

# ENQUÊTE PUBLIQUE GARE MONTPELLIER SUD DE FRANCE

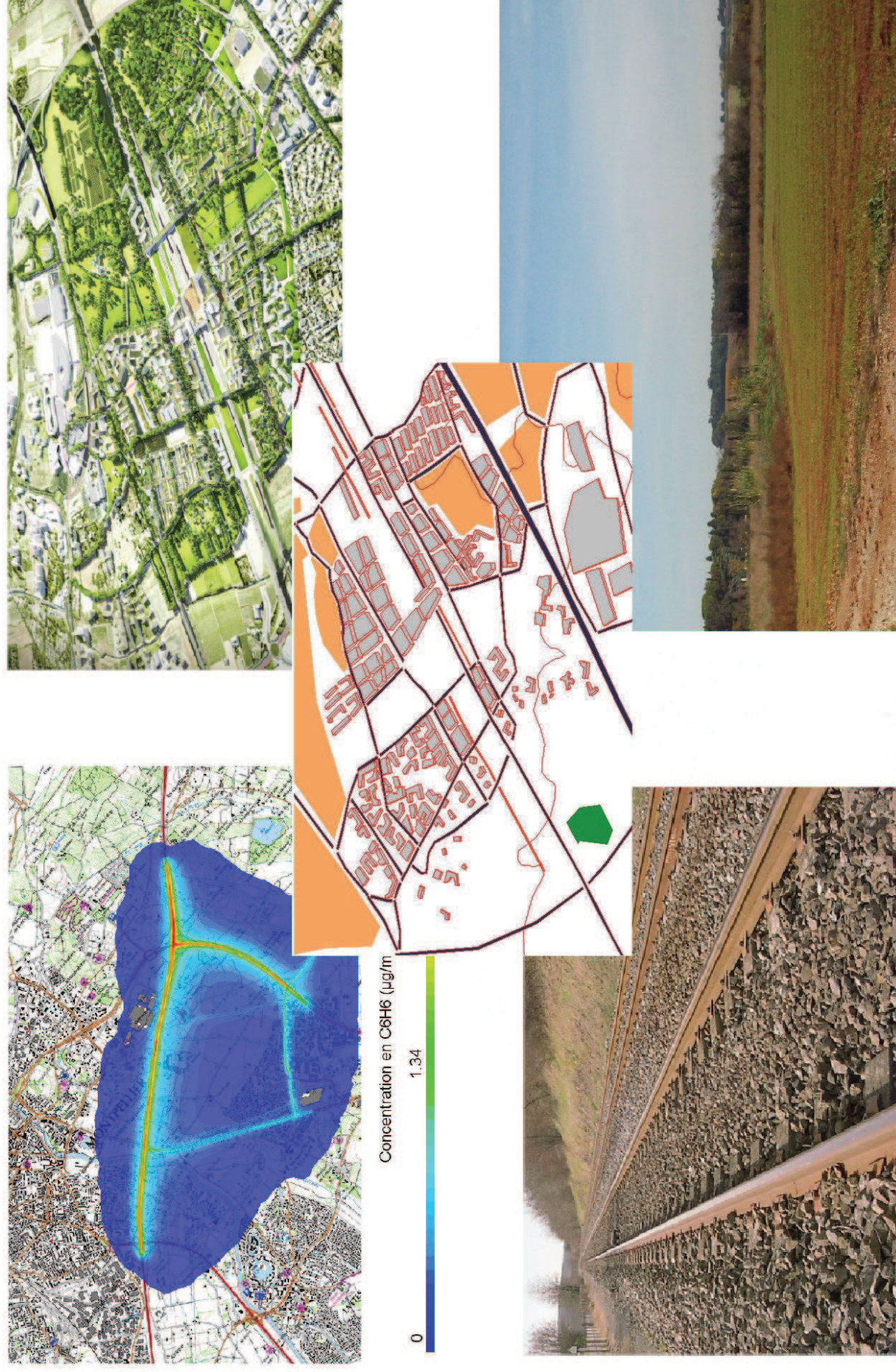
## DOSSIER D'ENQUÊTE PUBLIQUE - SEPTEMBRE 2014



