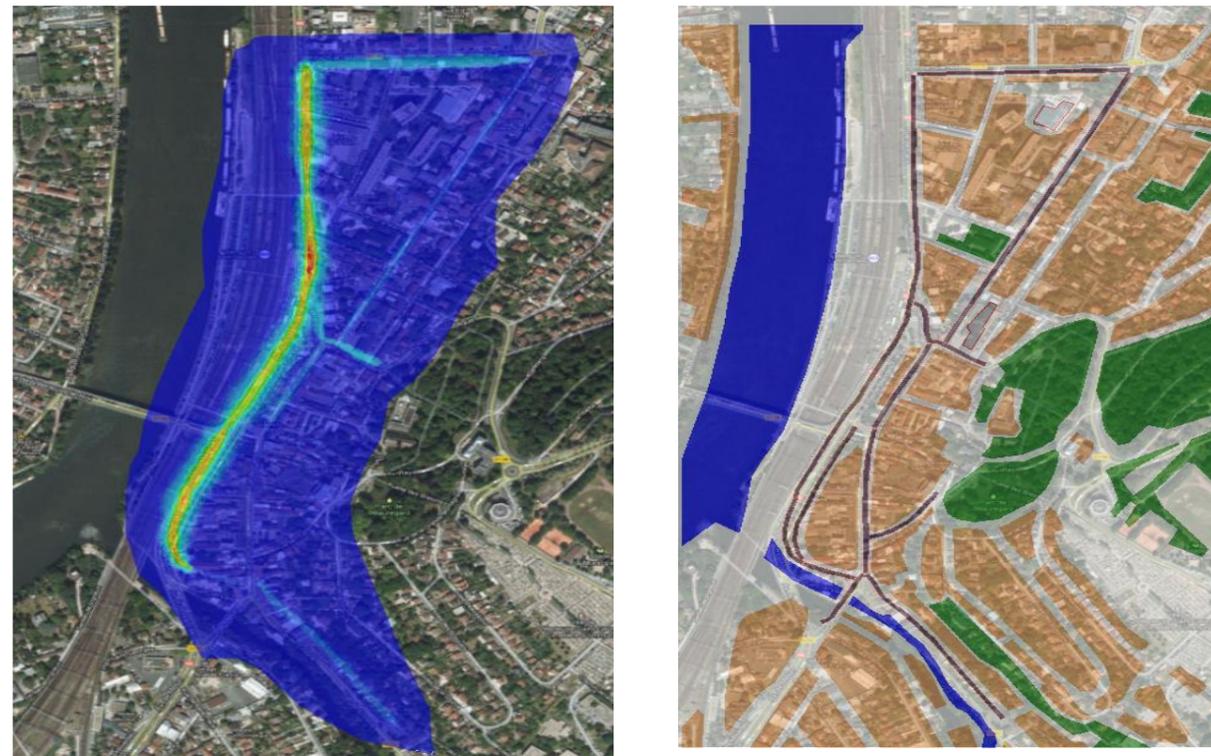


ZAC DE VILLENEUVE-SAINT-GEORGES



Etude d'impact Volet Air Santé

Etude d'impact Volet Air Santé

Rapport Final

Référence FLUIDYN	0912143-A	Version	Date	Rédacteur
Nombre de pages	38	1.0	23/11/12	L. AIT HAMOU

Sommaire

Sommaire	2
Liste des tableaux	3
Liste des figures	3
I Contexte général.....	5
I.1 Réglementation s’appliquant au volet Air Santé	5
I.2 Présentation de l’étude	Erreur ! Signet non défini.
I.3 Caractéristiques de l’aire d’étude	7
I.3.1 Caractéristiques géographiques	7
I.3.2 Météorologie du site	7
II La pollution de l’air.....	8
II.1 Généralités sur la pollution de l’air	8
II.1.1 Définition.....	8
II.1.2 Prospective des émissions par les véhicules.....	8
II.2 Rappels sur la réglementation de la qualité de l’air	9
II.2.1 Air ambiant- Réglementation	9
II.2.2 Emissions des véhicules – Réglementation Européenne.....	10
III Modélisation PHYSIQUE	11
III.1 Objectifs	11
III.2 Méthodologie.....	11
III.3 Description du modèle numérique de terrain	11
III.4 Terme source	12
III.5 Emissions et consommation énergétique.....	13
III.5.1 Méthodologie.....	13
III.5.2 Emission de polluants.....	13
III.5.3 Impact sur la production d’ozone	14
III.5.4 Consommation énergétique	14
III.6 Simulation	14
III.6.1 Maillage.....	14
III.6.2 Paramètres du modèle	15
III.6.3 Présentation des résultats.....	15
IV Résultats	16
IV.1 Dispersion à l’horizon 2011(horizon H1).....	16
IV.2 Qualification de la qualité de l’air	16
IV.3 Dispersion à l’horizon sans projet (horizon H2)	17
IV.4 Dispersion à l’horizon avec projet (horizon H3).....	17
V Effets sur la santé	18
V.1 Les effets des polluants issus du trafic routier.....	18
V.2 Exposition des populations et coûts	19
V.2.1 Coûts collectifs et effet de serre	19
V.2.2 Indice Polluant – Population	19
V.3 Evaluation des risques sanitaires	20
V.3.1 Description de la méthode :	20
V.3.2 Résultats	21
1. Identification des dangers.....	21
2. Identification des fonctions dose-réponse :	21
3. Estimation des expositions :	21
4. Caractérisation des risques :	22
Conclusion.....	24
Annexe 1 : Découpage des tronçons et trafics associés	25
Annexe 2 : Contours de concentration pour l’horizon H1.....	26
Annexe 3 : Contours de concentration pour les horizons H2	30
Annexe 4 : Contours de concentration pour les horizons H3	34

Liste des tableaux

Tableau 1: Définition du type d'étude.....	6
Tableau 2: Paramètres météorologiques pour la simulation de la situation moyenne.....	7
Tableau 3: Prospective 1994-2005 des émissions annuelles de COV.....	8
Tableau 4: Prospective 1994-2003 des émissions journalières de PM10 (en tonnes/jour) dues au trafic routier.....	9
Tableau 5: 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.....	9
Tableau 6 : Normes de qualité de l'air Françaises.....	10
Tableau 7 : Proportion massique du soufre dans les carburants.....	13
Tableau 8: Emissions de CO2.....	13
Tableau 9: Emissions moyennes journalière des différents polluants.....	13
Tableau 10: Consommations énergétiques moyennes journalières.....	14
Tableau 11: Paramètres du modèle utilisés lors des simulations.....	15
Tableau 12: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H1.....	16
Tableau 13: Comparaison des concentrations avec les seuils pour l'horizon H1.....	16
Tableau 14: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H2.....	17
Tableau 15: Comparaison des concentrations avec les seuils pour l'horizon H2.....	17
Tableau 16: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H3.....	17
Tableau 17: Comparaison des concentrations avec les seuils pour l'horizon H3.....	17
Tableau 18: Valeurs 2000 en véh.km (Euro/100 véh.km).....	19
Tableau 19: Prix de la tonne de carbone.....	19
Tableau 20: Coûts collectifs et effet de serre en Euros/jour selon les horizons.....	19
Tableau 21: Calculs des IPP selon les horizons.....	19
Tableau 22 : Bilan des VTR et ERU disponible.....	21
Tableau 23: Valeurs d'immissions pour chacun des états et chaque polluant.....	22
Tableau 24: Ratio de danger.....	22
Tableau 25 : Excès de risques.....	23

Liste des figures

Figure 1 : Carte IGN de la zone d'étude.....	7
Figure 2 : Rode des vents station d'ORLY.....	7
Figure 3: Localisation du domaine d'étude.....	11
Figure 4: Modèle numérique du terrain.....	12
Figure 5: Découpage des tronçons.....	12
Figure 10: Représentation du maillage.....	14
Figure 11 : Croissance des concentrations en NO2 en fonction de la distance à l'axe de la route.....	15
Figure 12 : Profil des concentrations de NOx et PM10 Source : Etude de la pollution de l'air dans le Val-de-Marne Ouest - Airparif.....	16
Figure 14: Localisation des zones sensibles.....	20
Figure 16: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum) pour H1.....	26
Figure 17: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum) pour H1.....	26
Figure 18: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum) pour H1.....	27
Figure 19: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum) pour H1.....	27
Figure 20: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum) pour H1.....	28
Figure 21: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) pour H1.....	28
Figure 22: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le maximum) pour H1.....	29

Figure 23: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) pour H1.....	29
Figure 24: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum) pour H2.....	30
Figure 25: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum) pour H2.....	30
Figure 26: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum) pour H2.....	31
Figure 27: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum) pour H2.....	31
Figure 28: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum) pour H2.....	32
Figure 29: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le seuil) pour H2.....	32
Figure 30: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) pour H2.....	33
Figure 31: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) pour H2.....	33
Figure 32: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum) pour H3.....	34
Figure 33: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum) pour H3.....	34
Figure 34: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum) pour H3.....	35
Figure 35: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum) pour H3.....	35
Figure 36: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum) pour H3.....	36
Figure 37: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le maximum) pour H3.....	36
Figure 38: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) pour H3.....	37
Figure 39: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) pour H3.....	37

GLOSSAIRE

C ₆ H ₆ :	Benzène	P50H :	Percentile 50 des niveaux horaires
CERTU :	Centre d'Etude sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques	P50J :	Percentile 50 des niveaux journaliers
CH ₄ :	Méthane	P98H :	Percentile 98 des niveaux horaires
CIRC :	Centre International de Recherche contre le Cancer	P98J :	Percentile 98 des niveaux journaliers
CITEPA :	Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique	PDU :	Plan de Déplacement Urbain
CO :	Monoxyde de carbone	PL :	Poids Lourd
CO ₂ :	Dioxyde de carbone ou gaz carbonique	PM10 :	Particules de taille inférieure à 10 µm
COPERT :	Computer Program to calculate Emissions from Road Transport	PM2,5 :	Particules de taille inférieure à 2,5 µm
COV :	Composés Organiques Volatils	PPA :	Plan de Protection de l'Atmosphère
DNP :	Direction de la Nature et des Paysages	ppm :	Partie par million
DPPR :	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques	PRQA :	Plan Régional de la Qualité de l'Air
DR :	Directions des Routes	SETRA :	Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
FN :	Fumées Noires	SO ₂ :	Dioxyde de soufre
GPL :	Gaz de Pétrole Liquéfié	SO _x :	Oxydes de soufre
H ₂ SO ₃ :	Acide sulfureux	T/j/km :	Tonne par jour et par kilomètre
H ₂ SO ₄ :	Acide sulfurique	uvp/h :	Unité de Véhicule Particulier par heure
HAP :	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	VP :	Véhicule Particulier
HC :	Hydrocarbures	VUL :	Véhicule Utilitaire Léger
hPa :	Hectopascal	Véh./j/km :	Véhicule par jour et par kilomètre
INRETS :	Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité	ZPS :	Zone de Protection Spéciale
IPP :	Indice Polluant Population		
kg/j/km :	Kilogramme par jour et par kilomètre		
km :	Kilomètre		
km/h :	Kilomètre par heure		
m :	Mètre		
µg/m ³ :	Microgramme par mètre cube		
µm :	Micromètre		
N ₂ O :	Oxyde nitreux		
ng/m ³ :	Nanogramme par mètre cube		
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		

I Contexte général

Le projet de la ZAC de Villeneuve-Saint-Georges, modifiera le trafic local. Dans le cadre d'une étude globale d'infrastructure routière pour le projet de la ZAC, FLUIDYN France réalise le volet Air santé ainsi que la modélisation de la dispersion des polluants issus du trafic routier prévisionnel dû au projet de création de la nouvelle ZAC.

Pour cela, la société FLUIDYN utilise le logiciel fluidyn-PANAIR logiciel de mécanique des fluides dédié à la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants gazeux et particulaires issus des trafics routiers. Les équations de la dynamique des fluides (équations de Navier-Stokes) sont résolues dans l'espace tridimensionnel et sont appliquées à un maillage curviligne tenant compte du terrain et de ses obstacles.

L'étude est conforme à la méthodologie du guide des études d'environnement air édité par le CERTU-SETRA. La modélisation porte sur les situations suivantes : état initial 2011 ainsi que les états futurs avec et sans projet pour l'horizon 2020, en tenant compte des caractéristiques du parc automobile et la prise en compte du relief spécifique du site, des conditions météorologiques, du tracé des routes.

Les objectifs finaux de l'étude sont :

- L'évaluation des émissions pour les infrastructures existantes et futures aménagées,
- Les simulations tridimensionnelles Eulériennes des écoulements atmosphériques et de la dispersion des polluants pour l'état actuel et les horizons futurs avec et sans projet,
- La comparaison des concentrations au regard des normes de qualité de l'air en France et en Europe,
- Une analyse d'impact santé végétation comportant l'analyse des coûts collectifs et le calcul de l'indice IPP (Indice polluant population)

I.1 Réglementation s'appliquant au volet Air Santé

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 prévoir 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 L220-1 et L220-2.

Article L220-1 : « 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 L220-2 : « 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.

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. La circulaire de 25 février 2005 fournit des indications méthodologiques sur l'élaboration et le contenu attendu des études des infrastructures routières en ce qui concerne les effets sur la santé de la pollution de l'air.

I.2 Présentation de l'étude

L'importance de l'étude à mener est fonction de la charge prévisionnelle de trafic qui sera supportée par le projet. Son contenu est défini par le plus contraignant des trois critères suivants :

- le trafic moyen journalier prévu à terme,
- le nombre de personnes concernées par le projet
- la longueur du projet.

Le futur classement sonore de l'infrastructure en projet, effectué en application de la loi n°92-1444 du 31 décembre 1992, relatif à la lutte contre le bruit. Il est directement fonction de l'importance du trafic prévu à terme, et constitue ainsi un élément pertinent pour déterminer le contenu de l'étude à mener.

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

Tableau 1: Définition du type d'étude

Densité hbts/km ² dans la bande 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
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hbts/km ²	I	I	II	II si L projet > 5kms ou III si L projet ≤ 5 kms
G II Bâti avec densité > 2 000 et < 10000 hbts/km ²	I	II	II	II si L projet > 25 kms Ou II si L projet ≤ 25 kms
G III Bâti avec densité ≤2000 hbts/km ²	I	II	II	II Si L projet > 50 kms ou III Si L projet ≤ 50 Kms
G IV Pas de bâti	III	III	IV	IV

Compte tenu des trafics influencés par la création de l'échangeur l'étude à réaliser est de type I et doit contenir :

- L'évaluation des émissions pour les infrastructures existantes et futures aménagées,
- La qualification de l'état initial par des mesures in-situ
- Les simulations tridimensionnelles Eulériennes des écoulements atmosphériques et de la dispersion des polluants pour l'état actuel et les horizons futurs avec et sans projet,
- La comparaison des concentrations au regard des normes de qualité de l'air en France et en Europe,
- Une analyse d'impact santé végétation comportant l'analyse des coûts collectifs et le calcul de l'indice IPP
- Une étude détaillée sur la santé dans la zone d'étude

FLUIDYN, de par son expérience de la modélisation des phénomènes de transport-diffusion dans l'atmosphère, utilise le logiciel *fluidyn-PANAIR*, pour réaliser une série de modélisations ayant pour but de représenter les niveaux de pollution dus au trafic autour du projet.

Trois situations sont retenues pour la simulation :

- la situation actuelle : horizon 2011 (appelé H1)
- les situations de référence : horizon futur sans aménagement en 2020 (appelé H2)
- les situations à terme : horizon futur avec aménagement en 2020 (appelé H3)

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,
- des sources d'émissions,
- des conditions météorologiques.

Les polluants traités sont les polluants les plus fréquents émis par les véhicules à moteur. Il s'agit de :

- Oxydes d'azote (NOx soit NO et NO₂),
- Monoxyde de carbone (CO),
- Composés organiques volatiles (COV),
- Benzène (C₆H₆),
- Particules de taille inférieure ou égale à 10 µm (PM10),
- Dioxyde de soufre (SO₂)
- Métaux lourds (Ni et Cd).

L'aire d'étude élargie contient des portions importantes des infrastructures existantes. Les études de qualité de l'air et d'impact santé intègrent les tronçons existants pour lesquels les projections de trafic montrent des variations de + ou - 10% suite à la réalisation du projet.

I.3 Caractéristiques de l'aire d'étude

I.3.1 Caractéristiques géographiques

Les éléments présents sur site 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. La figure suivante illustre la zone d'étude :

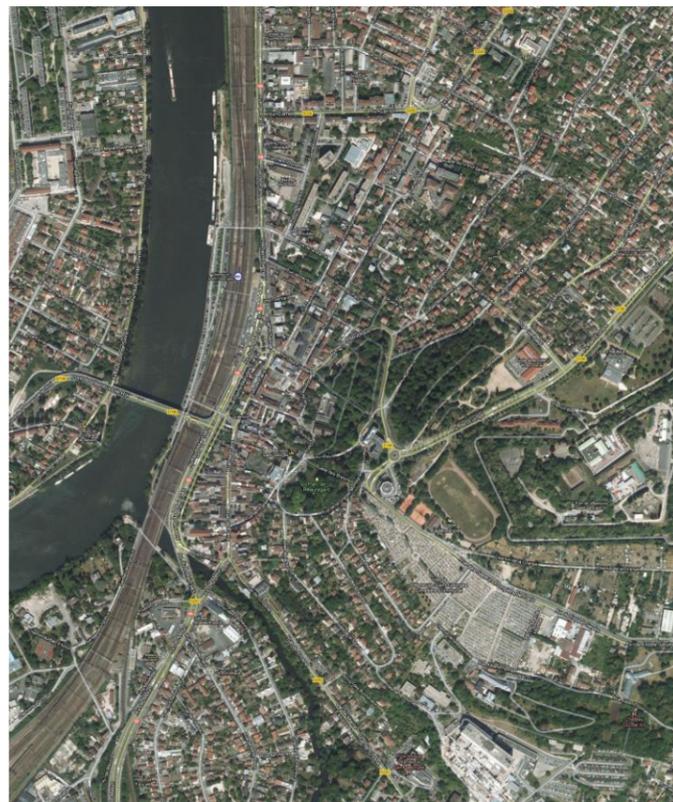


Figure 1 : Carte IGN de la zone d'étude

Le projet d'échangeur se situe actuellement dans une zone qui peut être qualifiée « d'urbain dense ».

