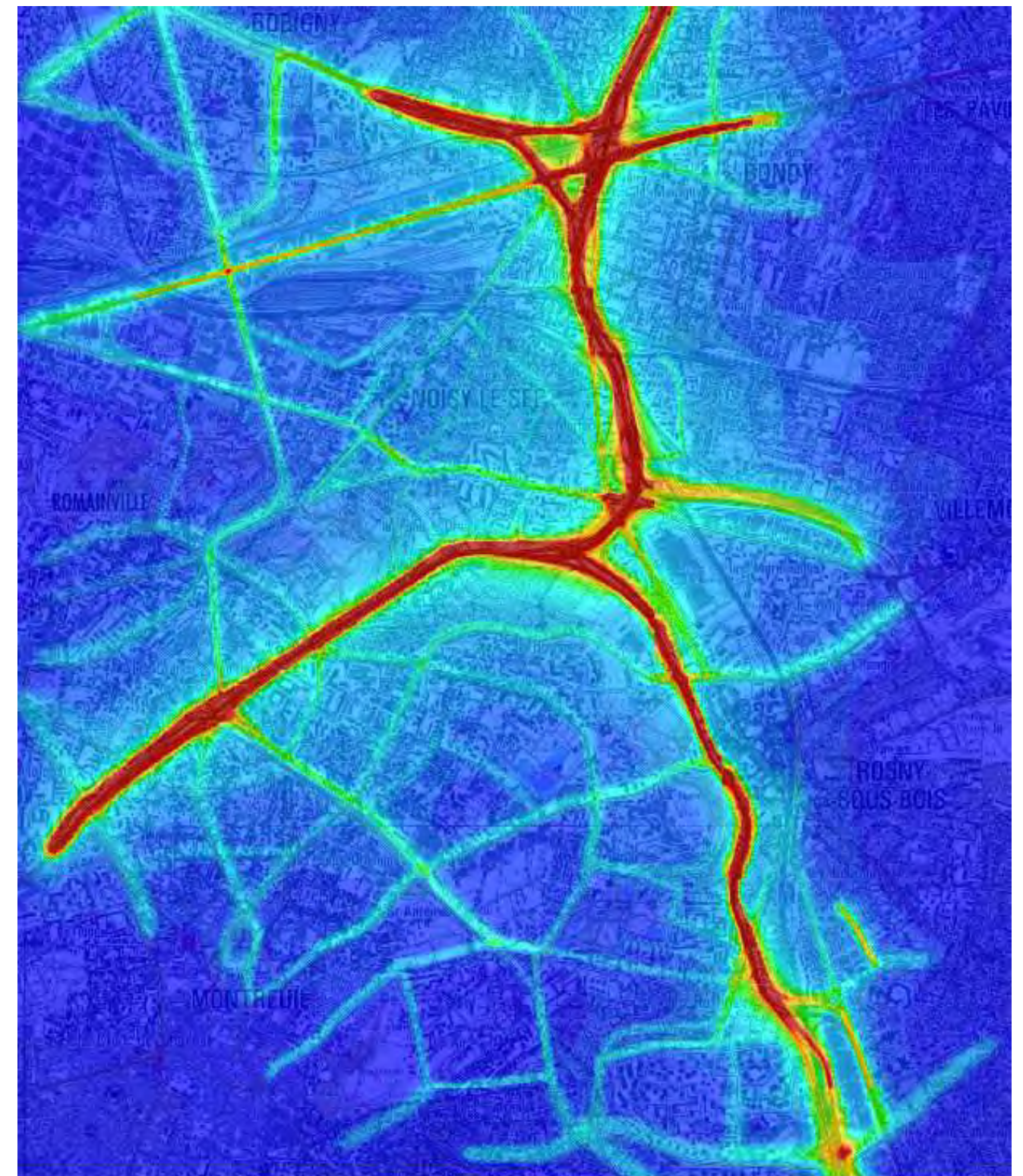
ANNEXE D : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS DES POLLUANTS POUR L'HORIZONS H2 (2020 SANS PROJET)



Concentration en NO₂ (µg/m³)

59.00 69.50 80.00

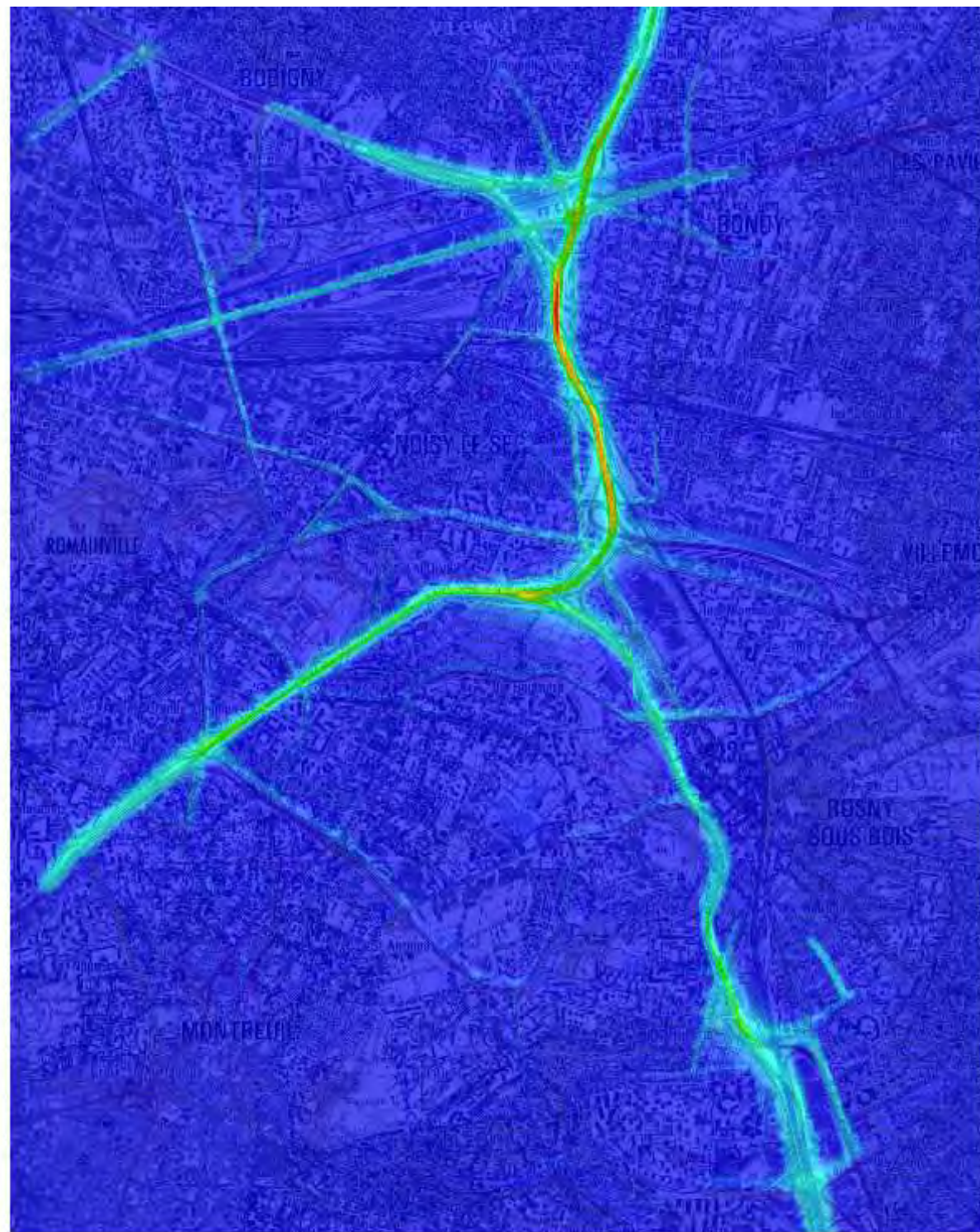
Figure 42: Concentrations en NO₂ à 1,5 m pour l'horizon H2