Pièce I - Annexes

Annexe 2  
Étude air et santé  
de l'étude d'impact

## GARE NOUVELLE ODYSSEUM



## Etude d'impact Volet Air Santé Rapport Final

Référence FLUIDYN	Nombre de pages	Version	Date	Rédacteur
0312055C	56	1.0	24/07/2013	P.ALEXANDRE

## Sommaire

Sommaire .....	2
Liste des tableaux .....	3
Liste des figures .....	3
<b>I</b> Contexte général.....	6
I.1 Réglementation s'appliquant au volet Air Santé.....	6
I.2 Présentation de l'étude .....	7
I.3 Caractéristiques de l'aire d'étude .....	9
I.3.1 Caractéristiques géographiques .....	9
I.3.2 Météorologie du site .....	9
I.4 La pollution de l'air .....	10
II.1 Généralités sur la pollution de l'air .....	10
II.1.1 Définition.....	10
II.1.2 Prospective des émissions par les véhicules.....	10
II.2 Rappels sur la réglementation de la qualité de l'air.....	11
II.2.1 Air ambiant- Réglementation .....	11
II.2.2 Emissions des véhicules – Réglementation Européenne.....	12
<b>III</b> Modélisation PHYSIQUE .....	13
III.1 Objectifs .....	13
III.2 Méthodologie.....	13
III.3 Description du modèle numérique de terrain .....	13
III.4 Terme source .....	16<
III.5 Emissions et consommation énergétique.....	17
III.5.1 Méthodologie.....	17
III.5.2 Emission de polluants.....	17
III.5.3 Impact sur la production d'ozone .....	18
III.5.4 Consommation énergétique .....	18
III.6 Simulation .....	19
III.6.1 Maillage.....	19
III.6.2 Paramètres du modèle .....	20
III.6.3 Présentation des résultats.....	21
<b>IV</b> Résultats .....	22
IV.1 Dispersion à l'horizon 2013 (horizon H1).....	22
IV.2 Campagne de mesure in situ.....	22
IV.3 Dispersion à l'horizon 2035 sans projet (horizon H2) .....	24
IV.4 Dispersion à l'horizon 2035 avec projet (horizon H3).....	24
<b>V</b> Effets sur la santé .....	25
V.1 Les effets des polluants issus du trafic routier.....	25
V.2 Exposition des populations et coûts .....	26
V.2.1 Coûts collectifs et effet de serre .....	26
V.2.2 Indice Polluant – Population .....	27
V.3 Evaluation des risques sanitaires.....	28
V.3.1 Description de la méthode .....	28
V.3.2 Résultats .....	29
<b>Conclusion</b> .....	33
Annexe 1 : Campagne de mesure (photographies).....	34
Annexe 2 : Découpage des tronçons et trafics associés .....	40
Annexe 3 : Contours de concentration pour l'horizon H1 : Etat initial (2012) .....	43
Annexe 4 : Contours de concentration pour les horizons H2 (sans projet) et H3 (avec projet) en 2013 .....	48