I.3.2 Météorologie du site

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. Les expositions maximales sont obtenues par examen individuel des concentrations pour chaque condition.

Les simulations se sont effectuées à partir de la rose de vents de la station d'Orly. Elle résulte des données enregistrées entre 1981 et 1990.

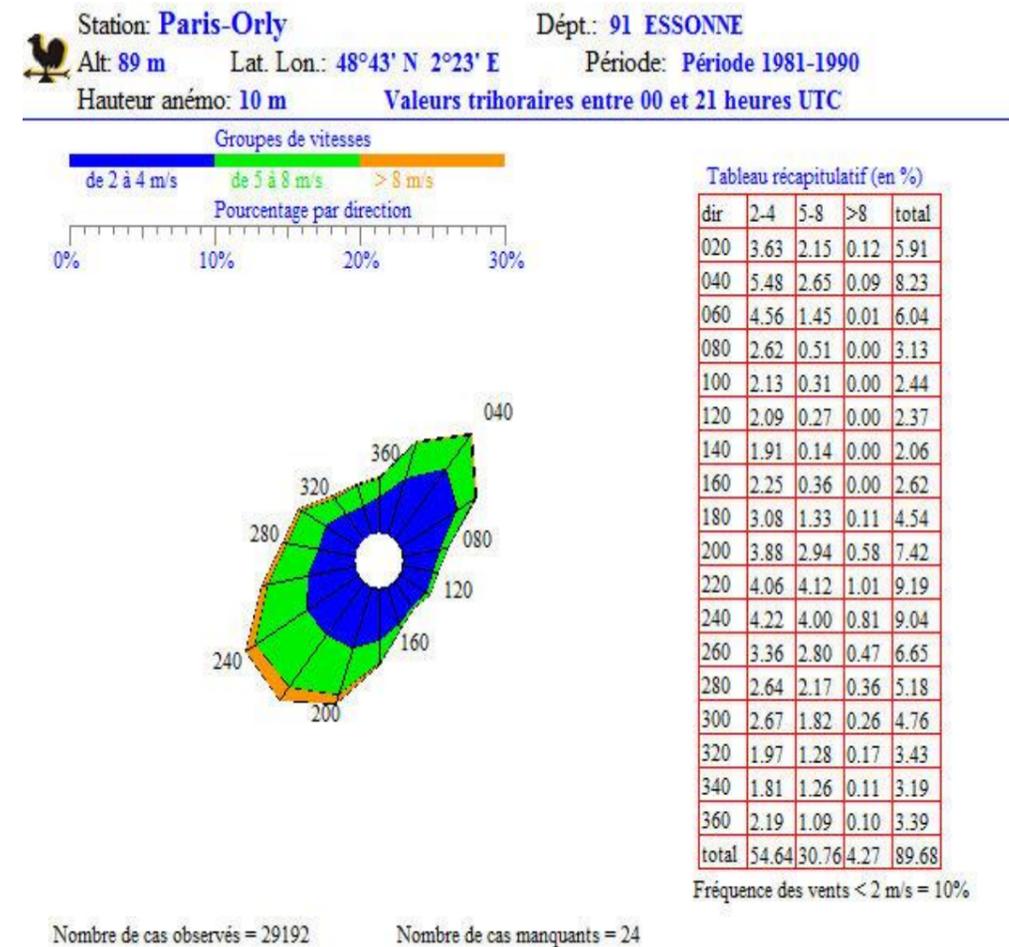


Figure 2 : Rose des vents station d'ORLY

Tableau 2: Paramètres météorologiques pour la simulation de la situation moyenne

Pression	1013 mbar
Profil vertical de vent	Loi logarithmique
Humidité	75 %
Température	12°C
Gradient thermique vertical	Loi logarithmique

II La pollution de l'air

II.1 Généralités sur la pollution de l'air

II.1.1 Définition

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 ».

II.1.2 Prospective des émissions par les véhicules

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 Diesel 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 quant 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, à 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 perspectives 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, quant 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 2.

Tableau 3: Prospective 1994-2005 des émissions annuelles de COV

(en milliers de tonnes) dues au trafic routier (Source : Etude CARAT-CEREN)

	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	-

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).

La part de COV des poids lourds gazole augmente ceci est dû à l'augmentation du nombre de poids lourds présent sur les axes de circulation.

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 fortes tendent donc à faire baisser les émissions dues au trafic routier.

Tableau 4: Prospective 1994-2003 des émissions journalières de PM10 (en tonnes/jour) dues au trafic routier

	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)

II.2 Rappels sur la réglementation de la qualité de l'air

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 limite 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.

La Directive-Cadre 96/62/CEE découlant de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 énonce des principes de base en vue de :

- fixer les objectifs de qualité (valeurs guides) et les seuils d'alerte
- 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.

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),

- 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.

II.2.1 Air ambiant- Réglementation

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 regroupées dans les tables 6 et 7.

Tableau 5: 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

	Durée d'exposition					
	10-15 min	30 min	1 heure	8 heures	24 heures	Année
Benzène	6 × 10 ⁻⁶ risques supplémentaires par µg/m ³ sur une vie					
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 6 : Normes de qualité de l'air Françaises

	Dioxyde d'azote (NO ₂)	Dioxyde de soufre (SO ₂)
Seuil d'information	200 µg/m ³ moyenne horaire	300 µg/m ³ moyenne horaire
Seuil d'alerte	400 µg/m ³ moyenne horaire 200 µg/m ³ moyenne horaire si dépassement la veille de ce seuil et risque de dépassement le lendemain.	500 µg/m ³ moyenne horaire sur 3 heures consécutives.
Valeurs limites	2001 : 58 µg/m ³ moyenne annuelle 290 µg/m ³ moyenne horaire (pas plus de 0,2% du temps) 2001-2010 : Décroissance linéaire 2010 : 40 µg/m ³ moyennes annuelles 200 µg/m ³ moyenne horaire (pas plus de 0,2% du temps)	20 µg/m ³ moyenne annuelle et hivernale (écosystèmes) 125 µg/m ³ moyenne journalière (pas plus de 0,8% du temps) 2001 : 470 µg/m ³ moyenne horaire (pas plus de 0,3% du temps) 2001-2005 : Décroissance linéaire 2005 : 350 µg/m ³ moyenne annuelle (pas plus de 0,3% du temps)
Objectifs de qualité	40 µg/m ³ moyenne annuelle NO _x < 30 µg/m ³ (protection des écosystèmes)	50 µg/m ³ moyenne annuelle

	Benzène (C ₆ H ₆)	Monoxyde de carbone (CO)
Valeurs limites	2001-2005 : 10 µg/m ³ en moyenne annuelle 2005-2010 : Décroissance linéaire dans le temps 2010 : 5 µg/m ³ en moyenne annuelle	
Objectifs de qualité	2 µg/m ³ en moyenne annuelle	10 000 µg/m ³ moyenne 8 heures

Article R.221-1 du Code de l'environnement 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 limites.

II.2.2 Emissions des véhicules – Réglementation Européenne

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.

	Ozone (O ₃)
Seuil d'information	---
Seuil d'alerte	360 µg/m ³ moyenne horaire
Objectifs de qualité	110 µg/m ³ moyenne 8 heures (santé) 200 µg/m ³ moyenne horaire (végétation) 65 µg/m ³ moyenne journalière (végétation)

	PM10
Valeurs limites	(à ne pas dépasser plus de 9,6% du temps) 2005 : 40 µg/m ³ en moyenne annuelle 50 µg/m ³ moyenne journalière (à ne pas dépasser plus de 9,6% du temps)
Objectifs de qualité	30 µg/m ³ en moyenne annuelle

III Modélisation PHYSIQUE

III.1 Objectifs

Les aménagements futurs vont entraîner une modification du trafic automobile, et ainsi une redistribution locale des polluants. La modélisation de la dispersion des polluants permettra ainsi de mieux appréhender l'impact de ces aménagements à l'échelle locale.

III.2 Méthodologie

Le logiciel utilisé, *fluidyn-PANAIR*, simule la dispersion des polluants à l'aide de la résolution tridimensionnelle des équations de la mécanique des fluides. 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 structuré'.

Dans le cas de cette étude, l'influence du relief n'est pas négligeable puisque les courbes de niveau s'étendent de 0 à 300 m.

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 (forêt, zone urbaine, étendues d'eau, zones végétales, terrain nu...). Elle a essentiellement pour conséquence de ralentir par frottement les vitesses du vent près du sol.

Enfin, *fluidyn-PANAIR* 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.

III.3 Description du modèle numérique de terrain

L'aire géographique d'étude, sur laquelle sera évalué l'impact du projet sur l'environnement, est délimitée par la bande réglementaire de 300 m de part et d'autre de l'axe de l'infrastructure routière. Le domaine de modélisation doit toutefois être plus large pour prendre en compte les effets des alentours. L'ensemble du domaine considéré dans les simulations est illustré à la figure suivante.

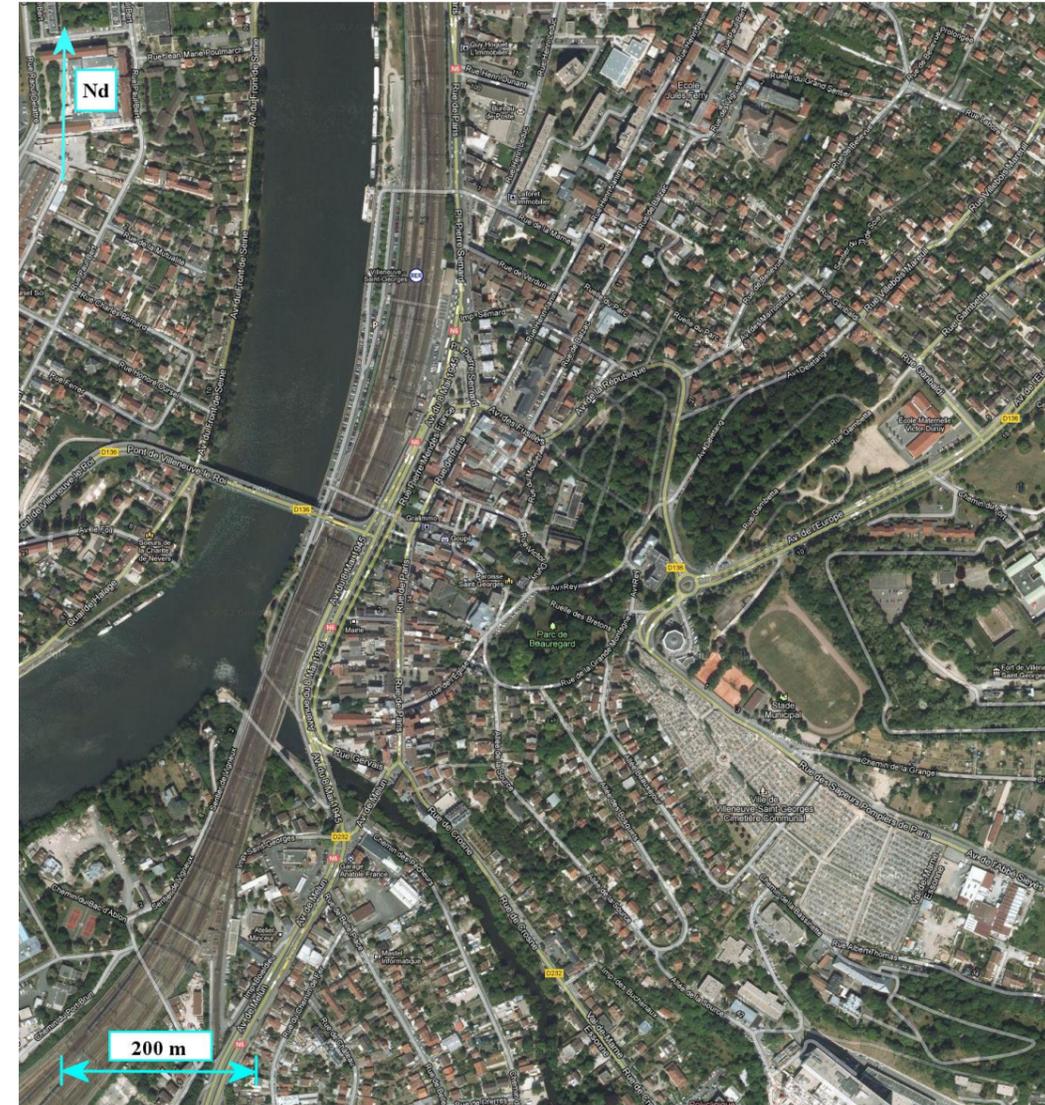


Figure 3: Localisation du domaine d'étude

L'occupation des sols a été prise en compte par :

- une rugosité moyenne représentant le domaine d'étude,
- le réseau routier,
- chaque zone urbaine pouvant influencer les champs de vents par la hauteur moyenne des bâtiments.

La figure suivante présente les éléments du modèle numérique de terrain.

Les zones colorées en orange représentent les zones urbaines et en bleu les plans d'eau, en vert les zones végétales. Les routes sont également représentées sur ce modèle, elles apparaissent en traits rouges.



Figure 4: Modèle numérique du terrain

III.4 Terme source

Le réseau routier est découpé en tronçons (portions de route homogènes en termes de trafic) afin de mieux appréhender l'impact du projet sur ses alentours. Les tronçons sont considérés comme sources de polluants de types linéaires. Les émissions des divers polluants sont évaluées à partir du nombre de véhicules et de leur vitesse. Les données de Trafic Moyen Journalier Annuel sont tirées des planches de trafic fourni par le client. L'horizon de référence correspond à l'année 2011 pour l'état initial. Et 2020 pour les horizons H2 (futur sans projet) et H3 (futur avec projet) correspondent aux états futurs avec projet. Le calcul des émissions de polluants atmosphériques par les véhicules est présenté au cours du chapitre suivant.

Les figures suivantes illustrent le découpage des tronçons qui est identique pour les 3 horizons.

Les trafics associés à chacun des tronçons sont fournis en annexe 1.

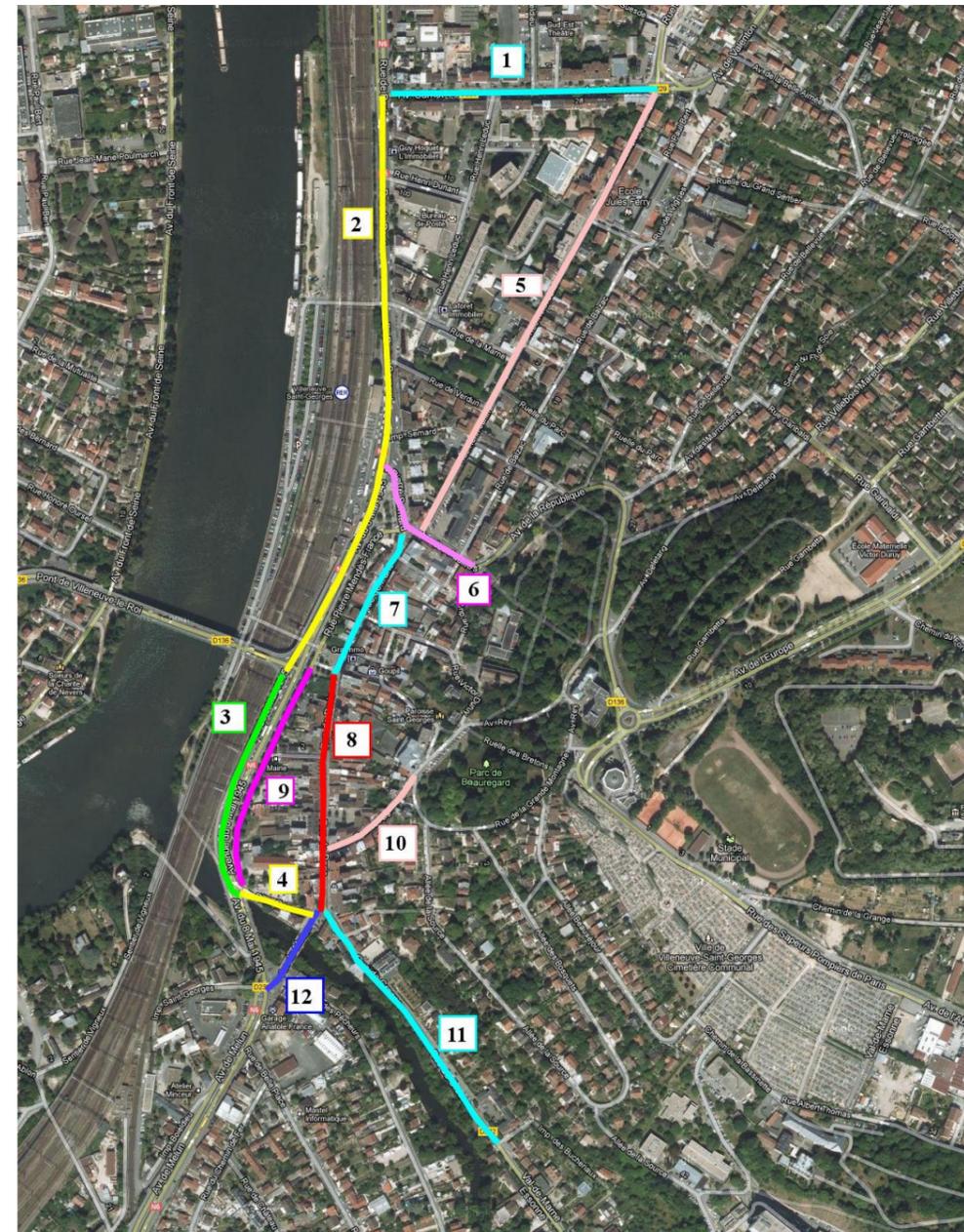


Figure 5: Découpage des tronçons

III.5 Emissions et consommation énergétique

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, ainsi que le parc automobile et son évolution résultant des travaux de l'INRETS, pour chacune des sections.