Concentration en C₆H₆ (µg/m³)

1.4 1.7 2.0

Figure 43 : Concentrations en C₆H₆ à 1,5 m pour l'horizon H2



Concentration en CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

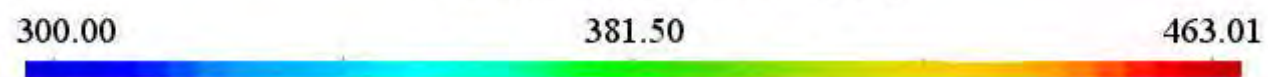
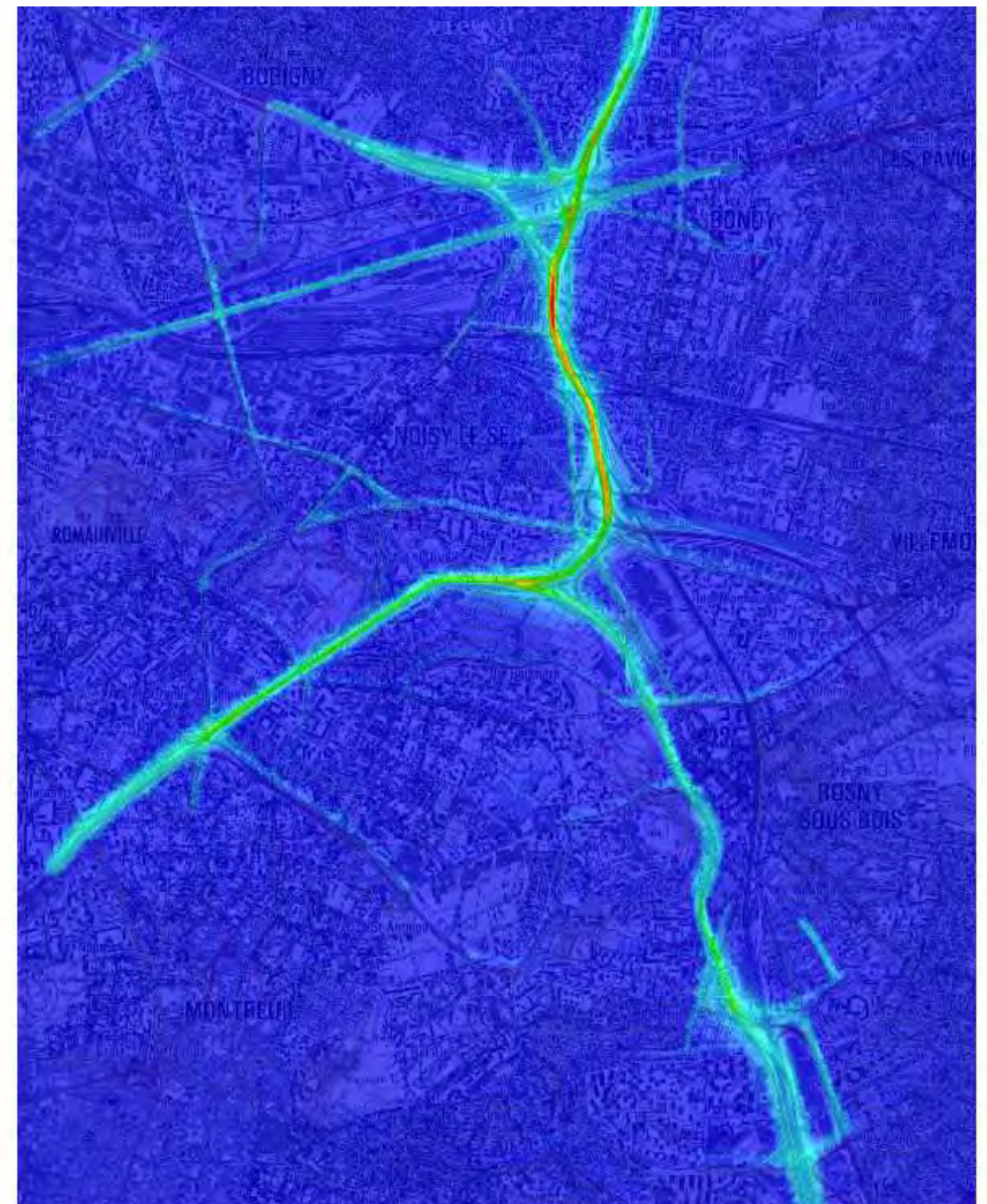