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Définition du type d'étude.....	7
Tableau 2 : Conditions météorologiques retenues pour les simulations.....	9
Tableau 3 : Paramètres météorologiques pour la simulation de la situation moyenne.....	9
Tableau 4 : Prospective 1994-2005 des émissions annuelles de COV.....	10
Tableau 5: Prospective 1994-2003 des émissions journalières de PM10 (en tonnes/jour) dues au trafic routier.....	11
Tableau 6 : 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.....	12
Tableau 7 : Normes de qualité de l'air Françaises.....	12
Tableau 8 : Composants du modèle initial.....	14
Tableau 9 : Composants du modèle futur sans projet.....	14
Tableau 10 : Composants du modèle futur sans projet.....	15
Tableau 11 : Proportion massique du soufre dans les carburants.....	17
Tableau 12 : Emissions de CO2.....	17
Tableau 13: Emissions moyennes journalière des différents polluants.....	18
Tableau 14: Consommations énergétiques moyennes journalières.....	18
Tableau 15: Paramètres du modèle utilisés lors des simulations.....	20
Tableau 16: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H1.....	22
Tableau 17: Comparaison des concentrations avec les seuils pour l'horizon H1.....	22
Tableau 18: Concentrations en NO2 (in situ).....	23
Tableau 19 : Concentrations en Benzène (in situ).....	23
Tableau 20: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H2.....	24
Tableau 21: Comparaison des concentrations avec les seuils pour l'horizon H2.....	24
Tableau 22: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H3.....	24
Tableau 23: Comparaison des concentrations avec les seuils pour l'horizon H3.....	24
Tableau 24: Valeurs 2000 en véh.km (Euro/100 véh.km).....	26
Tableau 25: Prix de la tonne de carbone.....	26
Tableau 26: Coûts collectifs en Euros/jour selon les horizons.....	26
Tableau 27 : Effet de serre en Euros/jour selon les horizons.....	26
Tableau 28: Calculs des IPP selon les horizons.....	27
Tableau 29 : Bilan des VTR et ERU disponible.....	29
Tableau 30 : Présentation des imissions considérées pour l'état initial.....	30
Tableau 31 : Présentation des imissions considérées pour l'état de référence : 2035 sans Odysseum.....	30
Tableau 32 : Présentation des imissions considérées pour l'état futur : 2035 avec Odysseum.....	30
Tableau 33 : Ratio de danger pour l'état initial.....	30
Tableau 34 : Ratio de danger pour l'état de référence : 2035 sansOdysseum.....	31
Tableau 35 : Ratio de danger pour l'état futur : 2035 avec Odysseum.....	31
Tableau 36 : Excès de risque individuel pour l'état initial.....	31
Tableau 37 : Excès de risque individuel pour l'état de référence : 2035 sans Odysseum.....	31
Tableau 38 : Excès de risque individuel pour l'état futur : 2035 avec Odysseum.....	32
Tableau 39 : Trafic associé à l'état initial.....	40
Tableau 40 : Trafic associé à l'état futur sans gare Odysseum et sans quartier Oz.....	41
Tableau 41 : Trafic associé à l'état futur avec gare Odysseum et quartier Oz.....	42

## Liste des figures

Figure 1 : Localisation du projet Port-Marianne.....	7
Figure 2 : Vue aérienne du futur quartier Oz.....	8
Figure 3 : Photo aérienne de la zone d'étude.....	9
Figure 4: Localisation du domaine d'étude.....	13
Figure 5: Modèle numérique du terrain pour l'état initial.....	14
Figure 6 : Modèle numérique du terrain pour l'état futur sans projet.....	14
Figure 7 : Modèle numérique du terrain pour l'état futur avec projet.....	15
Figure 8 : Réseau routier modélisé pour l'état initial.....	16
Figure 9 : Réseau routier modélisé pour l'état futur avec projet.....	16
Figure 10 : Réseau routier modélisé pour l'état futur avec projet.....	16
Figure 11 : Emissions de CO2.....	17
Figure 12 : Emissions des polluants considérés en Kg/Jour.....	18
Figure 13 : Consommation énergétique.....	18
Figure 14: Représentation du maillage pour l'état initial.....	19
Figure 15 : Représentation du maillage pour l'état futur sans projet.....	19
Figure 16 : Prise en compte des bâtiments (état futur avec gare Odysseum).....	20
Figure 17 : Croissance des concentrations en NO2 en fonction de la distance à l'axe de la route.....	21
Figure 18 : Localisation des points de mesure.....	22
Figure 19 : Concentration en NO2 pour chaque point de mesure.....	23
Figure 20 : Concentration en benzène pour chaque point de mesure.....	23
Figure 21 : Découpage IPP.....	27
Figure 22: Localisation des zones sensibles.....	28
Figure 23 : Point 1.....	34
Figure 24 : Point 2.....	34
Figure 25: Point 3.....	35
Figure 26: Point 4.....	35
Figure 27: Point 5.....	35
Figure 28: Point 6.....	36
Figure 29: Point 7.....	36
Figure 30 : Point 8.....	36
Figure 31 : Point 9.....	36
Figure 32 : Point 10.....	37
Figure 33 : Point 11.....	37
Figure 34 : Point 12.....	37
Figure 35 : Point 13.....	37
Figure 36 : Point 14.....	38
Figure 37 : Point 15.....	38
Figure 38 : Point 16.....	38
Figure 39 : Point 17.....	38
Figure 40 : Point 18.....	39
Figure 41 : Point 19.....	39
Figure 42 : Point 20.....	39
Figure 43 : Réseau routier modélisé pour l'état initial.....	40
Figure 44 : Réseau routier modélisé pour l'état futur avec projet.....	40
Figure 45 : Réseau routier modélisé pour l'état futur avec projet.....	40
Figure 46: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum).....	43
Figure 47 : Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le seuil de qualité).....	43
Figure 48: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum).....	44
Figure 49: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum).....	44
Figure 50: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum).....	45
Figure 51: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum).....	45
Figure 52: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le maximum).....	46
Figure 53: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le seuil).....	46