III.5.1 Méthodologie

Les données de vitesses et de Trafics Moyens Journaliers Annuels, ont été fournies par le client. Ces données permettent d'évaluer la consommation énergétique ainsi que les émissions polluantes par polluant. Les trafics associés à chacun des tronçons sont fournis en annexe 1. Les horizons de références correspondent à l'année 2008 pour l'état initial et 2018 et 2030 pour les états futurs.

III.5.2 Emission de polluants

Emissions de SO₂

Les émissions de SO₂ sont estimées en supposant que la totalité du soufre contenu dans les carburants est transformé en SO₂ en utilisant la formule suivante :

$$M_{SO_2} = 2 \times M_{fuel} \times R_{\frac{S}{fuel}}$$

où $R_{\frac{S}{fuel}}$ est la proportion massique de soufre dans les carburants. Les coefficients utilisés sont :

Tableau 7 : Proportion massique du soufre dans les carburants

	2000	2020
Essence	300 ppm	150 ppm
Diesel	450 ppm	300 ppm

Emissions de CO₂

Le calcul des émissions de CO₂ ultime (les émissions de CO₂ ultime sont obtenues en considérant que le contenu en carbone des carburants est totalement oxydé en CO₂), pour la totalité du réseau routier étudié, a aussi 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 :

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

où $R_{\frac{H}{C}}$ est le rapport du nombre d'atomes d'hydrogène sur celui du carbone contenu dans les carburants. Ces

rapports, proposés par COPERT III sont :

1,8 pour l'essence,

2,0 pour le Diesel.

Tableau 8: Emissions de CO₂

Horizon	CO ₂ (Kg/j)
H1	7649.1
H2	6993.4
H3	7858.5

Malgré la hausse de trafic entre l'état initial (H1) et l'état futur sans projet (H2), les émissions en CO₂ diminuent entre ces deux états. Cela est dû principalement à l'amélioration technique des moteurs qui entraîne moins d'émissions de polluants avec le renouvellement du parc automobile.

Si l'on compare les horizons futurs, avec projet (H3) et sans projet (H2), le scénario H3 émet plus de CO₂ de part le trafic supplémentaire attendu pour le scénario avec aménagement de la ZAC.

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) par l'ensemble du réseau routier pour l'horizon actuel, sont données dans la suivante.

Tableau 9: Emissions moyennes journalière des différents polluants

Horizon	Emissions (kg/j)							
	CO	NO _x	COV	PM ₁₀	SO ₂	Cd	Ni	C ₆ H ₆
H1	14.2	22.3	1.9	1.2	0.20	1.9E-05	1.7E-04	2.6E-02
H2	10.81	17.55	1.31	0.94	0.18	1.87E-05	1.56E-04	1.49E-02
H3	12.1	19.7	1.5	1.1	0.20	2.4E-05	1.8E-04	1.7E-02

Malgré la hausse de trafic entre l'état initial (H1) et l'état futur sans projet (H2), globalement les émissions diminuent entre ces deux états. De même que précédemment, l'amélioration technique des moteurs entraîne moins d'émissions de polluants avec le renouvellement du parc automobile, d'où des émissions plus faibles pour horizon H2 comparées à H1.

Si l'on compare les horizons futurs, avec projet (H3) et sans projet (H2), le scénario H3 émet plus de polluants de part le trafic supplémentaire attendu pour le scénario avec aménagement de la ZAC.

III.5.3 Impact sur la production d'ozone

Les émissions de NO_x et de COV (précurseurs de l'ozone) dans la zone d'étude sont négligeables au regard des inventaires globaux relatifs à la pollution régionale. Les variations des teneurs induites seront donc négligeables par rapport aux teneurs régionales observées.

III.5.4 Consommation énergétique

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

Tableau 10: Consommations énergétiques moyennes journalières

Horizon	Consommation énergétique (kg/j)
H1	2437.3
H2	2228.6
H3	2504.3

Les conclusions sur l'évolution de la consommation énergétique sont identiques aux précédentes remarque à savoir,

- Une baisse de la consommation entre l'état initial et l'état futur de part l'amélioration technique des moteurs
- Une hausse de la consommation entre les deux états futures sans et avec projet de part l'augmentation du trafic qu'apportera la ZAC

III.6 Simulation

III.6.1 Maillage

Une fois le modèle de terrain, les émissions et la météorologie définis, fluidyn-PANAIR construit un maillage tridimensionnel dans les mailles duquel la simulation va être menée. Il s'agit ici d'un maillage non-structuré, curviligne (épousant étroitement le relief) et raffiné au niveau et autour de la route où une grande précision est nécessaire. Il y a au total 436 658 mailles réparties de la manière suivantes.

Un exemple de ce maillage est montré à la figure suivante.

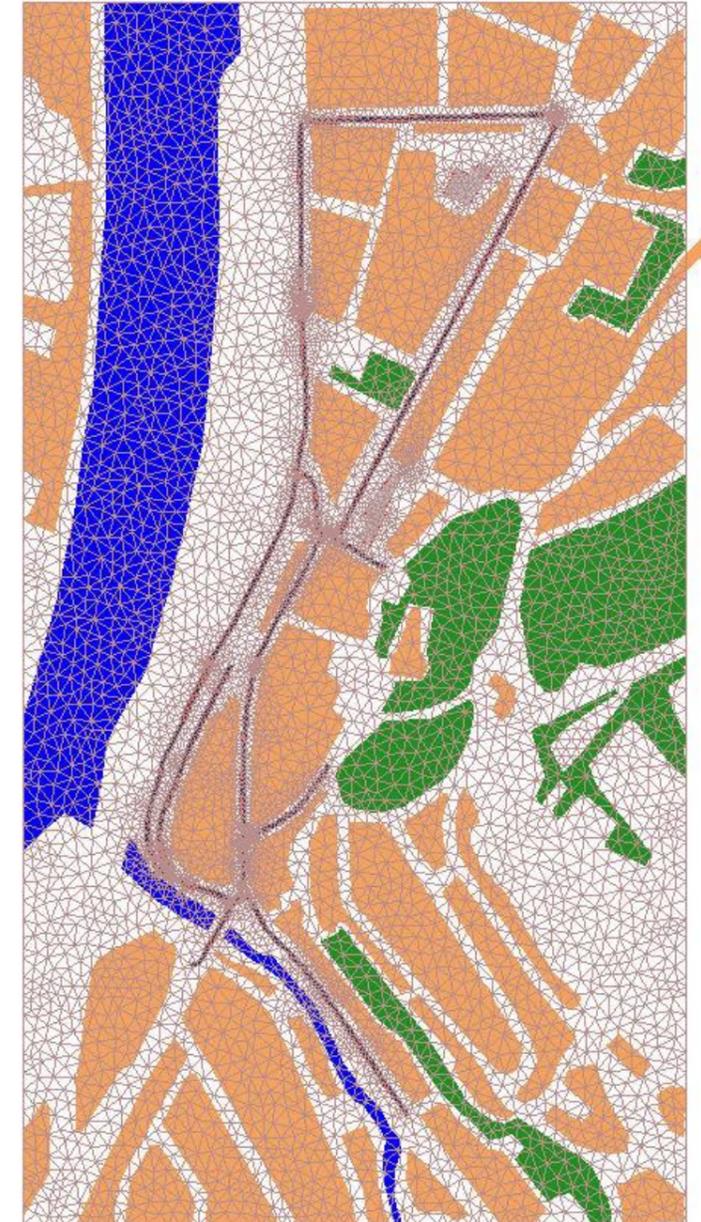


Figure 6: Représentation du maillage

III.6.2 Paramètres du modèle

Le champ de vent est ensuite établi pour chacune des conditions météorologiques choisies. En effet, le champ de vent moyen est perturbé par les effets locaux, tels que le relief, les obstacles, la turbulence, la rugosité, etc.

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 la 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.

Une fois le champ de vent établi, les émissions de polluants à partir de la route définie comme source peuvent démarrer. Le calcul est arrêté quand un état stationnaire a été achevé pour chacune des conditions de vent modélisées.

Les paramètres du modèle qui ont été utilisés lors des modélisations sont :

Tableau 11: Paramètres du modèle utilisés lors des simulations

Modèle de gravité	Pas de gravité	Les forces de gravité sont négligées
Modèle de turbulence	K-ε	Modèle à 2 équations, adapté pour le calcul des écoulements au-dessus de terrain de topographie complexe

III.6.3 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 de la table 6, 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 pour devenir du 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 en fonction de la distance au point d'émission (centre des axes routiers, cf figure suivante).

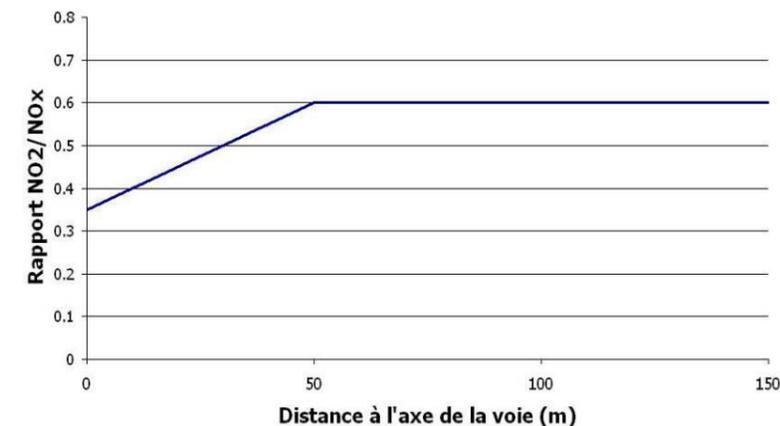


Figure 7 : Croissance des concentrations en NO₂ en fonction de la distance à l'axe de la route

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).

Ce graphique de croissance, proposé dans le « Guide des études d'environnement « Air » à destination des bureaux d'études » édité par le CERTU, est établi pour des routes sans obstacle à proximité.

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.

La pondération a été effectuée pour 24 conditions de vent suivant la rose des vents définie précédemment.

Concernant les représentations des dioxydes d'azote, le logiciel ne permet pas actuellement de sortir la cartographie exacte des NO₂. Les images présentées ici sont les images de concentration de NO_x multipliées par le facteur 0,6 qui est le rapport NO₂/NO_x à l'équilibre. Cette cartographie n'est donc réellement valable qu'à partir de 50 mètres du centre de la route.

IV Résultats

IV.1 Dispersion à l'horizon 2011(horizon H1)

Les concentrations maximales des produits notées dans les tableaux suivants correspondent au cumul des concentrations issues de la dispersion des émissions provenant de l'ensemble des routes.

Ces concentrations sont relevées à 1,5 m du sol, là où l'impact est le plus important pour l'Homme. La table suivante présente les concentrations maximales obtenues pour l'horizon initial (2011) et cela pour chaque polluant.

Tableau 12: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H1

Produits	CO	NO2	COV	PM10	SO2	Cd	Ni	C6H6
Valeurs maximales (µg/m ³)	37.4	38.52	5.2	3.4	0.55	6.72 ^E -05	4.8 ^E -04	0.061

Les images représentant les panaches pour l'état initial se trouvent dans l'annexe 2 où l'échelle des couleurs s'étale entre le bleu (0 µg/m³) et le rouge (valeur maximum).

Les concentrations maximales sont au niveau des tronçons n°2 et 3. Ces tronçons correspondent à la RN6. Cette zone correspond aux trafics les plus importants.

La table qui suit reprend les valeurs maximales obtenues pour chaque polluant et les compare aux valeurs seuils après les avoir traitées comme indiqué dans le paragraphe III.6.3.

Tableau 13: Comparaison des concentrations avec les seuils pour l'horizon H1

Polluants	Seuil Objectif qualité (µg/m ³)	Seuil Valeur limite (µg/m ³)	Valeurs Maximales (µg/m ³)
NO ₂	40	40	38.52
C ₆ H ₆	2	5	0.061
PM10	30	40	3.4
SO ₂ (Valeur horaires)	50	20 (pour les écosystèmes)	0.55
CO (voir chap. III.6.3.)	-	1992	37.4

Les concentrations observées sont en deçà des valeurs limites et des objectifs de la qualité de l'air.

IV.2 Qualification de la qualité de l'air

Le bilan 2009 de la qualité de l'air publié par Airparif, l'Association de surveillance de la qualité de l'air francilien montre que la qualité de l'air en Île-de-France reste soumise à des niveaux de pollution importants au cœur de l'agglomération parisienne et à proximité du trafic. D'après ses observations, 3 millions de Franciliens sont potentiellement exposés à des niveaux de pollution qui ne respectent pas la réglementation.

L'étude de la pollution de l'air dans le val de marne Ouest publié en juillet 2009 par Airparif (Juillet 2009 - AirParif / DDASS 94) a été réalisée sur les axes A 86, A4, N305, N186, N19, N6, N7, A6, N 406 et D1 ; elle ne prend pas en compte spécifiquement le périmètre du site d'étude mais la commune de Villeneuve-Saint-Georges a été intégrée au réseau de points de mesure avec la mise en place d'une analyse en zone résidentielle (laboratoire n°21 Allée Jusselin à 70 m de la RN6).

Elle confirme les résultats généraux obtenus dans les études précédemment citées : les résultats les plus élevés en dioxyde d'azote sont relevés sur les axes routiers à fort trafic et notamment sur la RN6 (concentration supérieure à 60 µg/m³), avec une forte décroissance des concentrations observées lorsque l'on s'éloigne de plus de 50 mètres des infrastructures. Le rôle prépondérant des conditions de vent est également conforté, un vent fort facilitant la dispersion des polluants, un vent de nord rabattant la pollution du cœur de l'agglomération parisienne vers les zones périphériques Sud.

Les profils journaliers des niveaux horaires enregistrés à l'aide de véhicules laboratoire à proximité immédiate des sources de pollution (axes routiers) permettent d'illustrer le comportement temporel moyen de la qualité de l'air au cours d'une journée. D'une manière générale les profils journaliers des oxydes d'azote (NO et NO₂) et des particules (PM10 et PM_{2,5}) sont caractérisés par des niveaux de pollution plus importants le matin et en début de soirée, correspondant aux pointes de trafic routier liées aux déplacements domicile travail, qui engendrent des émissions importantes. Ces pointes sont plus marquées pour les oxydes d'azote que pour les particules (plus grande diversité de sources) et sont accentuées pour les secteurs proches des infrastructures.

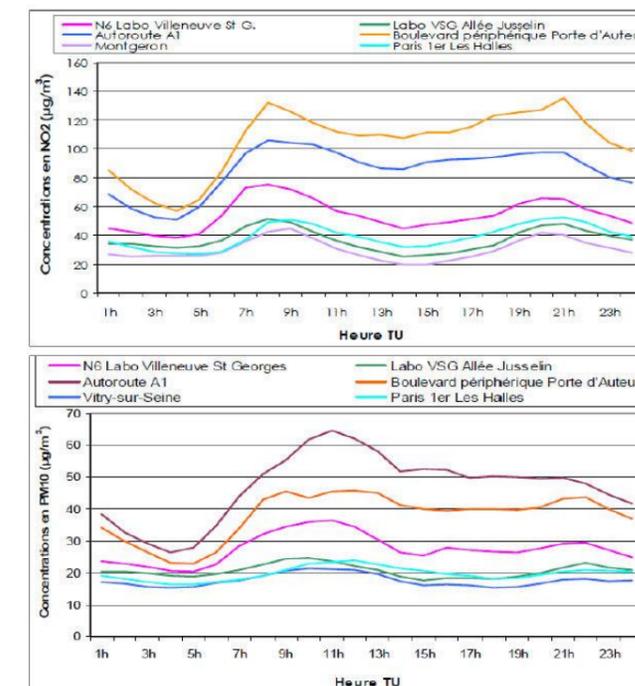


Figure 8 : Profil des concentrations de NOx et PM10

Source : Etude de la pollution de l'air dans le Val-de-Marne Ouest - Airparif

IV.3 Dispersion à l'horizon sans projet (horizon H2)

Les concentrations maximales des produits notées dans les tableaux suivants correspondent au cumul des concentrations issues de la dispersion des émissions provenant de l'ensemble des routes. Ces concentrations sont relevées à 1,5 m du sol, là où l'impact est le plus important pour l'Homme. La table suivante présente les concentrations maximales obtenues pour l'horizon futur sans projet (2020) et cela pour chaque polluant.