Figure 44 : Concentrations en CO à 1,5 m pour l'horizon H2



Concentration en Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

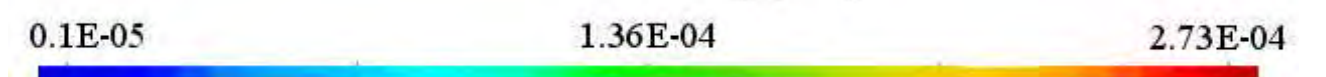
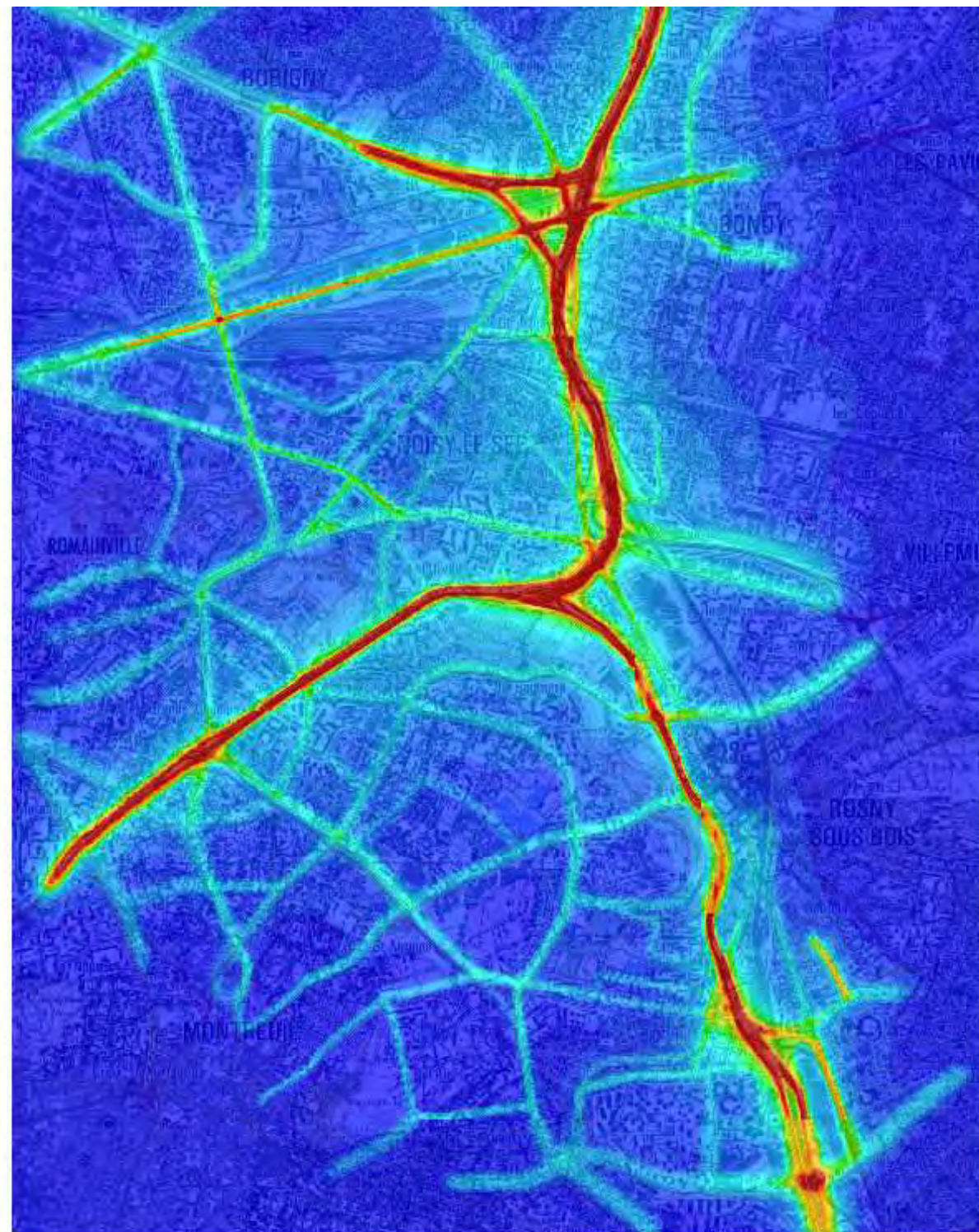


Figure 45 : Concentrations en Cd à 1,5 m pour l'horizon H2



Concentration en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

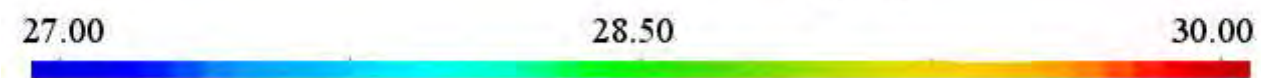
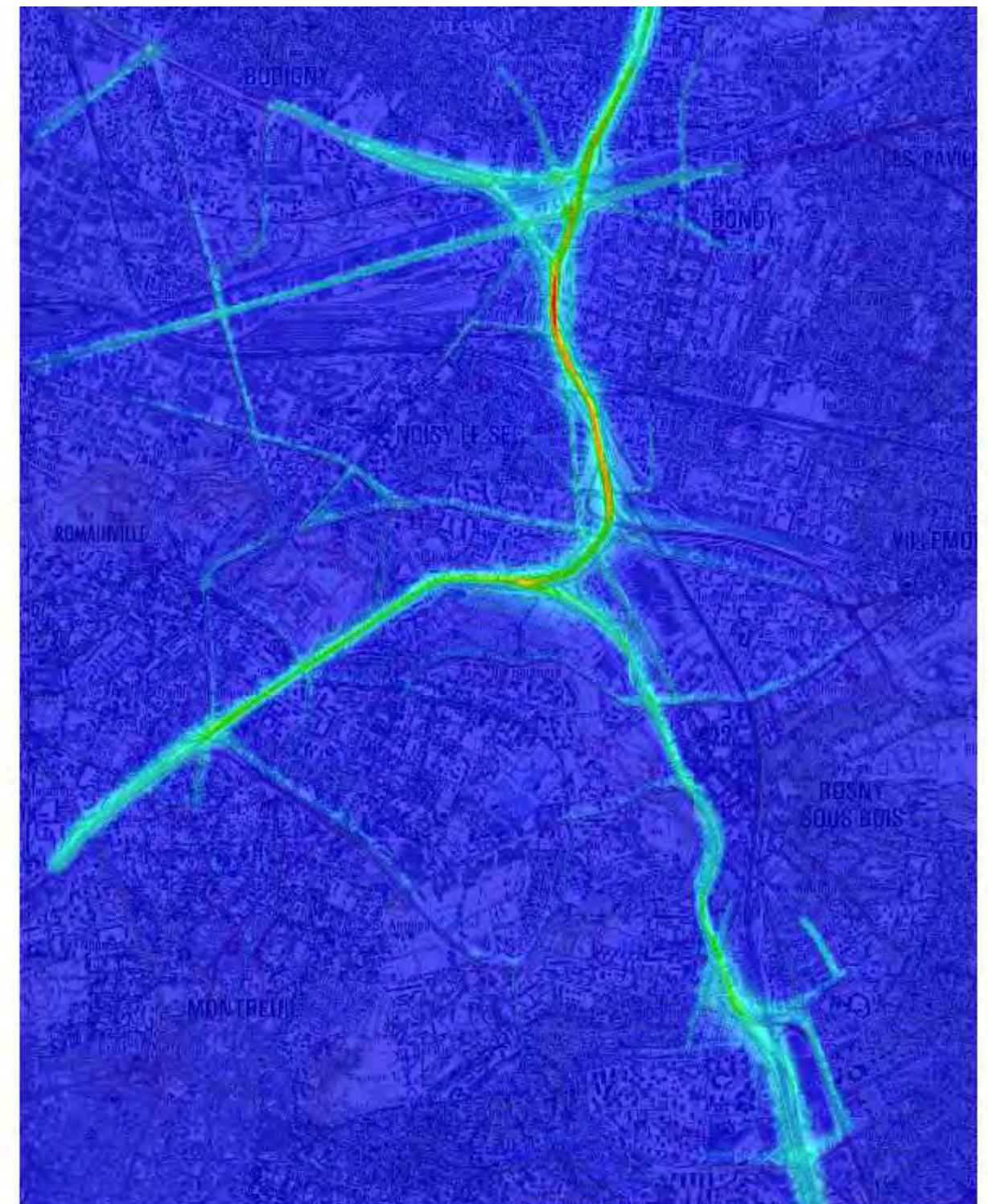