Figure 54: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) .....47  
 Figure 55: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) .....47  
 Figure 56: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum) pour H2 .....48  
 Figure 57: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum) pour H3 .....48  
 Figure 58: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum) pour H2 .....49  
 Figure 59: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum) pour H3 .....49  
 Figure 60: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum) pour H2 .....50  
 Figure 61: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum) pour H3 .....50  
 Figure 62: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum) pour H2 .....51  
 Figure 63: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum) pour H3 .....51  
 Figure 64: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum) pour H2 .....52  
 Figure 65: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum) pour H3 .....52  
 Figure 66: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le maximum) pour H2 .....53  
 Figure 67: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le maximum) pour H3 .....53  
 Figure 68: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le seuil) pour H2 .....54  
 Figure 69: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le seuil) pour H3 .....54  
 Figure 70: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) pour H2 .....55  
 Figure 71: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) pour H3 .....55  
 Figure 72: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) pour H2 .....56  
 Figure 73: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) pour H3 .....56

C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> :	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 <sub>4</sub> :	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 <sub>2</sub> :	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 <sub>2</sub> :	Dioxyde de soufre
GPL :	Gaz de Pétrole Liquéfié	SO <sub>x</sub> :	Oxydes de soufre
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> :	Acide sulfureux	T/j/km :	Tonne par jour et par kilomètre
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :	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
kg/j/km :	Kilogramme par jour et par kilomètre		
km :	Kilomètre		
km/h :	Kilomètre par heure		
m :	Mètre		
µg/m <sup>3</sup> :	Microgramme par mètre cube		
µm :	Micromètre		
N <sub>2</sub> O :	Oxyde nitreux		
ng/m <sup>3</sup> :	Nanogramme par mètre cube		
NH <sub>3</sub> :	Ammoniac		
NO :	Monoxyde d'azote		
NO <sub>2</sub> :	Dioxyde d'azote		
NO <sub>x</sub> :	Oxydes d'azote		
O <sub>3</sub> :	Ozone		
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé		

## I Contexte général

Dans le cadre de la création de la gare nouvelle Odysseum sur la ville de Montpellier, FLUIDYDYN France réalise le volet-Air santé ainsi que la modélisation de la dispersion des polluants issus du trafic routier. Ce projet a vocation à être un pôle d'échanges multimodal dans le projet ferroviaire de contournement Nîmes Montpellier (CNM) et de la ligne LGV Montpellier Perpignan (LNMP).

Elle est au centre d'un projet de création d'un nouveau quartier et d'une zone d'aménagement concertée mixte (service et habitat) portée par une forte volonté politique et technique de la Communauté d'agglomération de Montpellier (ZAC ODYSSEUM). Les liens entre les deux projets sont étroits, tendent au-delà d'une simple opération d'aménagement et donnent sens à un véritable projet urbain.