Tableau 14: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H2

Produits	CO	NO2	COV	PM10	SO2	Cd	Ni	C6H6
Valeurs maximales (µg/m3)	27.38	29.7	3.5	2.72	0.51	6.64 ^E -05	4.4 ^E -04	0.034

Les images représentant les panaches pour l'état futur sans projet horizon 2020 se trouvent dans l'annexe 3 où l'échelle des couleurs s'étale entre le bleu (0 µg/m3) et le rouge (valeur maximum).

Les concentrations maximales sont au niveau des tronçons n°2 et 3. Ces tronçons correspondent à la RN6. Cette zone correspond aux trafics les plus importants.

La table qui suit reprend les valeurs maximales obtenues pour chaque polluant et les compare aux valeurs seuils après les avoir traitées comme indiqué dans le paragraphe III.6.3.

Tableau 15: Comparaison des concentrations avec les seuils pour l'horizon H2

Polluants	Seuil Objectif qualité (µg/m ³)	Seuil Valeur limite (µg/m ³)	Valeurs Maximales (µg/m ³)
NO ₂	40	40	29.7
C ₆ H ₆	2	5	0.034
PM10	30	40	2.72
SO ₂ (Valeur horaires)	50	20 (pour les écosystèmes)	0.51
CO (voir chap. III.6.3.)	-	1992	27.38

Les concentrations observées sont en deçà des valeurs limites et des objectifs de la qualité de l'air .

IV.4 Dispersion à l'horizon avec projet (horizon H3)

Les concentrations maximales des produits notées dans les tableaux suivants correspondent au cumul des concentrations issues de la dispersion des émissions provenant de l'ensemble des routes. Ces concentrations sont relevées à 1,5 m du sol, là où l'impact est le plus important pour l'Homme. La table suivante présente les concentrations maximales obtenues pour l'horizon futur avec projet (2020) et cela pour chaque polluant

Tableau 16: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H3

Produits	CO	NO2	COV	PM10	SO2	Cd	Ni	C6H6
Valeurs maximales (µg/m3)	32.15	34.8	4.19	3.19	0.59	8.71 ^E -05	5.2 ^E -04	0.04

Les images représentant les panaches pour l'état initial se trouvent dans l'annexe 4 où l'échelle des couleurs s'étale entre le bleu (0 µg/m3) et le rouge (valeur maximum).

Les concentrations maximales sont au niveau des tronçons n°2 et 3. Ces tronçons correspondent à la RN6. Cette zone correspond aux trafics les plus importants.

La table qui suit reprend les valeurs maximales obtenues pour chaque polluant et les compare aux valeurs seuils après les avoir traitées comme indiqué dans le paragraphe III.6.3.

Tableau 17: Comparaison des concentrations avec les seuils pour l'horizon H3

Polluants	Seuil Objectif qualité (µg/m ³)	Seuil Valeur limite (µg/m ³)	Valeurs Maximales (µg/m ³)
NO ₂	40	40	34.8
C ₆ H ₆	2	5	0.04
PM10	30	40	3.19
SO ₂ (Valeur horaires)	50	20 (pour les écosystèmes)	0.59
CO (voir chap. III.6.3.)	-	1992	32.15

Les concentrations observées sont en deçà des valeurs limites et des objectifs de la qualité de l'air.

V Effets sur la santé

Les conséquences de la pollution routière et ses effets sur la santé sont étudiées selon différentes perspectives. Dans un premier temps, l'impact 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.

V.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 NO₂) :

Le dioxyde d'azote pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner, dès 200 µg/m³, une altération de la fonction respiratoire et une hyper-réactivité bronchique chez les personnes asthmatiques et augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez l'enfant. Les concentrations obtenues lors des simulations sont inférieures à cette valeur.

Les poussières en suspension :

Les particules de taille inférieure à 10 µm (particules inhalables PM10) peuvent entrer dans les poumons, et les particules de taille inférieure à 2,5 µm (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.

Le benzène (C₆H₆) :

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 vectrices 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 (gêne 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 cancérogène. 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.

V.2 Exposition des populations et coûts

L'impact des effets des trois horizons sont estimées 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.

V.2.1 Coûts collectifs et effet de serre

L'objectif 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 pour l'ensemble du projet, selon les horizons, pour l'ensemble des véhicules et sont calculées à partir de coefficients forfaitaires indiqués dans l'instruction cadre 2004. Ces coefficients sont indiqués par le tableau ci-dessous :

Tableau 18: Valeurs 2000 en véh.km (Euro/100 véh.km)

	Urbain dense	Urbain diffus	Rase campagne	Moyenne
Véhicules particuliers	2,9	1	0,1	0,9
Poids lourds	28,2	9,9	0,6	6,2

Le domaine d'étude est assimilé à de l'urbain dense

Concernant l'effet de serre, le prix de la tonne de carbone est régit par le tableau suivant :

Tableau 19: 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, nous obtenons le tableau suivant :

Tableau 20: Coûts collectifs et effet de serre en Euros/jour selon les horizons

Coûts en Euros par jour	Coût Collectif	Effet de serre
Horizon 2011 – H1	1977	298
Horizon 2020 sans aménagement – H2	2092	991
Horizon 2020 avec aménagement – H3	2354	1114

Nous observons une augmentation des coûts collectifs entre l'état initial et les états futurs. Cette évolution est tout à fait normale puisque le trafic augmente naturellement avec ou sans projet de la ZAC. On note une augmentation entre les situations avec projet et celles sans projet de part l'augmentation du trafic qu'apporte le projet

En ce qui concerne l'effet de serre, nous observons une augmentation des coûts entre l'état initial et les états futurs, liée à l'augmentation du trafic mais également du coût de la tonne de carbone.

V.2.2 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.

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 de 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.

Tableau 21: Calculs des IPP selon les horizons

Horizons	Etat initial	Etats futurs	
	H1	H2	H3
IPP	1459	833	941

Nous observons que l'IPP est en baisse pour les états futurs par rapport à l'état initial. Cette diminution est comprise entre 35% au minimum pour et 43% au maximum pour H2.

Nous remarquons aussi que les horizons avec et sans projets l'écart n'est que de 11 % donc par définition non significatif

On peut conclure que le projet d'échangeur n'induit pas une augmentation significative sur cet indice Polluant-Population.

V.3 Evaluation des risques sanitaires

Compte tenu des trafics attendus et de la densité habitants/km² dans la bande d'étude, l'étude à réaliser est de type I. Il est donc nécessaire de détailler l'impact sanitaire.

La partie sanitaire de cette étude consiste à estimer l'impact de l'infrastructure étudiée sur la santé au niveau du domaine d'étude et ceci pour les 3 états.

La zone d'étude a été divisée en plusieurs zones (A à E) où dans chacune des zones l'impact sanitaire sera étudiée. La localisation de ces zones selon les horizons est décrite par les figures ci-dessous.



Figure 9: Localisation des zones sensibles

La méthode utilisée ici est l'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS). Il s'agit de la méthode préconisée par l'Union Européenne et l'Institut de Veille Sanitaire dans ce genre de problématique. L'ERS est une démarche de synthèse des connaissances scientifiques disponibles en vue de la quantification des expositions et des risques liés à une substance, un agent, une situation, une installation ou un projet. Elle permet de guider les décisions destinées à la protection sanitaires.

V.3.1 Description de la méthode :

L'ERS comporte 4 étapes

1. Identification des dangers :

Cette première étape consiste à recenser les principaux polluants dans le cadre de cette étude, 8 polluants nous intéressent :

- Dioxyde d'azote (NO₂)
- Monoxyde de carbone (CO)
- Poussières (PM₁₀)
- Dioxyde de soufre (SO₂)
- Benzène (C₆H₆)
- Composés Organiques Volatils (COV)
- Cadmium (Cd)
- Nickel (Ni)

2. Identification des fonctions dose-réponse :

Ces fonctions doses-réponses, qui définissent la relation existant entre une quantité de polluant et le type d'effet engendré, sont quantifiées par un indice toxicologique, appelé Valeur de Toxicologique de référence (VTR). Différentes bases de données, disponibles dans les publications officielles de plusieurs organismes (OMS, UE...) par exemple, regroupent ces VTR, qui sont issues le plus souvent d'études épidémiologiques ou expérimentales.

Pour les produits cancérigènes, à effet sans seuil, les VTR se présentent sous la forme d'un Excès de Risque Unitaire (ERU). Cet ERU est la probabilité supplémentaire de cancer pour un individu exposé toute sa vie (par définition, 70 ans) à une unité (1µg/m³ le plus souvent) du polluant.

Pour les produits toxiques non cancérigènes, à effet avec seuil, les VTR se présentent sous la forme d'un Minimum Risque Level (MRL). Ce MRL peut être une valeur limite, une valeur guide, une dose journalière admissible... C'est la dose limite, en dessous de laquelle l'effet sanitaire indésirable ne peut théoriquement apparaître.

A ce jour, les polluants ne possèdent pas tous de VTR pour toutes les voies et durées d'exposition, en raison d'absence de consensus à leur sujet. Dans ces cas-là, la démarche ne pourra être menée à son terme.

3. Estimation des expositions :

Cette étape vise à quantifier la dose de polluant (pour chaque produit étudié) mise en contact de la population exposée et cela. A partir des données d'immissions fournies par la modélisation, nous allons estimer la dose réelle de polluant qui va passer dans l'organisme par la voie respiratoire.

4. Caractérisation des risques :

Il s'agit de l'étape de synthèse quantitative et qualitative de la démarche d'évaluation des risques. La formulation du risque est différente selon le type d'effet (avec ou sans seuil) du produit étudié.

Polluants à effet cancérigène sans seuil :

Comme indiqué précédemment, les VTR de ces produits sont des ERU. Dans ce cas, le risque va s'exprimer sous la forme d'une probabilité supplémentaire de survenue du cancer associé et sera fourni soit sous forme individuelle (on parle alors d'Excès de Risque Individuel de cancer, c'est à dire la probabilité de cancer d'un individu exposé au trafic automobile), soit sous forme collective (on parle alors d'Excès de Risque Collectif ou impact, c'est à dire le nombre de cas de cancer supplémentaires attribuable au trafic automobile).

Pour les expositions par inhalation, cet Excès de Risque Individuel vaut :

ERI=ERU*CAA avec CAA = Concentration Atmosphérique Attribuable

Polluants à effets systémiques avec seuil :

Comme indiqué précédemment, les VTR de ces produits sont des MRL. Dans ce cas, le risque ne va pas s'exprimer sous la forme d'une probabilité, mais comme un Ratio de Dangers (RD). Ce RD correspond au rapport entre l'exposition attribuable au trafic automobile et le MRL (valeur de référence). On compare ensuite ce rapport à 1 pour évaluer le degré de danger potentiel auquel est soumise la population exposée.

Pour les expositions par inhalation, ce Ratio de Dangers vaut :

RD= CAA/MRL avec CAA= Concentrations Atmosphérique Attribuable

V.3.2 Résultats

1. Identification des dangers

Comme il a été indiqué précédemment les polluants retenus sont :

- dioxyde d'azote (NO₂)
- Monoxyde de carbone (CO)
- Poussières (PM₁₀)
- Dioxyde de soufre (SO₂)
- Benzène (C₆H₆)
- Cadmium (Cd)
- Nickel (Ni)
- Composés Organiques Volatils (COV). Ces derniers comprennent l'acétylène, l'éthène, l'éthane, le propane, l'i-butane, le toluène, les oléfins et les xylènes.

2. Identification des fonctions dose-réponse :

Le tableau suivant présente le bilan des VTR disponibles et retenues dans cette étude, en précisant la source d'information ainsi que les effets délétères. Concernant les COV, seuls le toluène et les xylènes possèdent des VTR pour les expositions chroniques par inhalation.

Tableau 22 : Bilan des VTR et ERU disponible

Polluants	Inhalation	
	ERU	Concentration de référence
NO ₂	X	Valeur limite recommandée par l'OMS et l'UE : 40 µg/m ³ en moyenne annuelle. Troubles respiratoires et perturbation du transport de l'oxygène dans le sang.
SO ₂	X	Valeur guide recommandée par l'OMS : 50µg/m ³
CO	X	Valeur limite recommandée par l'OMS : 10 mg/m ³ pour une exposition de 8h consécutives. Céphalées, vomissements, pertes de connaissance.
PM ₁₀	X	Valeur limite recommandée par l'UE : 40µg/m ³ Objectif pour 2010 : 30µg/m ³
Benzène	2.2 à 7.8 E-06 (µg/m ³) ⁻¹ (Source : US-EPA) Effets: Leucémie et neurologiques	0.013 mg/m ³ (Source: ATSDR) Effets: Leucémie et neurologiques
COV : Toluène Xylènes	X X	Effets neurologiques 0.3 mg/m ³ (source : US-EPA) 0.1 mg/m ³ (source : US-EPA)
Ni	3.8 ^E -04 (µg/m ³) ⁻¹ (Source : OMS) Effets sur les poumons	2 ^E -04 mg/m ³ (source ATDSR) inflammation chronique des voies respiratoires et fibrose pulmonaire
Cd	1.8 ^E -03 (µg/m ³) ⁻¹ (Source : US-EPA) Effets sur les poumons	Valeur guide recommandée par l'OMS : 5 ^e -03 µg/m ³

Seul le benzène le nickel et le cadmium présentent des effets cancérigènes (et donc un effet sans seuil représenté par un ERU). Notons que les PM₁₀ sont très probablement cancérigènes, mais à ce jour, aucune valeur n'a pu être proposée chez l'homme.

A part pour le benzène, le nickel et les COV, les différentes bases de données disponibles ne proposent que des normes (valeurs limites ou guides, objectif de qualité) pour les expositions par inhalation.

Les COV étudiés ici correspondent à un ensemble de 9 polluants : acétylène, benzène, éthène, éthane, propane, i-butane, toluène, oléfins et xylènes. Étant donné les nombreuses inconnues entourant ces COV, il a été décidé de se placer dans le pire des cas, et de faire l'hypothèse « très pénalisante » suivante : on ne considère que la concentration de référence à ne pas dépasser la plus basse (en l'occurrence, la valeur de 0.1 mg/m³ des xylènes). De même par précaution pour le benzène, la valeur supérieure de cet intervalle, soit 7.8 E-06 (µg/m³)⁻¹ a été choisie.

3. Estimation des expositions :

Les tableaux suivants fournissent pour chaque polluant et chaque situation (état initial et états futurs avec et sans aménagement) les données d'immissions. Il s'agit des concentrations maximales atteintes dans chacune des zones à hauteur d'homme (concentrations à 1m50 du sol).

Tableau 23: Valeurs d'immissions pour chacun des états et chaque polluant

Scénarios	Polluants	Valeurs d'immission (µg/m³)				
		Zone				
		A	B	C	D	E
H1	CO	4.32	13.07	8.8	5.6	2.4
	NO2	4.458	13.482	13.23	9.7	3.7
	COV	0.61	1.84	0.97	0.799	0.32
	Pm10	3.90E-01	1.19E+00	5.90E-01	5.10E-01	1.90E-01
	SO2	6.00E-02	0.19	9.90E-02	8.00E-02	3.00E-02
	Cd	6.50E-06	1.90E-05	9.45E-06	8.43E-06	3.70E-06
	Ni	5.50E-05	1.60E-04	8.40E-05	7.29E-05	2.60E-05
	C6H6	7.10E-03	2.00E-02	1.40E-02	9.00E-03	4.50E-03
H2	CO	3.16	9.57	6.44	4.10	1.76
	NO2	3.44	10.40	10.20	7.48	2.85
	COV	0.41	1.24	0.65	0.54	0.22
	Pm10	0.31	0.95	0.47	0.41	0.15
	SO2	0.06	0.18	0.09	0.07	0.03
	Cd	6.42E-06	1.88E-05	9.34E-06	8.33E-06	3.66E-06
	Ni	5.04E-05	1.47E-04	7.70E-05	6.68E-05	2.38E-05
	C6H6	3.96E-03	1.11E-02	7.80E-03	5.02E-03	2.51E-03
H3	CO	3.71	11.24	7.56	4.81	2.06
	NO2	4.03	12.18	11.95	8.76	3.34
	COV	0.49	1.48	0.78	0.64	0.26
	Pm10	0.37	1.12	0.55	0.48	0.18
	SO2	0.06	0.20	0.11	0.09	0.03
	Cd	8.42E-06	2.46E-05	1.22E-05	1.09E-05	4.80E-06
	Ni	5.96E-05	1.73E-04	9.10E-05	7.90E-05	2.82E-05
	C6H6	4.66E-03	1.31E-02	9.18E-03	5.90E-03	2.95E-03

	Cd	1.3E-03	3.8E-03	1.9E-03	1.7E-03	7.4E-04
	Ni	2.8E-04	8.0E-04	4.2E-04	3.6E-04	1.3E-04
	C6H6	2.4E-04	6.7E-04	4.7E-04	3.0E-04	1.5E-04
	Somme RD	1.3E-01	4.1E-01	3.7E-01	2.7E-01	1.0E-01
H2	CO	3.2E-04	9.6E-04	6.4E-04	4.1E-04	1.8E-04
	NO2	8.6E-02	2.6E-01	2.6E-01	1.9E-01	7.1E-02
	COV	4.1E-03	1.2E-02	6.5E-03	5.4E-03	2.2E-03
	Pm10	1.0E-02	3.2E-02	1.6E-02	1.4E-02	5.1E-03
	SO2	1.1E-03	3.5E-03	1.8E-03	1.5E-03	5.6E-04
	Cd	1.3E-03	3.8E-03	1.9E-03	1.7E-03	7.3E-04
	Ni	2.5E-04	7.3E-04	3.9E-04	3.3E-04	1.2E-04
	C6H6	1.3E-04	3.7E-04	2.6E-04	1.7E-04	8.4E-05
Somme RD	1.0E-01	3.1E-01	2.8E-01	2.1E-01	8.0E-02	
H3	CO	3.7E-04	1.1E-03	7.6E-04	4.8E-04	2.1E-04
	NO2	1.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	2.2E-01	8.4E-02
	COV	4.9E-03	1.5E-02	7.8E-03	6.4E-03	2.6E-03
	Pm10	1.2E-02	3.7E-02	1.8E-02	1.6E-02	5.9E-03
	SO2	1.3E-03	4.1E-03	2.1E-03	1.7E-03	6.4E-04
	Cd	1.7E-03	4.9E-03	2.4E-03	2.2E-03	9.6E-04
	Ni	3.0E-04	8.7E-04	4.6E-04	3.9E-04	1.4E-04
	C6H6	1.6E-04	4.4E-04	3.1E-04	2.0E-04	9.8E-05
	Somme RD	1.2E-01	3.7E-01	3.3E-01	2.5E-01	9.4E-02

4. Caractérisation des risques :

Les résultats sont fournis pour tous les états et scénarios sous forme de tableau illustré ci-dessous. La somme des ratios de dangers et des excès de risque individuel (Rd et ERI tous polluants confondus au niveau d'une zone) est également présentée pour chaque état afin de s'apercevoir des effets cumulés (tous polluants confondus).