Figure 46 : Concentrations en PM₁₀ à 1,5 m pour l'horizon H2



Concentration en Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

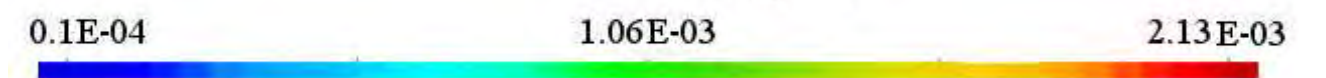


Figure 47 : Concentrations en Ni à 1,5 m pour l'horizon H2

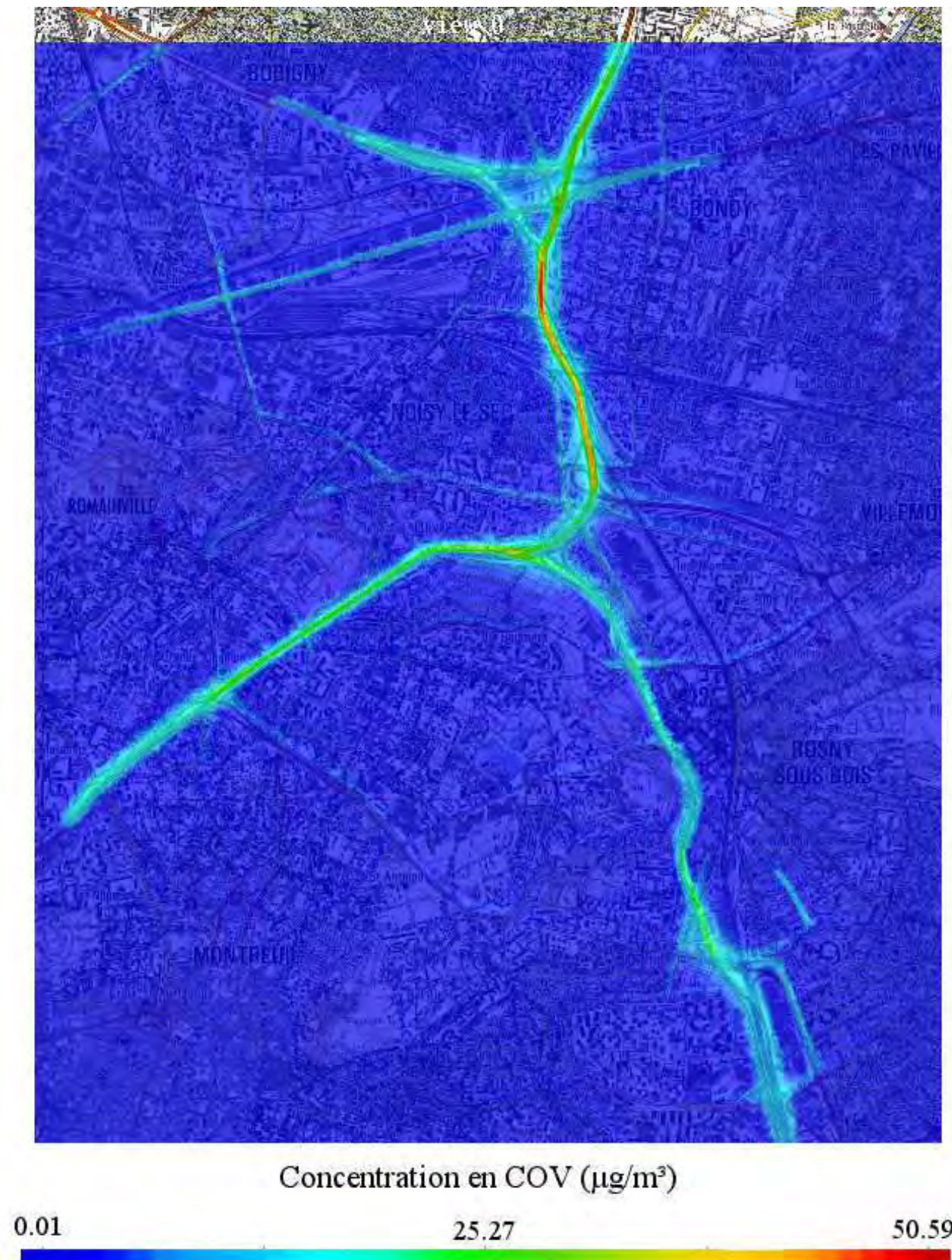
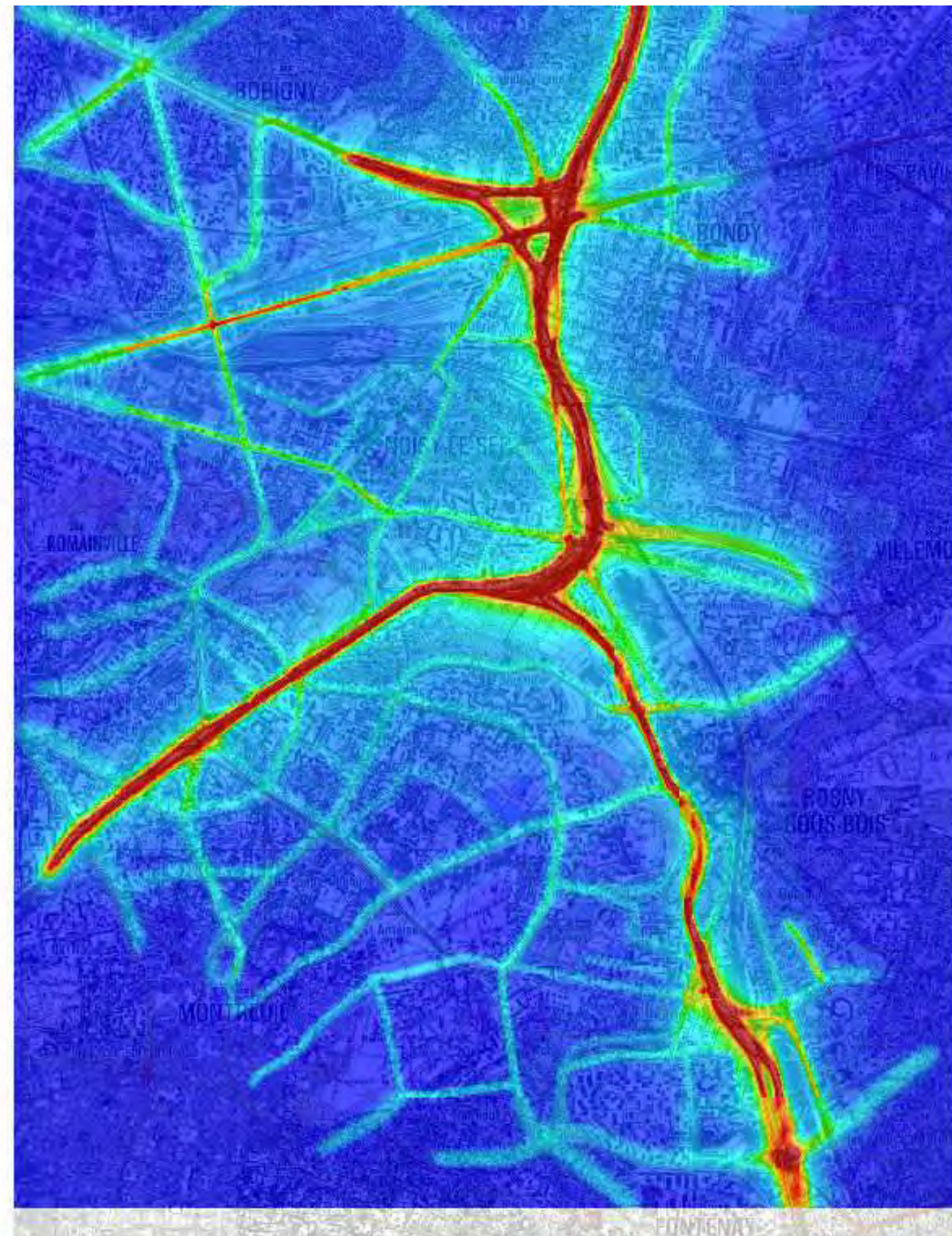