Pour cela, la société FLUIDYDYN utilise le logiciel fluidyn-PANAIR logiciel de mécanique des fluides dédié à la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants gazeux et particuliers 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 de la circulaire équipement/santé/écologie du 25 février 2005. La modélisation porte sur les situations suivantes : état initial 2013, puis sur deux situations futures (2035 avec et sans projet), en tenant compte des caractéristiques du parc automobile, du relief spécifique du site, des conditions météorologiques, et du tracé des routes.

D'après ce guide méthodologique, les objectifs finaux de l'étude sont :

- 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 Euleriennes 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, le calcul de l'indice IPP ainsi qu'une étude détaillée sur la santé.

### 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.

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 <sup>2</sup> dans la bande d'étude	Trafic à l'horizon d'étude (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)			II si L projet > 5kms ou III si L projet ≤ 5 kms
	>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	
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hbts/km <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	I	II	II	II si L projet > 25 kms Ou II si L projet ≤ 25 kms
G III Bâti avec densité ≤ 2000 hbts/km <sup>2</sup>	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 attendus et de la présence de lieu sensible (lycée), l'étude à réaliser est de type I. En effet, au niveau de l'A9, les trafics actuels tournent autour de 116 000 véhicules par jour et devraient dépasser 73 000 véhicules par jour lorsque l'A9b (dédoublé de l'autoroute) sera fonctionnelle. Cette dernière devrait supporter un trafic dépassant 50 000 véhicules par jour. De plus, le domaine d'étude est habité. Cette étude de type I doit donc 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 Euleriennes 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

## I.2 Présentation de l'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 2013,
- la situation de référence : horizon futur sans aménagement en 2035,
- la situation à terme : horizon futur avec aménagement en 2035.

La situation actuelle correspond à l'état actuel du bâti et du trafic. Les aménagements futurs tels que la gare, le quartier Oz, le dédoublement de l'A9 et le projet Port-Marianne ne sont donc pas pris en compte. La situation de référence correspond aux prévisions faites sur l'évolution « naturelle » de la situation actuelle indépendante des autres aménagements. Il s'agit donc de prendre en compte l'évolution démographique, du trafic et des aménagements prévus et qui ne sont pas liés au projet concerné par l'étude. Dans le cadre de cette étude, ont été pris en compte le projet Port-Marianne, l'aménagement de l'A9b et de la LGV comme porteur d'aménagement, d'augmentation de la démographie et du trafic sans liens directs avec la gare Odysseum.