Tableau 24: Ratio de danger

Scénarios	Polluants	Ratio de dangers				
		Zone				
		A	B	C	D	E
H1	CO	4.3E-04	1.3E-03	8.8E-04	5.6E-04	2.4E-04
	NO2	1.1E-01	3.4E-01	3.3E-01	2.4E-01	9.3E-02
	COV	6.1E-03	1.8E-02	9.7E-03	8.0E-03	3.2E-03
	Pm10	1.3E-02	4.0E-02	2.0E-02	1.7E-02	6.3E-03
	SO2	1.2E-03	3.8E-03	2.0E-03	1.6E-03	6.0E-04

Tableau 25 : Excès de risques

Scénarios	Polluants	Excès de risques individuel				
		Zone				
		A	B	C	D	E
H1	CO	-	-	-	-	-
	NO2	-	-	-	-	-
	COV	-	-	-	-	-
	Pm10	-	-	-	-	-
	SO2	-	-	-	-	-
	Cd	5.01E-09	1.46E-08	7.29E-09	6.50E-09	2.85E-09
	Ni	8.95E-09	2.60E-08	1.368E-08	1.1E-08	4.23E-09
	C6H6	2.37E-08	6.68E-08	4.68E-08	3.01E-08	1.50E-08
	Somme ERI	3.7E-08	1.07E-07	6.77E-08	4.84E-08	2.21E-08
H2	CO	-	-	-	-	-
	NO2	-	-	-	-	-
	COV	-	-	-	-	-
	Pm10	-	-	-	-	-
	SO2	-	-	-	-	-
	Cd	5.0E-09	1.4E-08	7.2E-09	6.4E-09	2.8E-09
	Ni	8.2E-09	2.4E-08	1.3E-08	1.1E-08	3.9E-09
	C6H6	1.3E-08	3.7E-08	2.6E-08	1.7E-08	8.4E-09
	Somme ERI	2.6E-08	7.6E-08	4.6E-08	3.4E-08	1.5E-08
H3	CO	-	-	-	-	-
	NO2	-	-	-	-	-
	COV	-	-	-	-	-
	Pm10	-	-	-	-	-
	SO2	-	-	-	-	-
	Cd	6.5E-09	1.9E-08	9.4E-09	8.4E-09	3.7E-09
	Ni	9.7E-09	2.8E-08	1.5E-08	1.3E-08	4.6E-09
	C6H6	1.6E-08	4.4E-08	3.1E-08	2.0E-08	9.9E-09
	Somme ERI	3.2E-08	9.1E-08	5.5E-08	4.1E-08	1.8E-08

Lorsque le Ratio de Danger est inférieur à 1, la population n'est théoriquement pas en danger si ce dernier est supérieur à 1 la population est théoriquement en danger.

L'Excès de Risque Individuel (ERI) correspond à la probabilité que possède un individu de développer un cancer, s'il inhale toute sa vie la concentration estimée par la modélisation. Les ERI jugés acceptables (les valeurs couramment tolérées pour le risque chronique) sont de l'ordre de 10^{-6} .

Au regard des résultats, les ratios de dangers sont dans tous les cas inférieurs à 1. La population n'est donc théoriquement pas en danger.

Les excès de Risque Individuel (ERI) sont au maximum de 1.07×10^{-7} (Etat initial zone C, un individu demeurant au niveau de cette zone à tous polluants cumulés 0.107 chance sur 1 million de déclencher un cancer, ce qui reste faible. Cet ERI est donc jugé acceptable.

De manière générale, les ratios de dangers et les ERI sont plus importants pour l'état initial.

En comparant les états futurs avec et sans aménagement, l'état aménagé est légèrement plus important. Cela est dû directement à l'augmentation du trafic induit par l'aménagement de la ZAC.

Conclusion

Cette étude a été menée conformément aux préconisations du Guide des études d'environnement « air » à destination des bureaux d'études édité par le CERTU. Elle présente une caractéristique de l'état initial.

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, ainsi que le parc automobile et son évolution résultant des travaux de l'INRETS, pour chacun des tronçons définis. Les données de vitesses et de Trafics Moyens Journaliers Annuels ont été fournies par le client.

L'objectif de cette étude est de quantifier des expositions représentatives du site en moyenne annuelle dans le cadre du projet de la ZAC.

Les résultats de la modélisation montrent, pour tous les états, que les concentrations les plus importantes sont réparties sur la RN6

Règlementairement, les concentrations maximales restent en deçà des valeurs limites et des objectifs de la qualité de l'air pour tous les polluants

Du fait de l'augmentation du nombre de véhicules dans la bande d'étude il est naturel que certaines valeurs, comme l'effet de serre ou les coûts collectifs, subissent une augmentation par rapport à l'état initial. Néanmoins, entre les horizons futurs avec et sans projet l'évolution reste faible.

L'indice IPP montre une amélioration entre l'état initial et les états futurs. Ce dernier reste également non conséquent entre les deux états futurs.

Concernant les aspects sanitaires, on obtient des ratios de dangers systématiquement inférieur à 1 pour les trois états, la population n'est théoriquement pas en dangers. Les excès de risques sont eux jugés acceptables.

Annexe 1 : Découpage des tronçons et trafics associés



Horizon H1

Etat Initial 2011			
N° section	TMJA	% PL	Vitesse
1	6100	0	50
2	40000	9	90
3	47800	9	90
4	3600	0	50
5	2650	0	50
6	6800	0	50
7	2700	0	50
8	1100	0	50
9	1500	0	50
10	900	0	50
11	4300	0	50
12	2600	0	50

Etat futur sans projet 2020			
N° section	TMJA	% PL	Vitesse
1	6400	0	50
2	43000	9	90
3	48400	9	90
4	1600	0	50
5	2800	0	50
6	7000	0	50
7	2800	0	50
8	1150	0	50
9	3700	0	50
10	950	0	50
11	4400	0	50
12	2800	0	50

Etat futur avec projet 2020			
N° section	TMJA	% PL	Vitesse
1	7100	0	50
2	50500	9	90
3	50000	9	90
4	1700	0	50
5	3050	0	50
6	7600	0	50
7	3100	0	50
8	1200	0	50
9	4100	0	50
10	1000	0	50
11	4500	0	50
12	3200	0	50

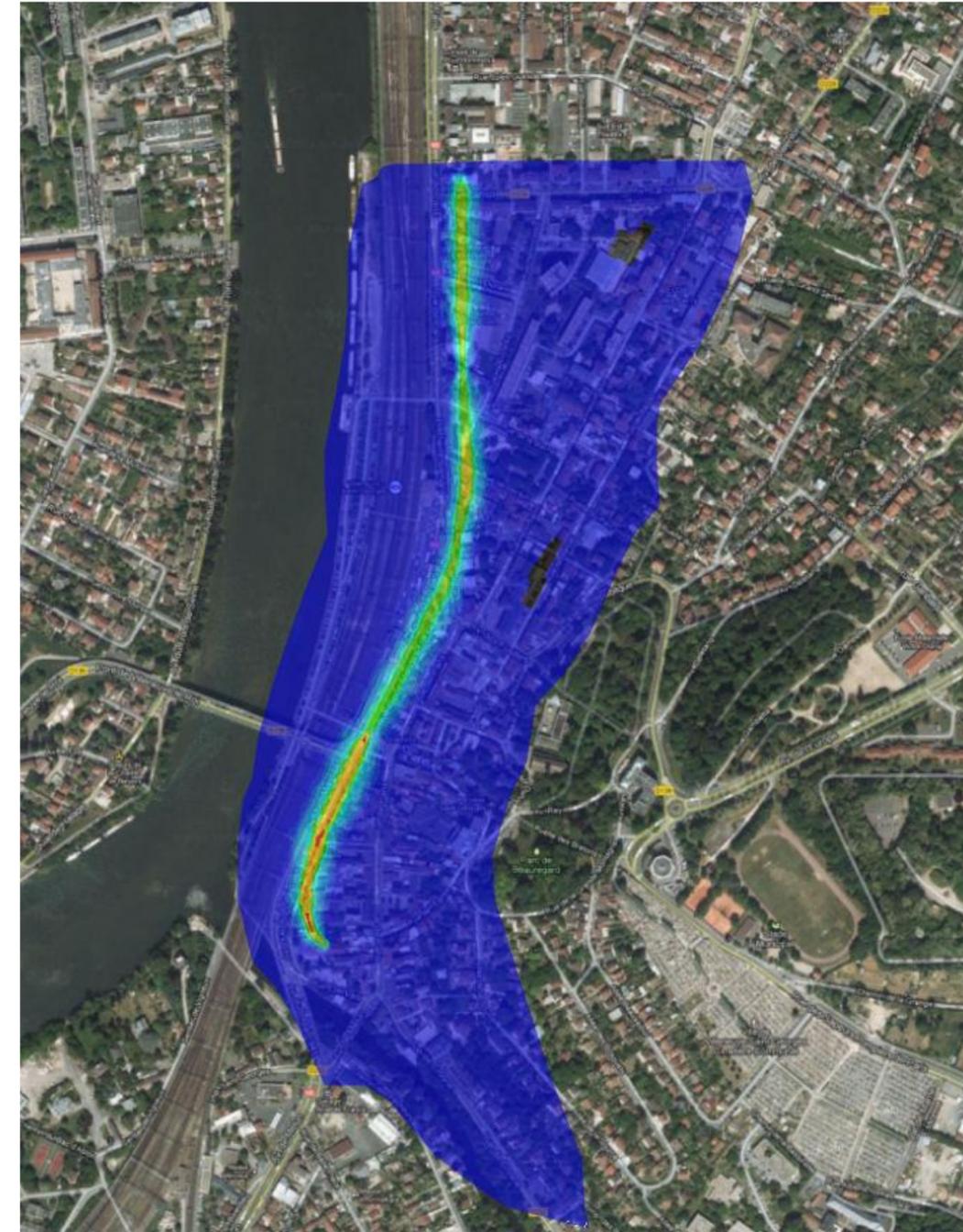
Annexe 2 : Contours de concentration pour l'horizon H1



Concentration en C6H6 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 10: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum) pour H1



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



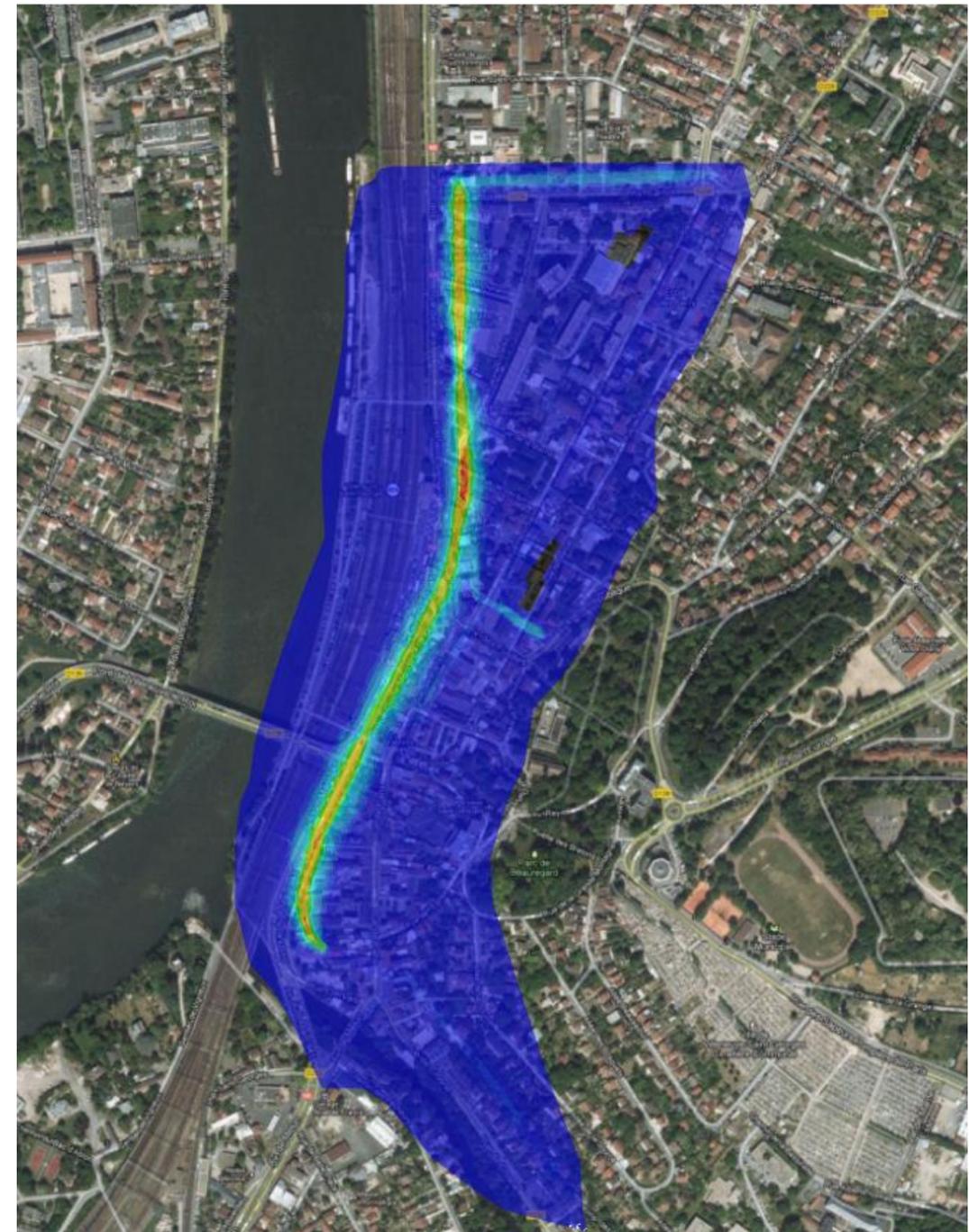
Figure 11: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum) pour H1



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



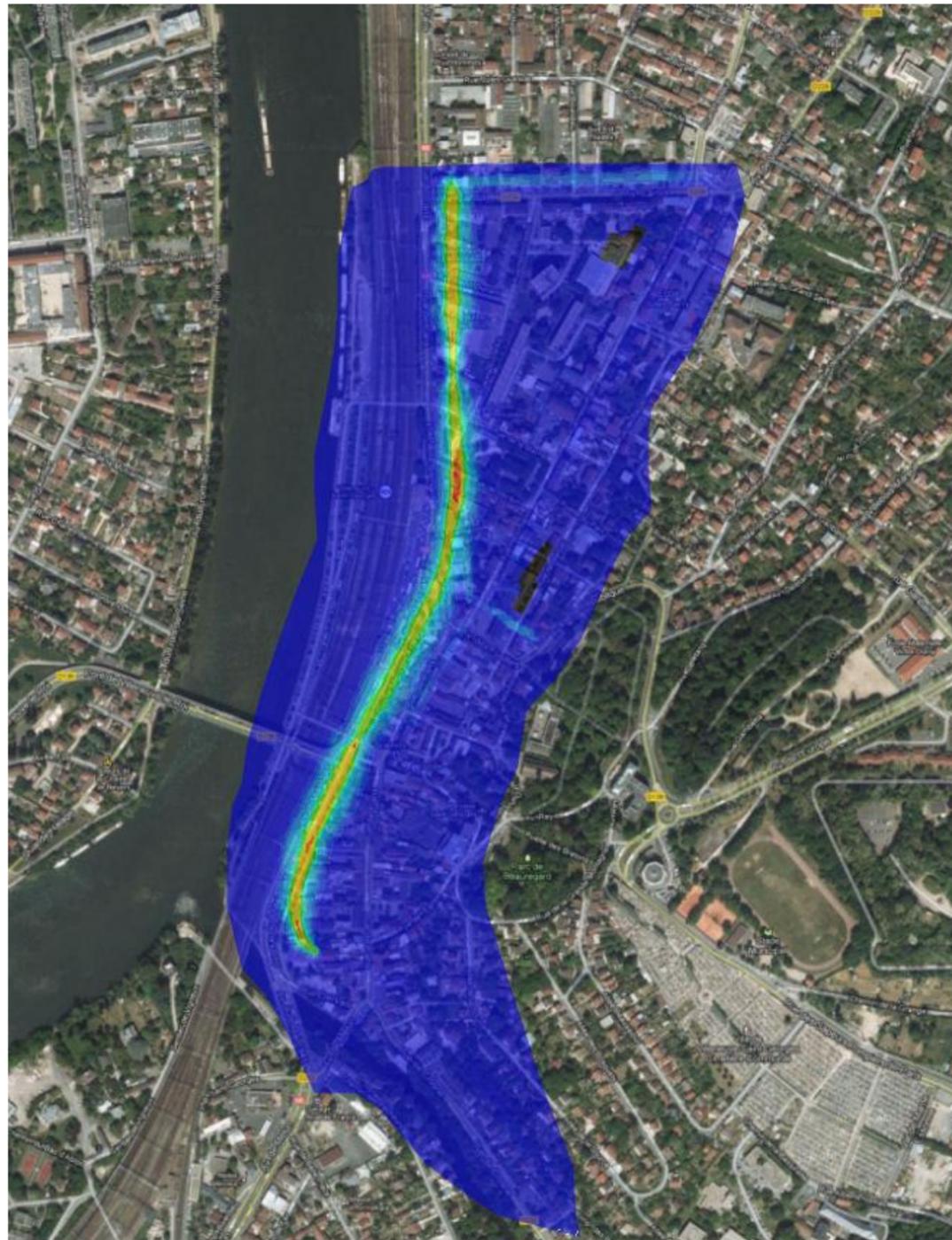
Figure 12: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum) pour H1