Figure 48 : Concentrations en COV à 1,5 m pour l'horizon H2

ANNEXE E : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS DES POLLUANTS POUR L'HORIZONS H3 (2020 AVEC PROJET)



Concentration en NO₂ (µg/m³)

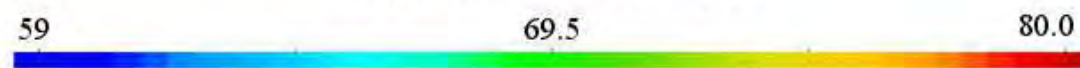
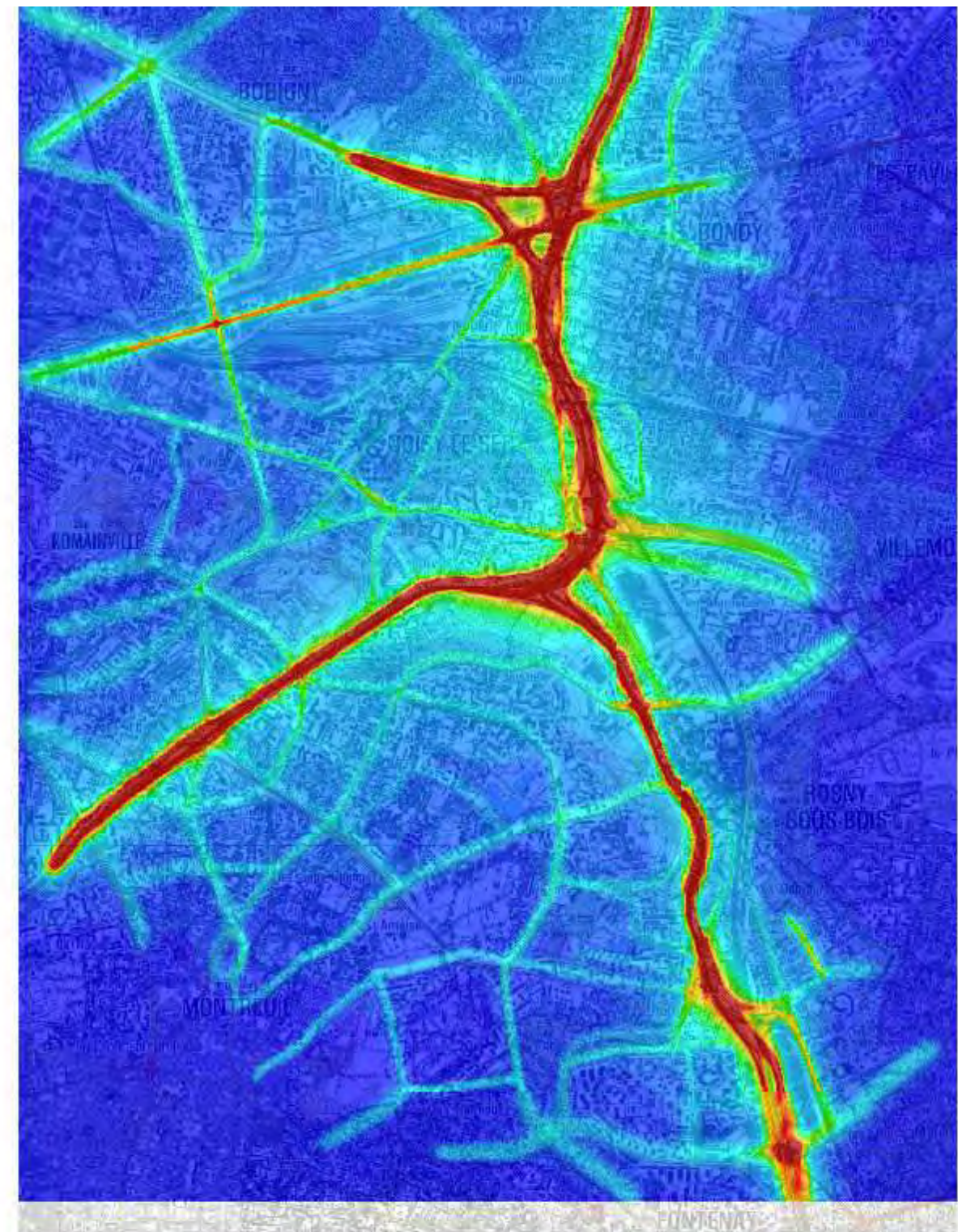