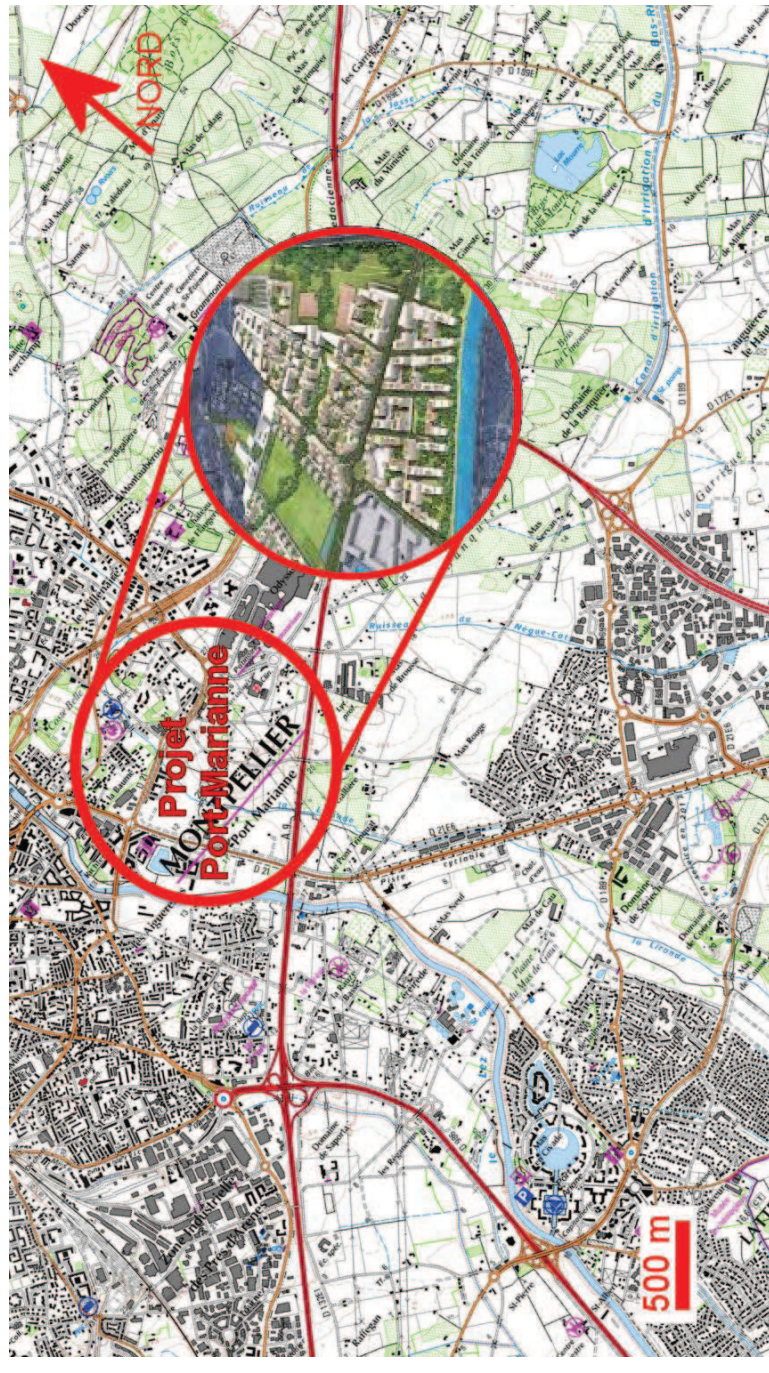


Figure 1 : Localisation du projet Port-Marianne



La situation à terme correspond aux prévisions faites sur l'évolution de la situation actuelle en prenant en compte le projet concerné et ceux sans lien direct avec celui étudié. Dans le cadre de cette étude, la situation à terme correspond à la situation avec gare Odysseum et « quartier Oz Montpellier nature urbaine » ainsi que le projet Port-Marianne, l'aménagement de l'A9b et la LGV.



Figure 2 : Vue aérienne du futur quartier Oz

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 NO<sub>2</sub>),
- Monoxyde de carbone (CO),
- Composés organiques volatiles (COV),
- Benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>),
- Particules de taille inférieure ou égale à 10 µm (PM10),
- Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)
- 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.

De cette rose des vents, 55 conditions de vent ont été sélectionnées pour la modélisation. Les vents pris en compte sont ceux dont la vitesse varie entre 1 et 8m/s.

La fréquence des vents modélisés représente un total de 95.2% de la rose des vents. Celles-ci ont été ensuite ramenées sur un total de 100% pour les besoins de la modélisation afin d'avoir un impact moyen annuel. Ces conditions et leurs fréquences recalculées sont rappelées dans le tableau suivant :

### 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 3 : Photo aérienne de la zone d'étude

Le projet d'aménagement 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 choisies. Les expositions maximales sont obtenues par examen individuel des concentrations pour chaque condition.

Le travail de sélection des conditions météorologiques pour la simulation s'est effectué à partir de la rose de vents de la station de Montpellier. Elle résulte des données enregistrées entre 1979 et 2009.