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



Figure 13: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum) pour H1



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

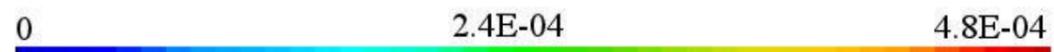
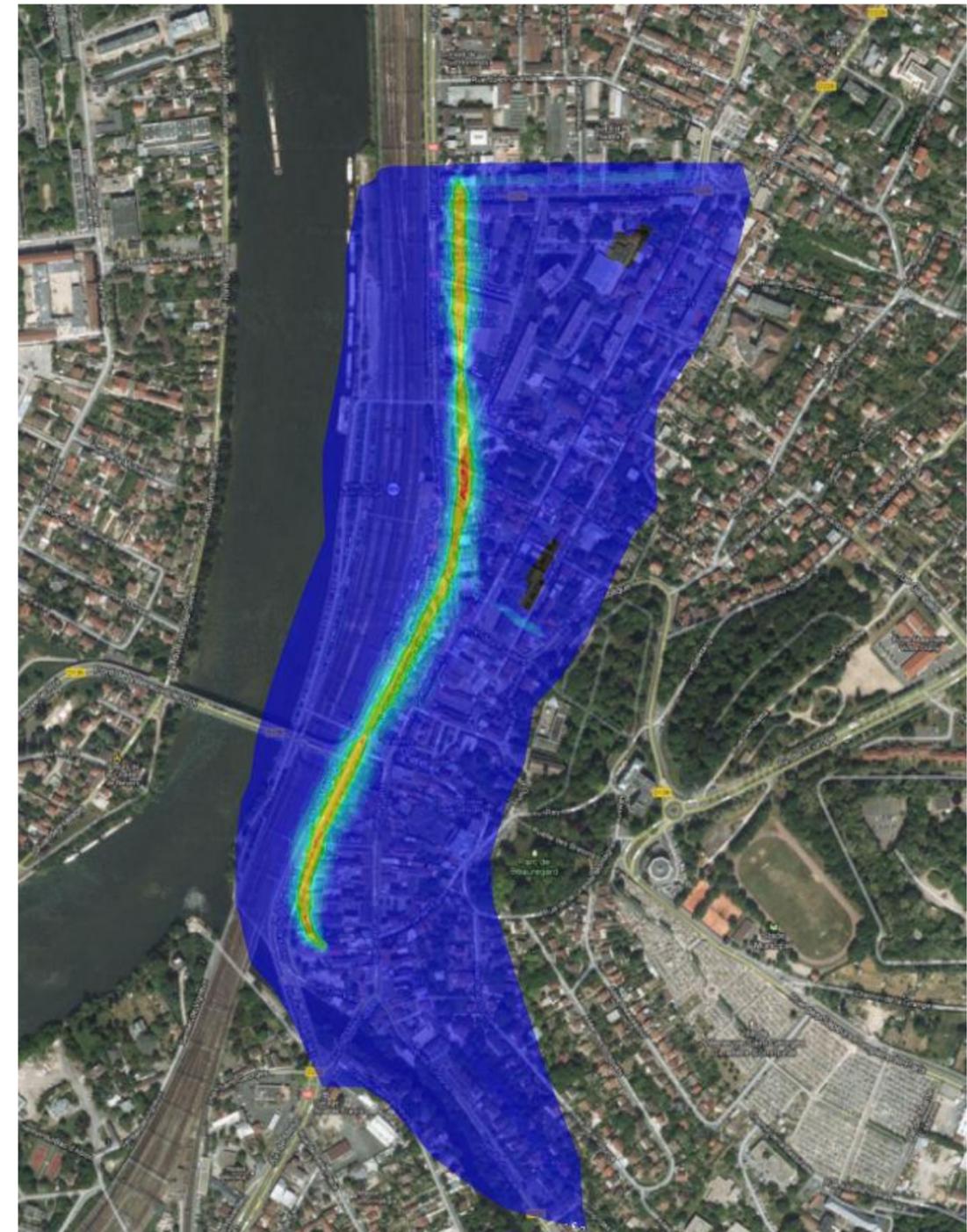


Figure 14: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum) pour H1



Concentration en Pm10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

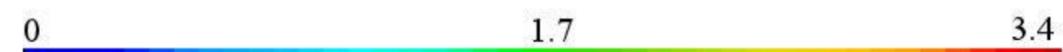


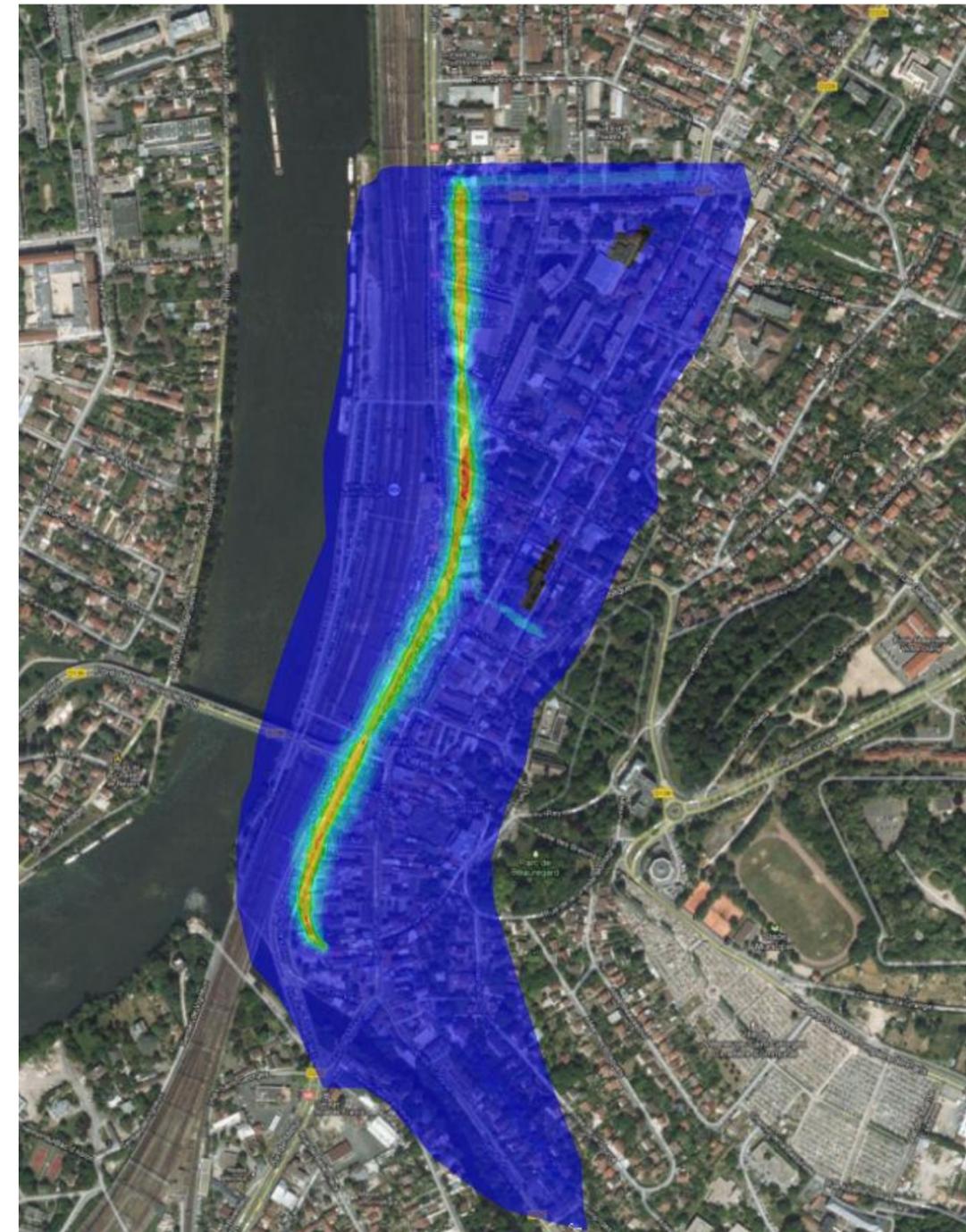
Figure 15: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) pour H1



Concentration en NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 16: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le maximum) pour H1

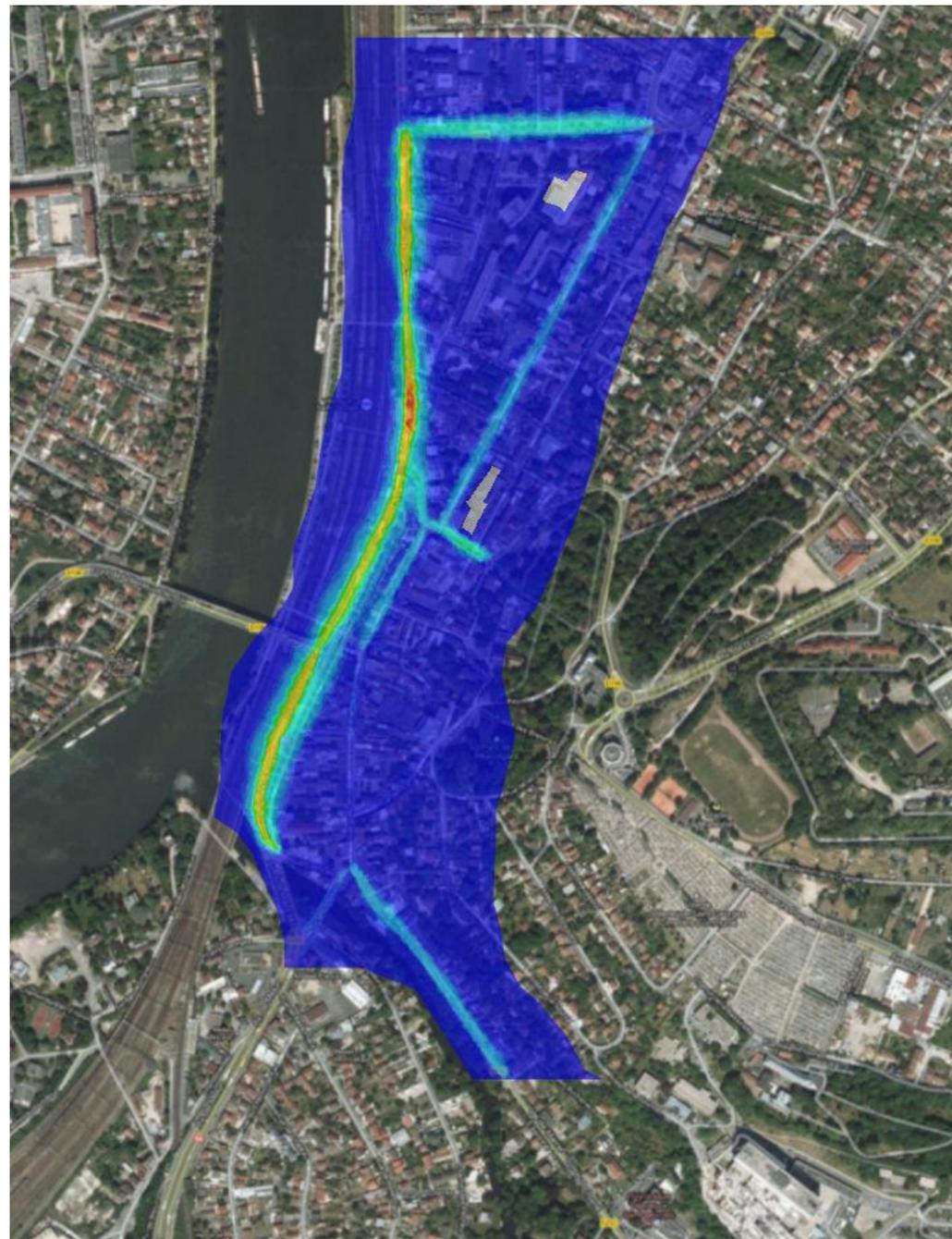


Concentration en SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 17: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) pour H1

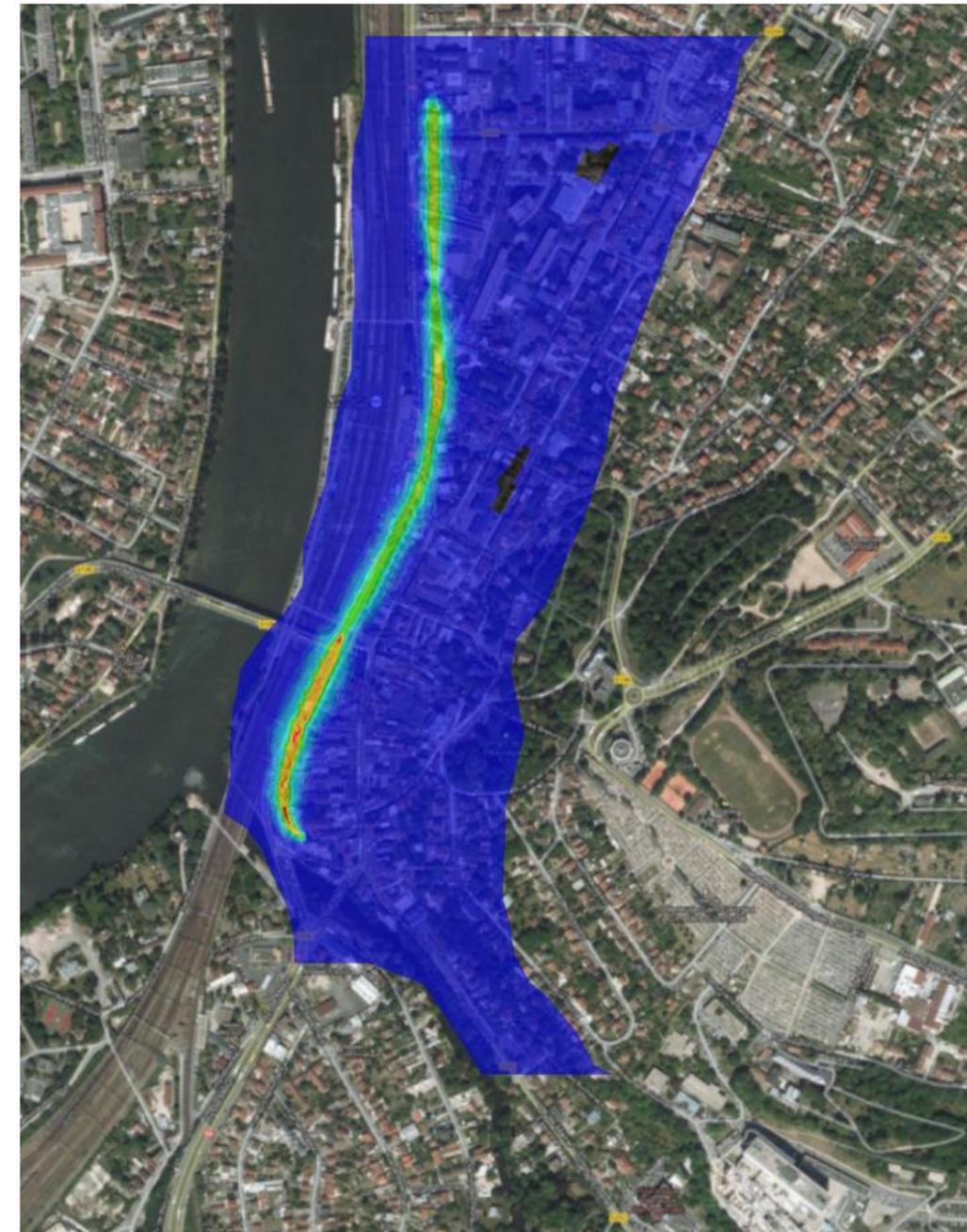
Annexe 3 : Contours de concentration pour les horizons H2