Figure 49: Concentrations en NO₂ à 1,5 m pour l'horizon H3



Concentration en C₆H₆ (µg/m³)

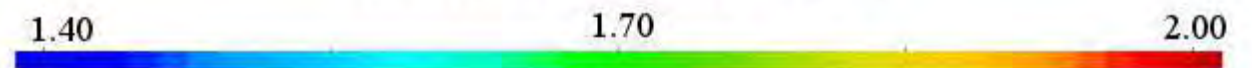


Figure 50 : Concentrations en C₆H₆ à 1,5 m pour l'horizon H3



Figure 51 : Concentrations en CO à 1,5 m pour l'horizon H3

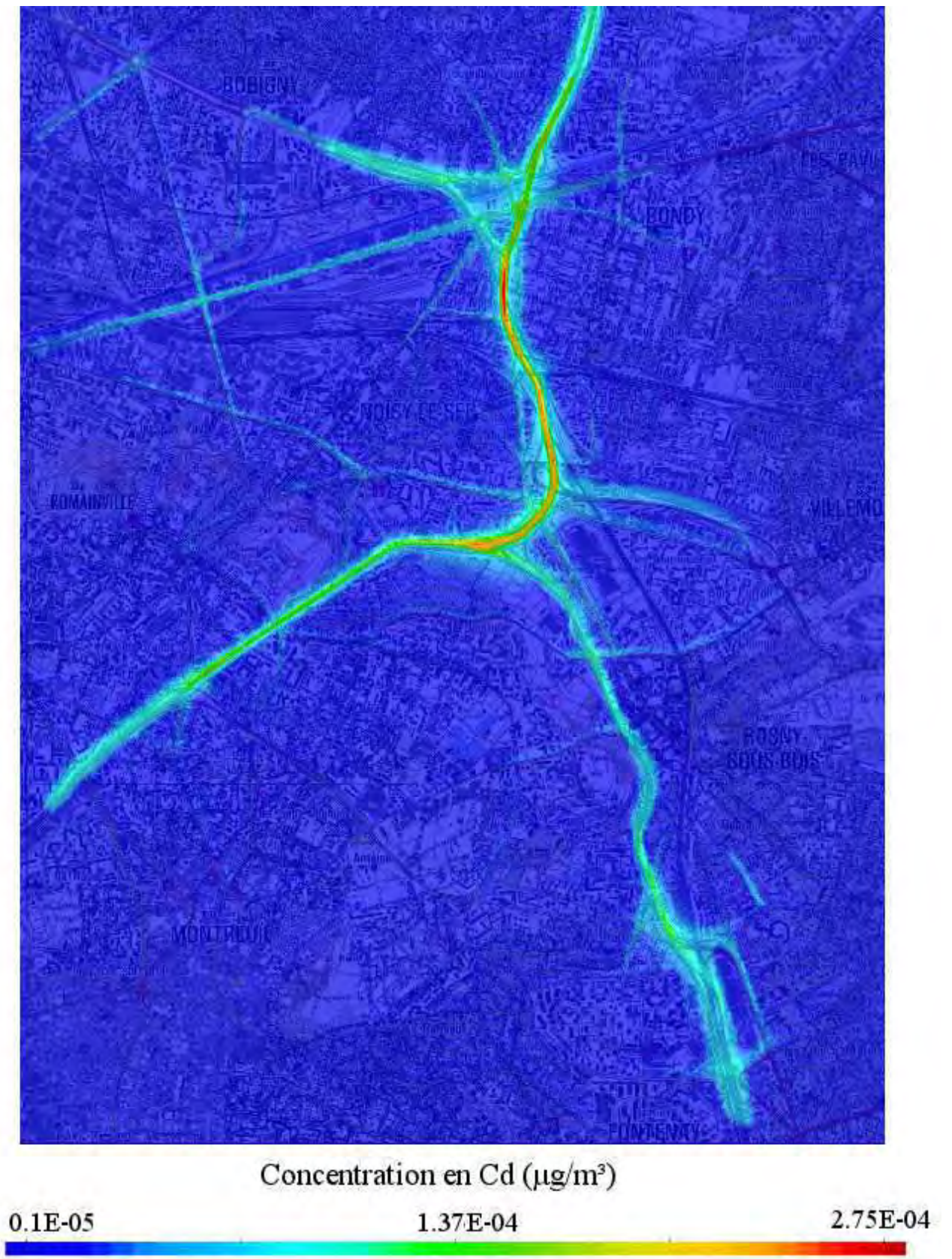
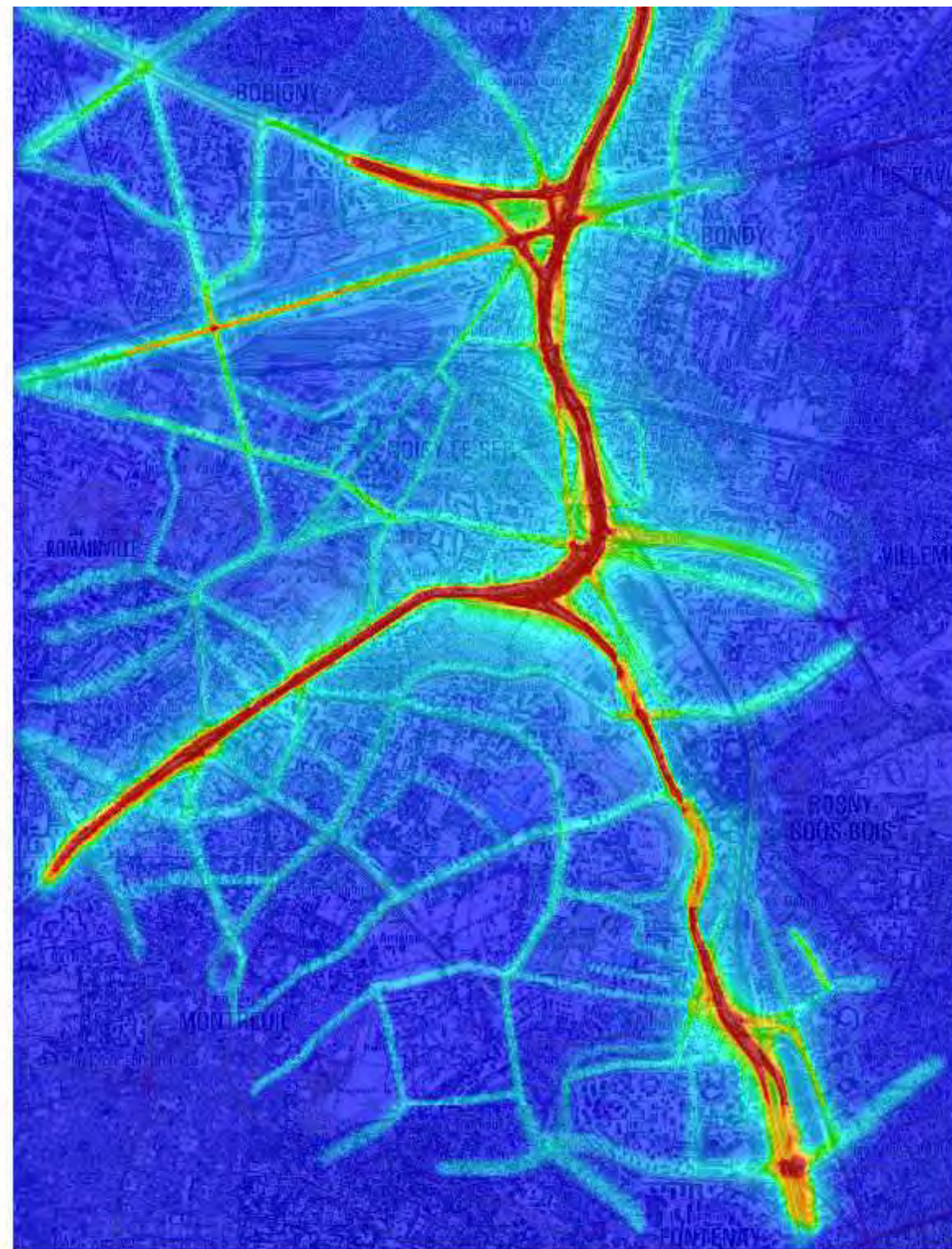
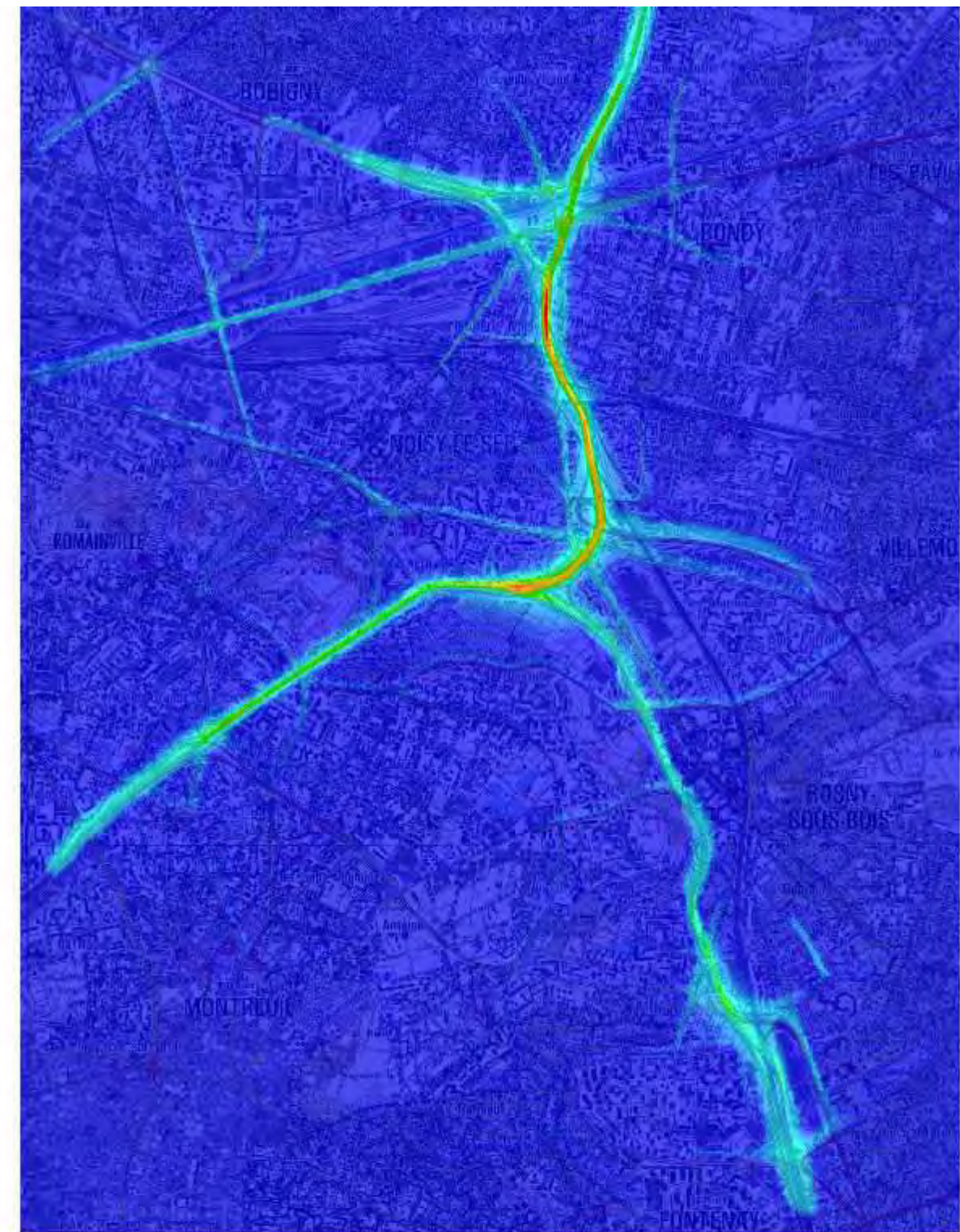
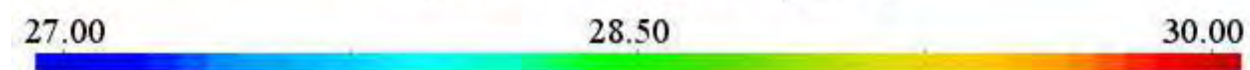