Tableau 2: Conditions météorologiques retenues pour les simulations

Direction du vent (degré nord)	Vitesse du vent (m/s)			
	1	3	6,5	8
20	1,82	8,09	3,15	-
40	1,23	5,46	1,68	-
60	0,57	2,52	0,63	-
80	0,31	1,37	-	-
100	0,28	1,26	-	-
120	0,28	1,26	1,37	1,05
140	0,38	1,68	1,89	1,37
160	0,52	2,31	1,37	-
180	0,50	2,21	1,47	-
200	0,40	1,79	1,89	-
220	0,35	1,58	1,37	-
240	0,33	1,47	-	-
260	0,47	2,10	1,05	-
280	0,83	3,68	2,84	-
300	0,95	4,20	4,20	1,58
320	0,92	4,10	2,73	1,16
340	0,83	3,68	1,58	-
360	1,11	4,94	1,89	-

Tableau 3: Paramètres météorologiques pour la simulation de la situation moyenne

<b>Pression</b>	1013 mbar
<b>Profil vertical de vent</b>	Loi logarithmique
<b>Humidité</b>	78 %
<b>Température</b>	11°C
<b>Gradient thermique vertical</b>	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<sub>x</sub> et PM est appliquée depuis le 1<sup>er</sup> 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 prospectives d'émissions, l'apport d'études sectorielles (préparation de la ZPS en Ile-de-France de 1997, étude MVA de 1996 citée précédemment) et d'études plus générales disponibles, puis à bâtir une prospective à moyen terme des émissions régionales pour l'ensemble des secteurs d'activité.

L'étude CARAT-CEREN prévoit une division par un facteur 5 des émissions de NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 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<sub>x</sub>. La réduction serait en effet de 73% environ en 10 ans selon l'étude CARAT-CEREN, comme le montre la table 2.

Tableau 4: 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%
<b>Total</b>	<b>141,4</b>	<b>100,0%</b>	<b>38,1</b>	<b>100,0%</b>
<b>Evaporation d'essence</b>	<b>52,3</b>	<b>-</b>	<b>17,0</b>	<b>-</b>

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 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 5: 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%
<b>Total</b>	<b>24,69</b>	<b>100,0%</b>	<b>8,11</b>	<b>100,0%</b>

(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 limites d'émissions à partir de 1970, puis leurs réductions successives ont engendré une baisse considérable des émissions unitaires des véhicules. Les valeurs limites d'émissions des véhicules légers ont par exemple été réduites d'environ 90% pour le CO, les hydrocarbures et les NO<sub>x</sub>, 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<sup>er</sup> 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 6 : 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
<b>Benzène</b>	6 x10-6 risques supplémentaires par µg/m <sup>3</sup> sur une vie				
<b>Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)</b>			200		150
<b>Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)</b>	500		350		125
<b>Monoxyde de carbone (CO)</b>	100 000	60 000	30 000	10 000	
<b>Ozone (O<sub>3</sub>)</b>					
<b>Particules (PM10)</b>				120	
<b>Plomb (Pb)</b>					70
<b>Particules totales en suspension (PTS)</b>					120
<b>Fumées noires (FN)</b>					125
<b>Formaldéhyde (HCHO)</b>		100			
<b>Toluène (CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)</b>					7500

Valeurs en µg/m<sup>3</sup> d'air

Tableau 7 : Normes de qualité de l'air Françaises

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

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

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

	Benzène (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Monoxyde de carbone (CO)
<b>Valeurs limites</b>	2001-2005 : 10 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle 2005-2010 : Décroissance linéaire dans le temps 2010 : 5 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	
<b>Objectifs de qualité</b>	2 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	10 000 µg/m <sup>3</sup> 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<sup>er</sup> 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 (NO<sub>2</sub>) rassemblés sous le terme d'oxydes de carbone NO<sub>x</sub>, auxquels viennent s'ajouter les particules en suspension.

### III Modélisation PHYSIQUE

#### III.1 Objectifs

Les aménagements futurs vont entraîner une modification du trafic automobile, et ainsi une redistribution locale de la pollution. 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 structuré'.

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.