Concentration en C6H6



Figure 18: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum) pour H2



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



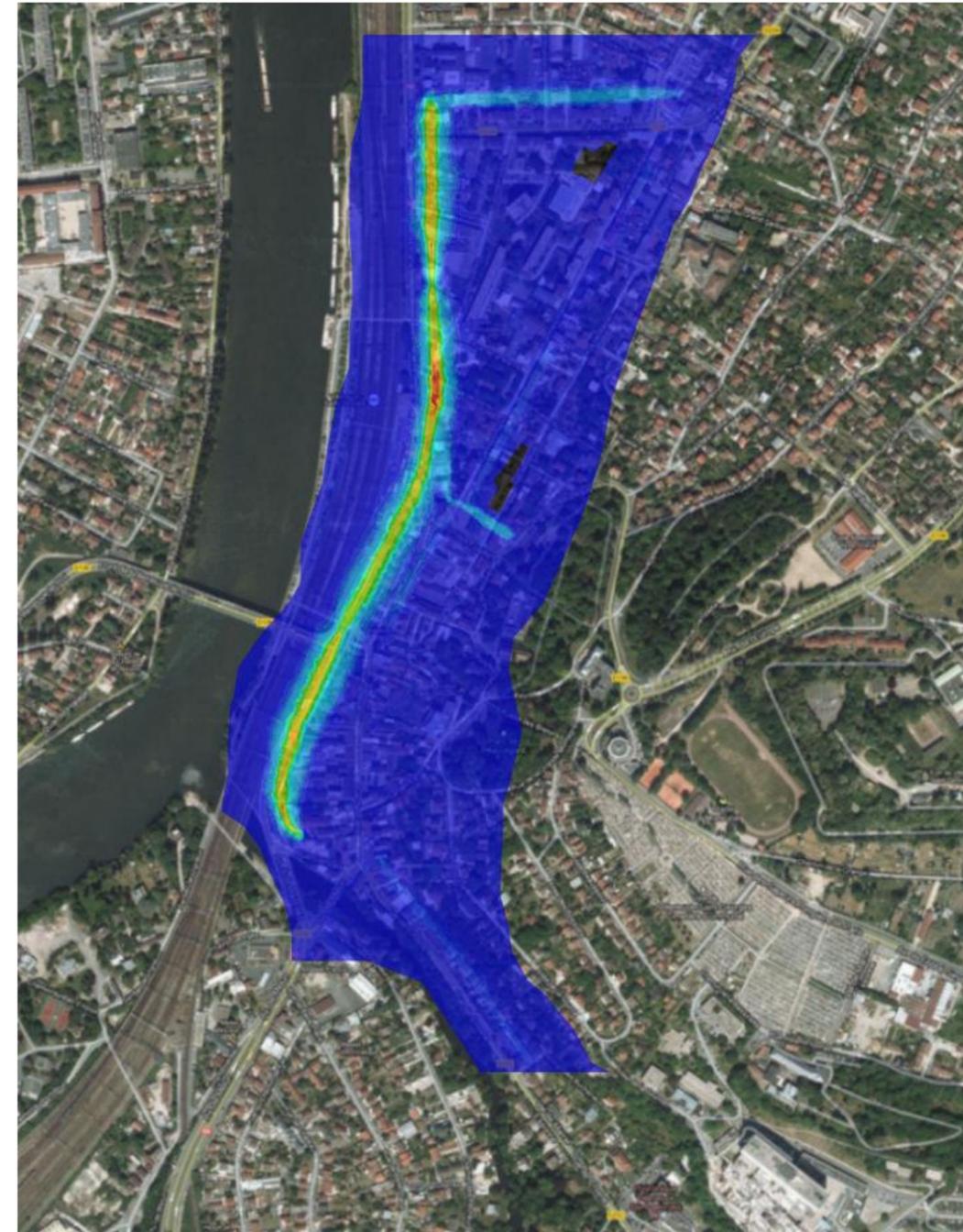
Figure 19: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum) pour H2



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



Figure 20: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum) pour H2



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



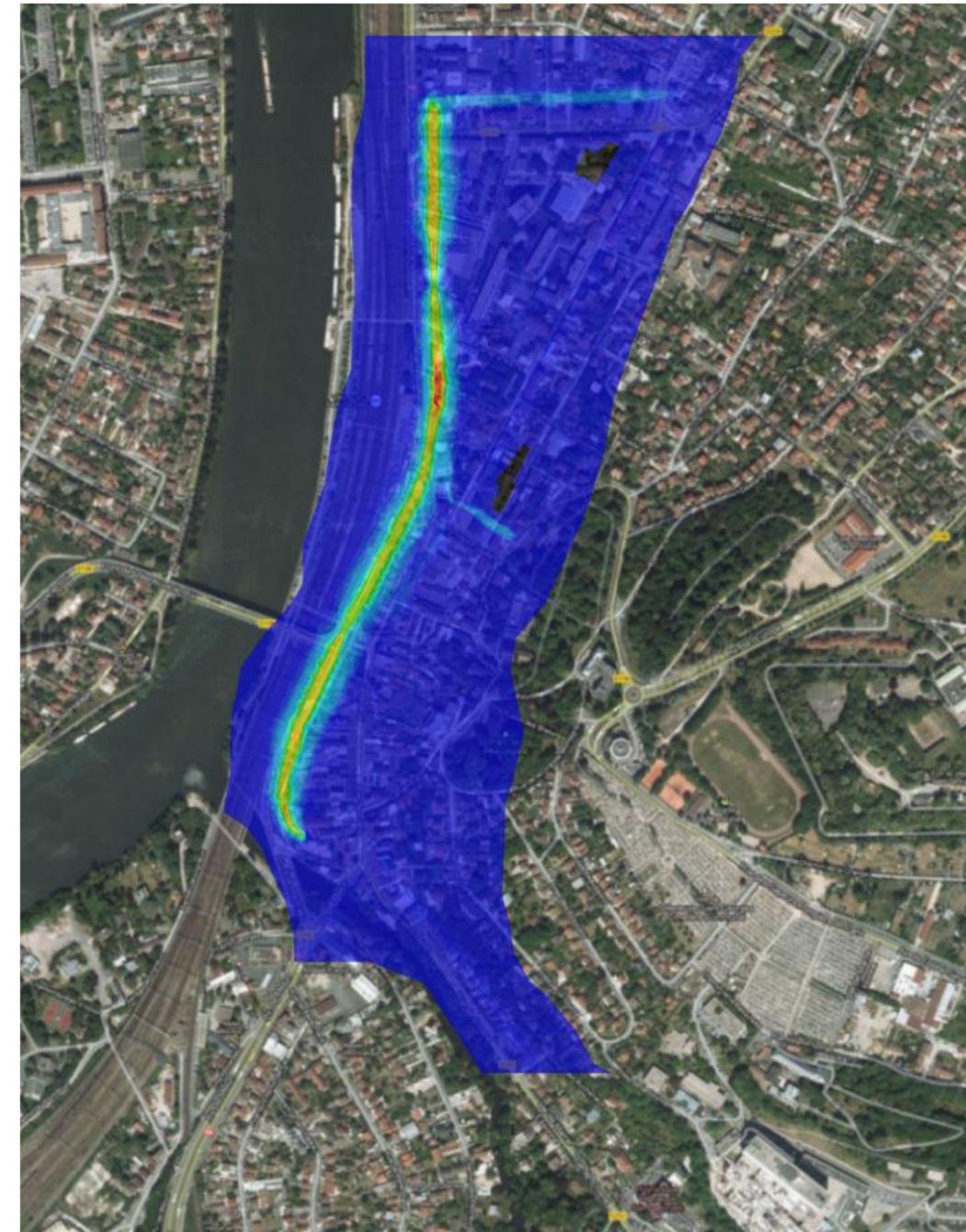
Figure 21: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum) pour H2



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



Figure 22: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum) pour H2



Concentration en NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



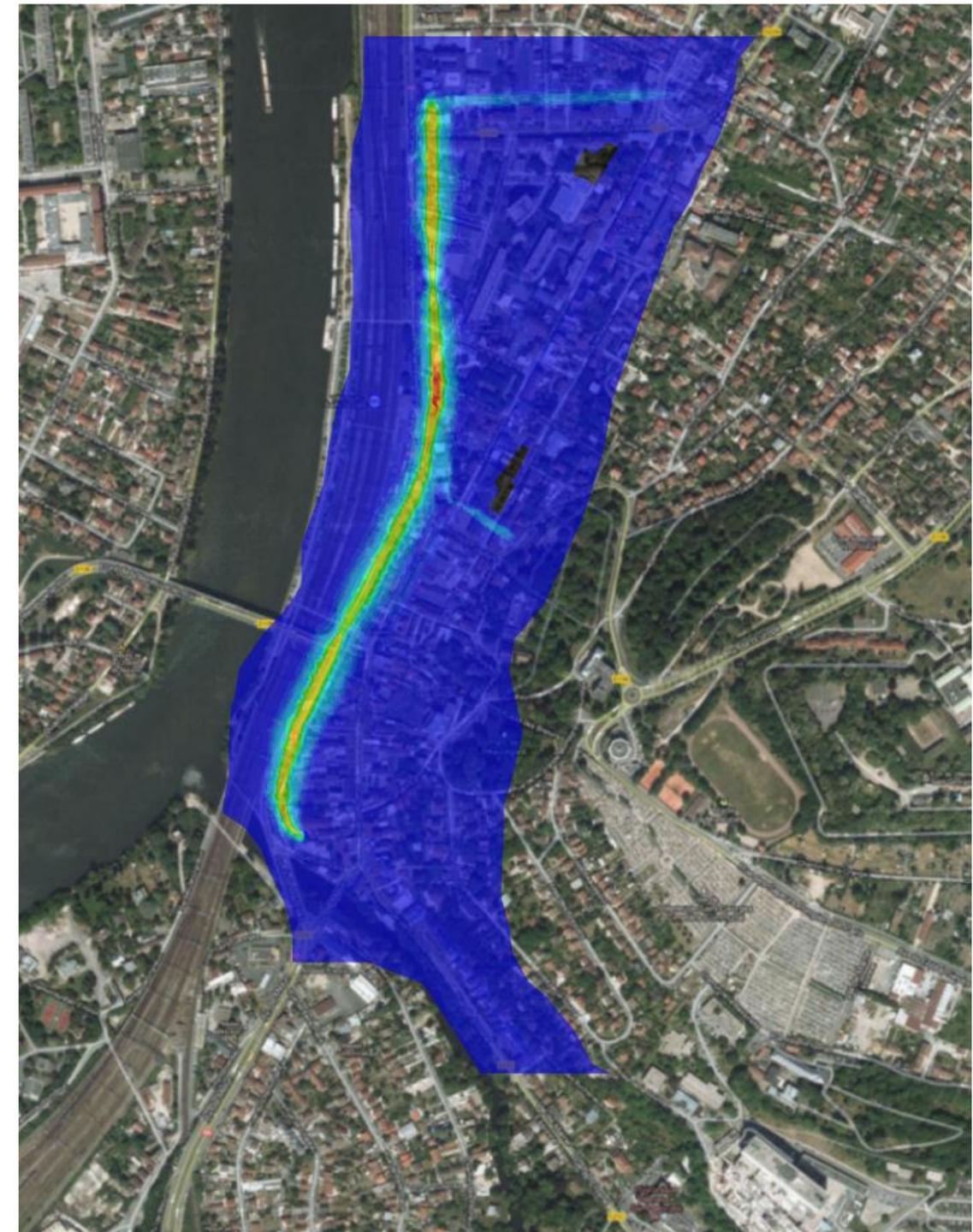
Figure 23: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le seuil) pour H2



Concentration en Pm10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 24: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) pour H2

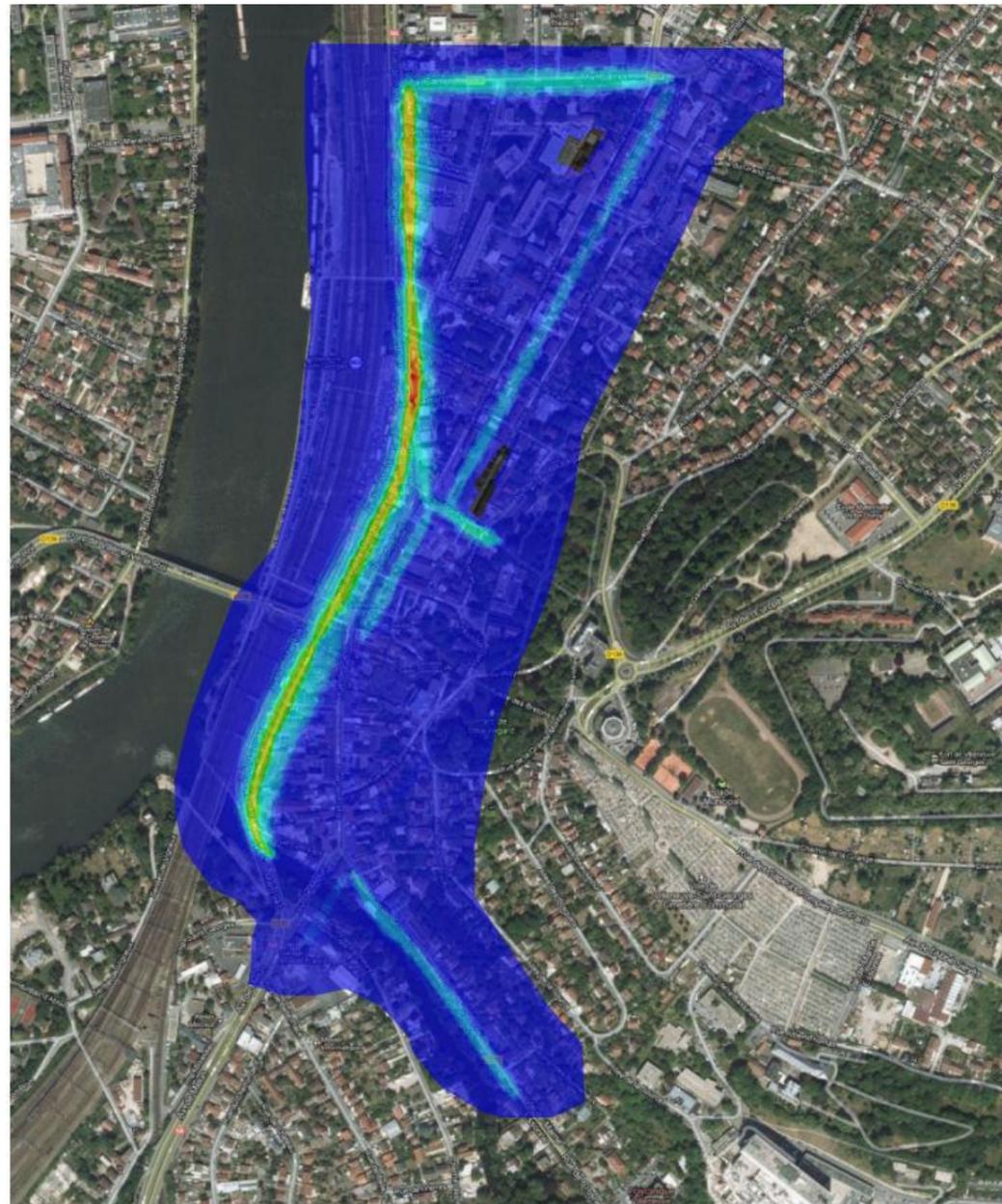


Concentration en SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 25: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) pour H2

Annexe 4 : Contours de concentration pour les horizons H3



Concentration en C6H6 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



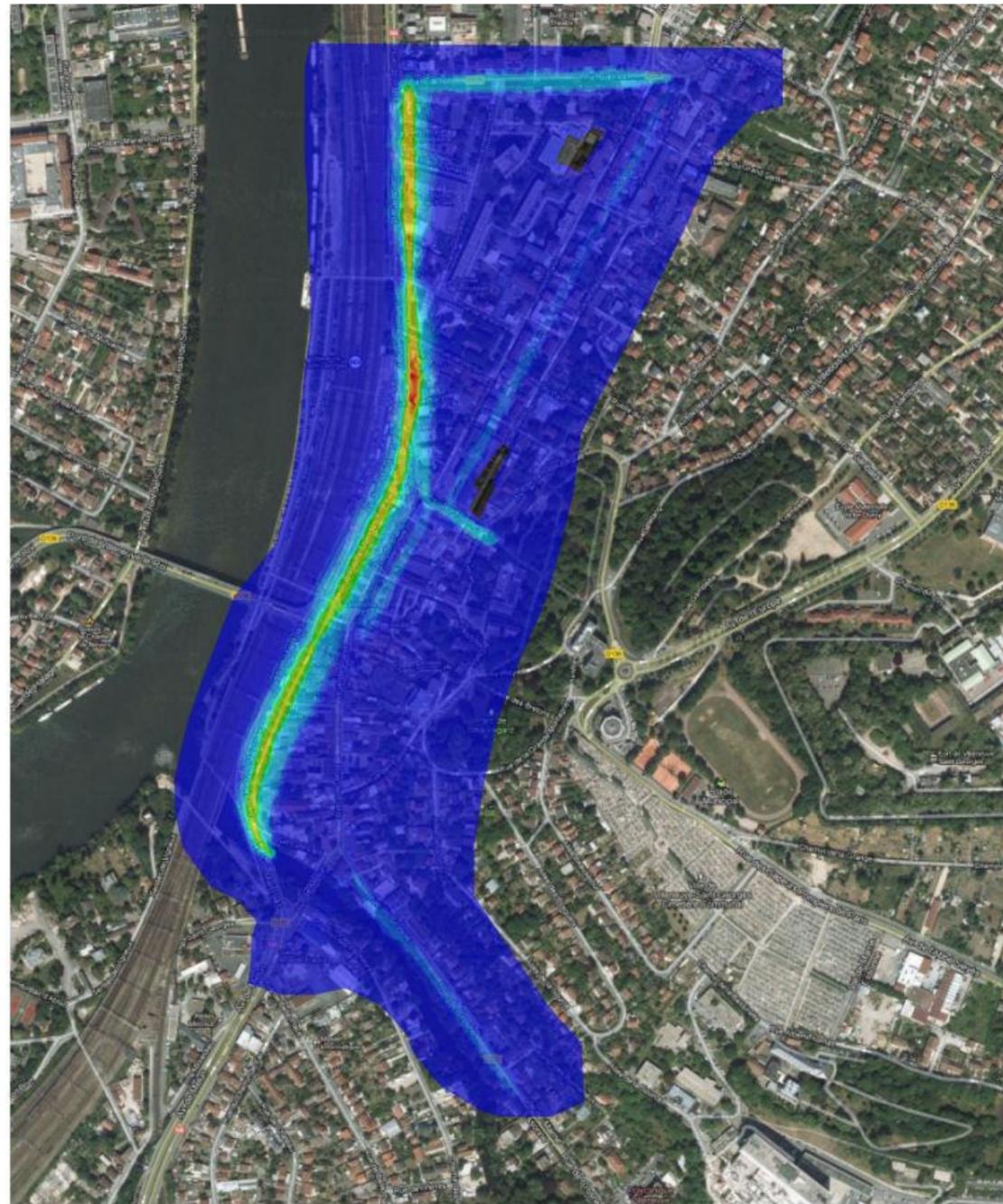
Figure 26: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum) pour H3