Figure 52 : Concentrations en Cd à 1,5 m pour l'horizon H3



Concentration en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Concentration en Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

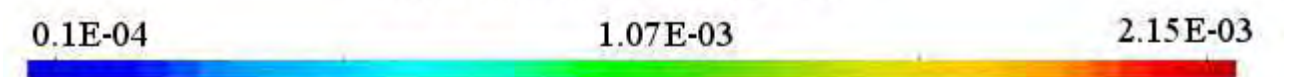
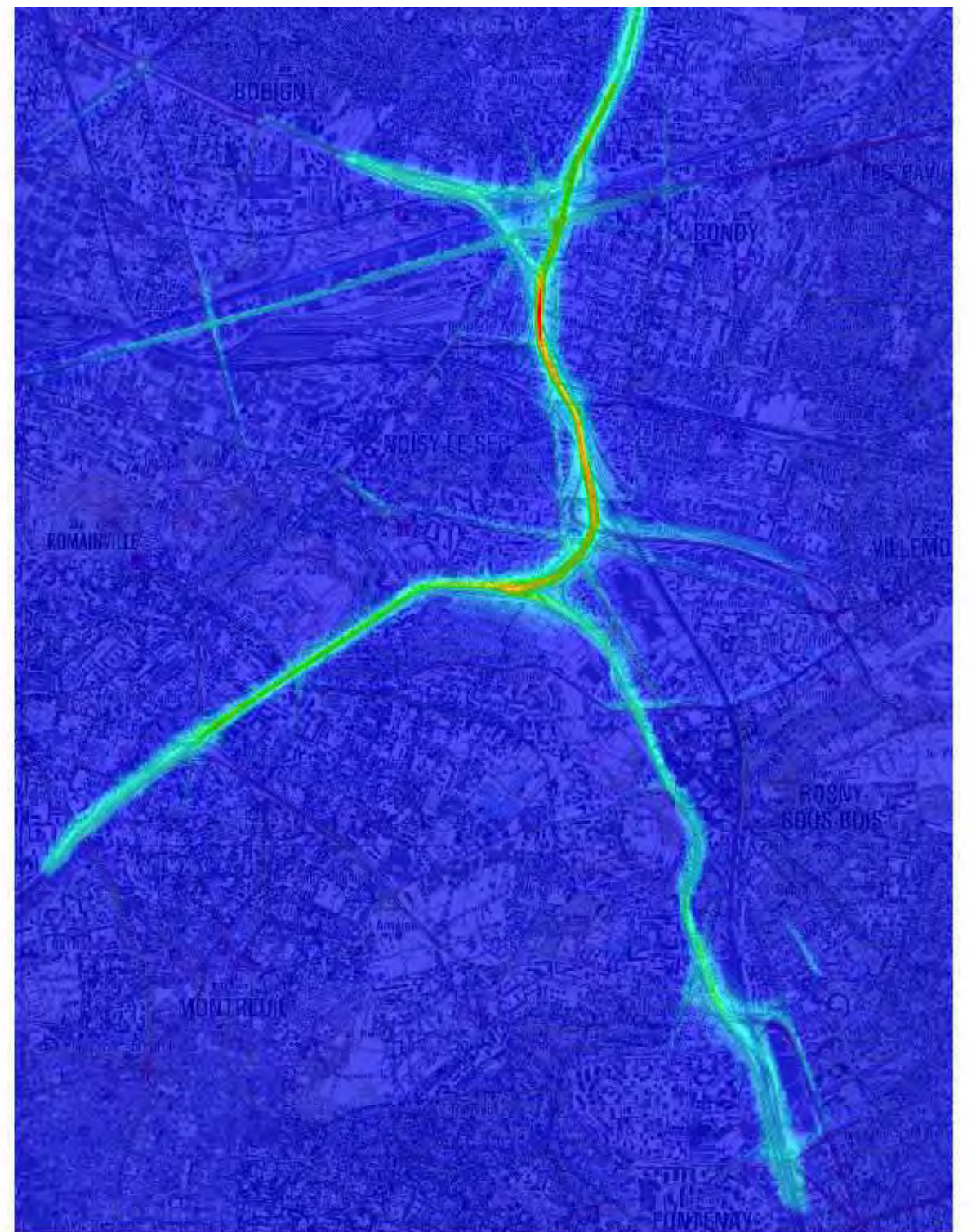


Figure 53 : Concentrations en PM_{10} à 1,5 m pour l'horizon H3

Figure 54 : Concentrations en Ni à 1,5 m pour l'horizon H3



Concentration en COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

0.01

25.51

51.03

Figure 55 : Concentrations en COV à 1,5 m pour l'horizon H3