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



Figure 27: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum) pour H3



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



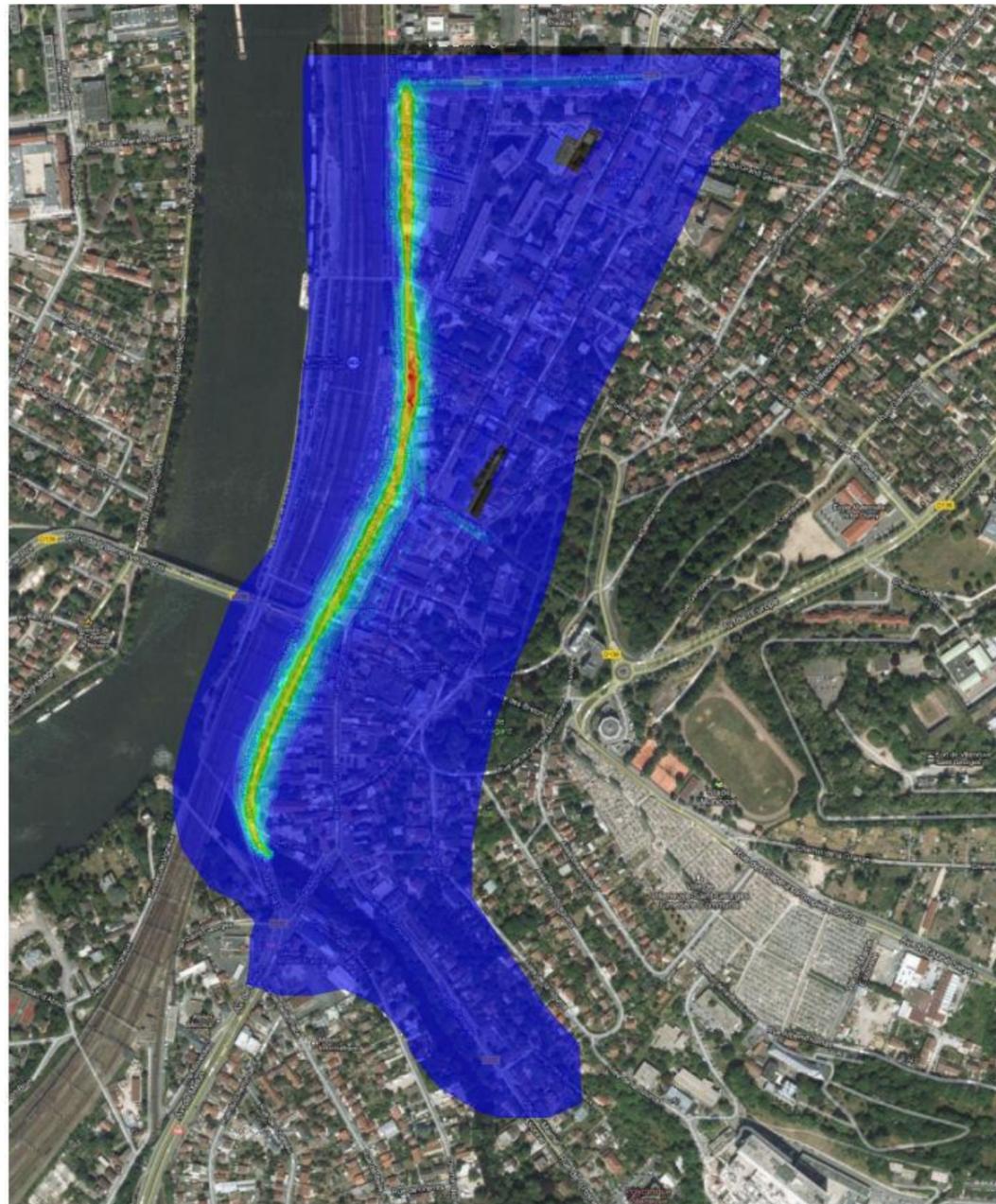
Figure 28: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum) pour H3



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



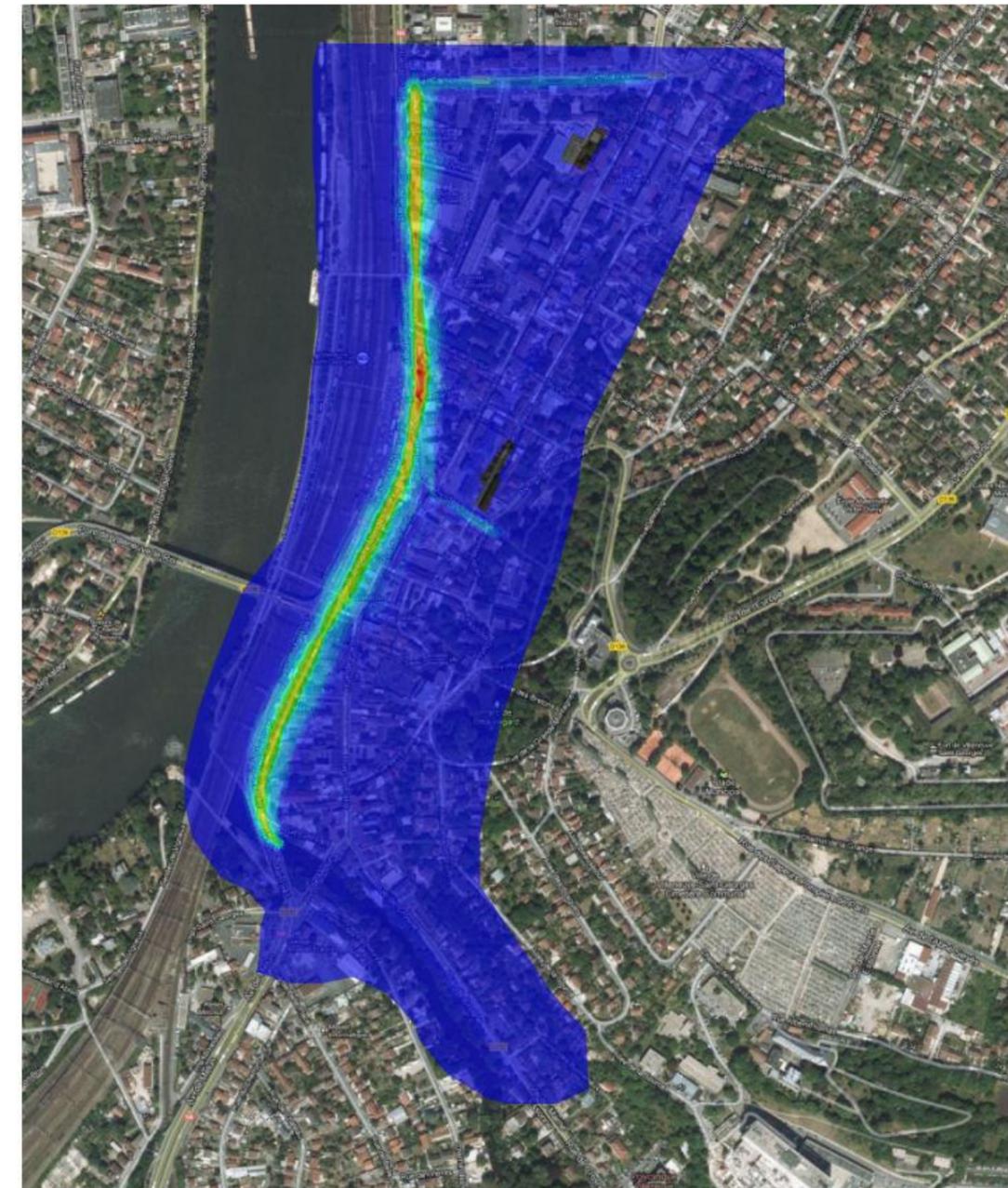
Figure 29: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum) pour H3



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



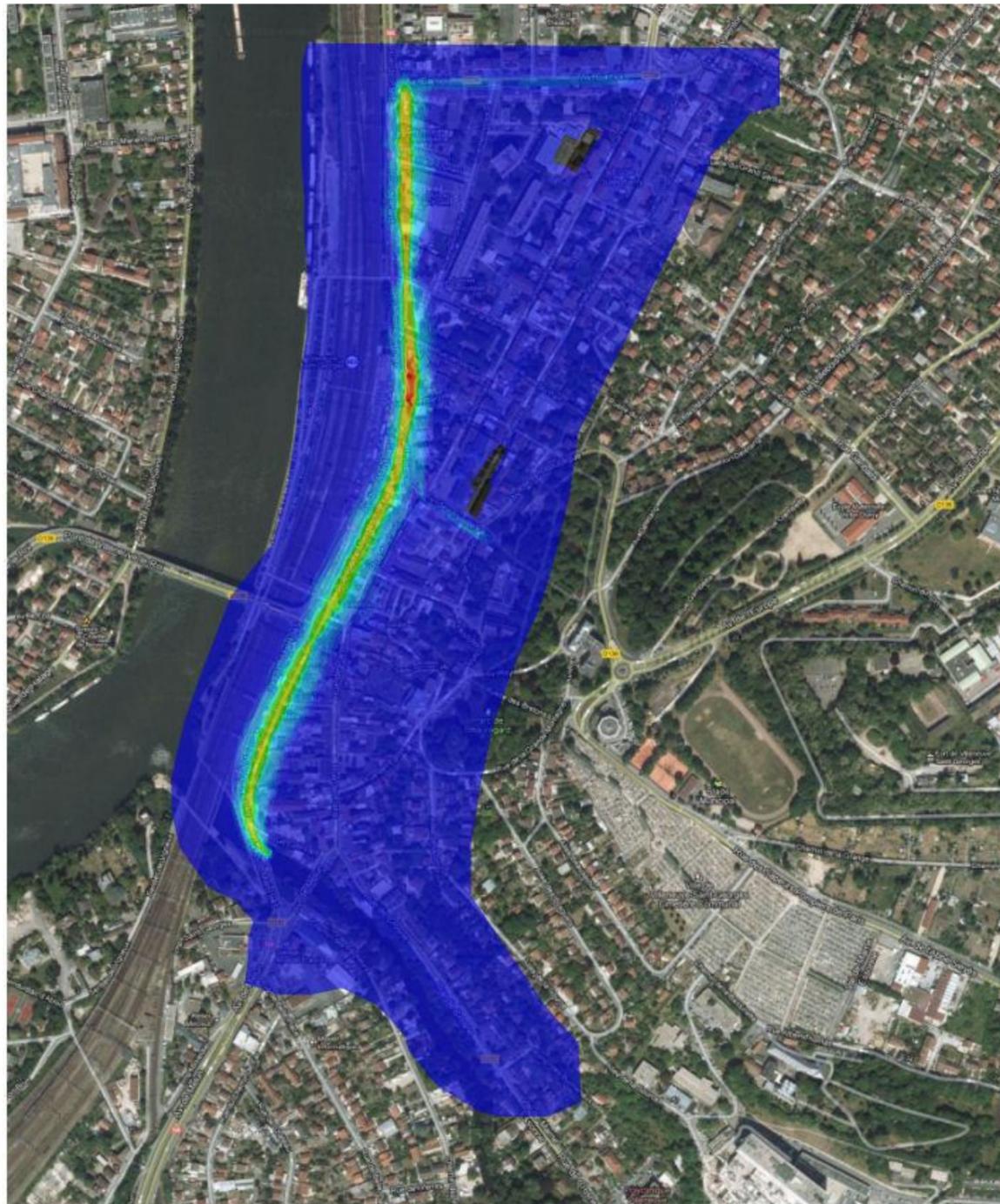
Figure 30: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum) pour H3



Concentration en NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 31: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le maximum) pour H3



Concentration en Pm10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

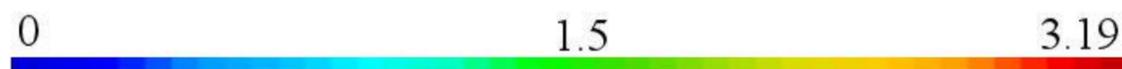
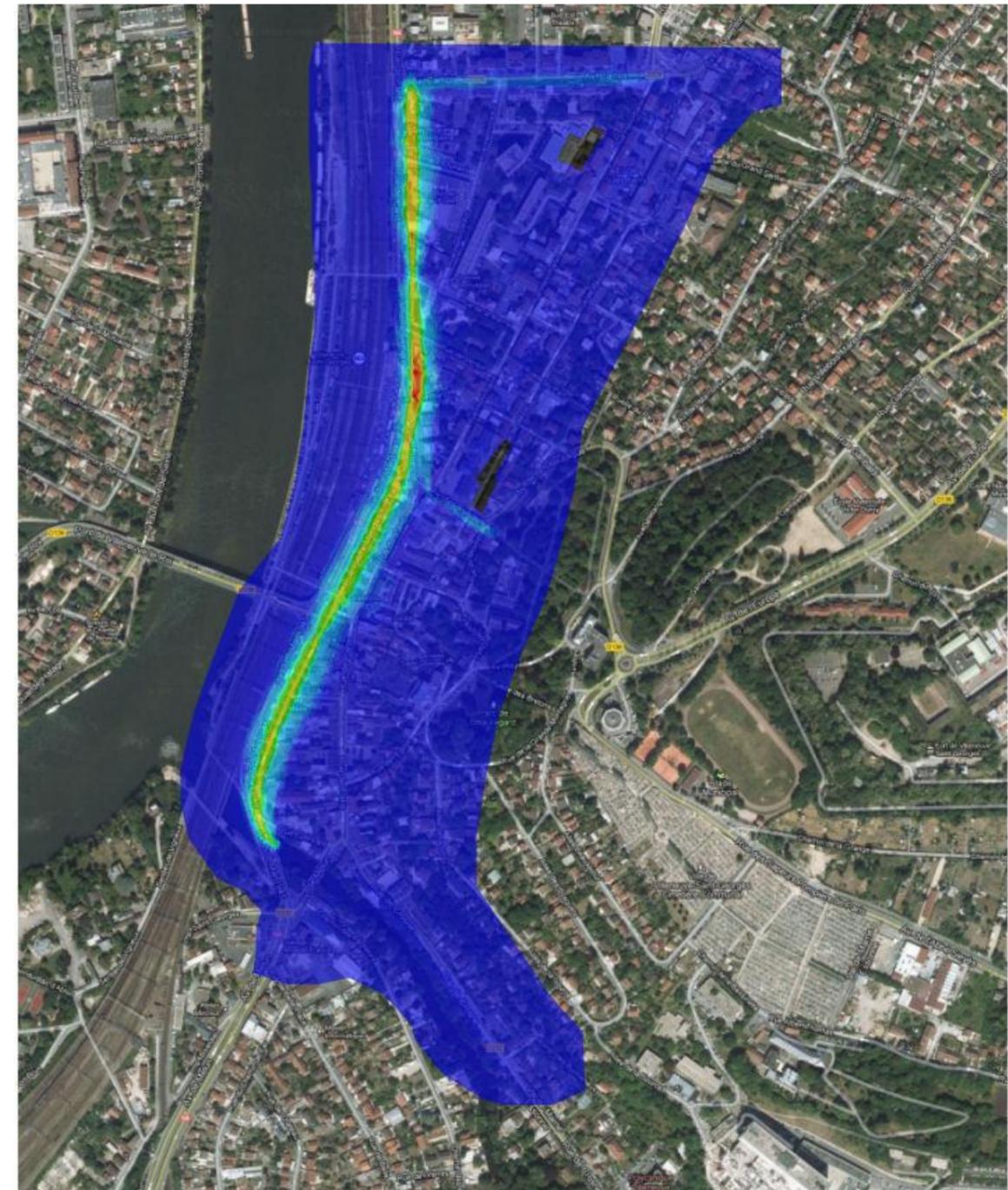


Figure 32: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) pour H3



Concentration en SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 33: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) pour H3