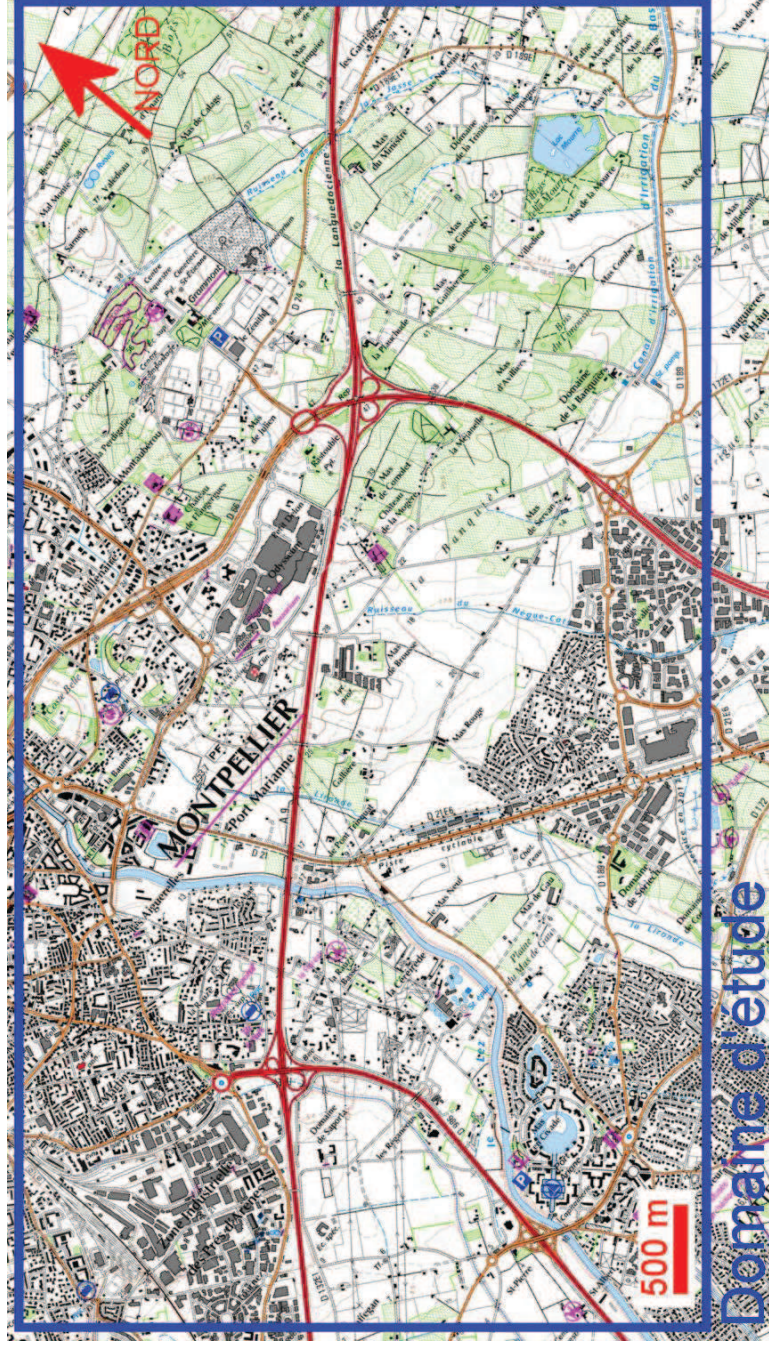


Figure 4: Localisation du domaine d'étude

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.
- des zones végétales (forêts)
- des plans d'eau (représentant les diverses étendues d'eau)
- des volumes pleins représentant les bâtiments de grande taille et les bâtiments du futur quartier

Par rapport au modèle numérique de l'état initial, les modèles des états futurs prennent en compte plus de tronçons routiers, le dédoublement de l'A9, l'évolution du bâti (projet Port-Marianne), les merlons et murs acoustiques de l'A9b et de la LGV. Le modèle de l'état futur avec gare prend en plus en compte la gare Odysseum et le quartier Oz ainsi que les modifications de brins routiers qui en découlent.

Les figures suivantes présentent les éléments du modèle numérique de terrain.

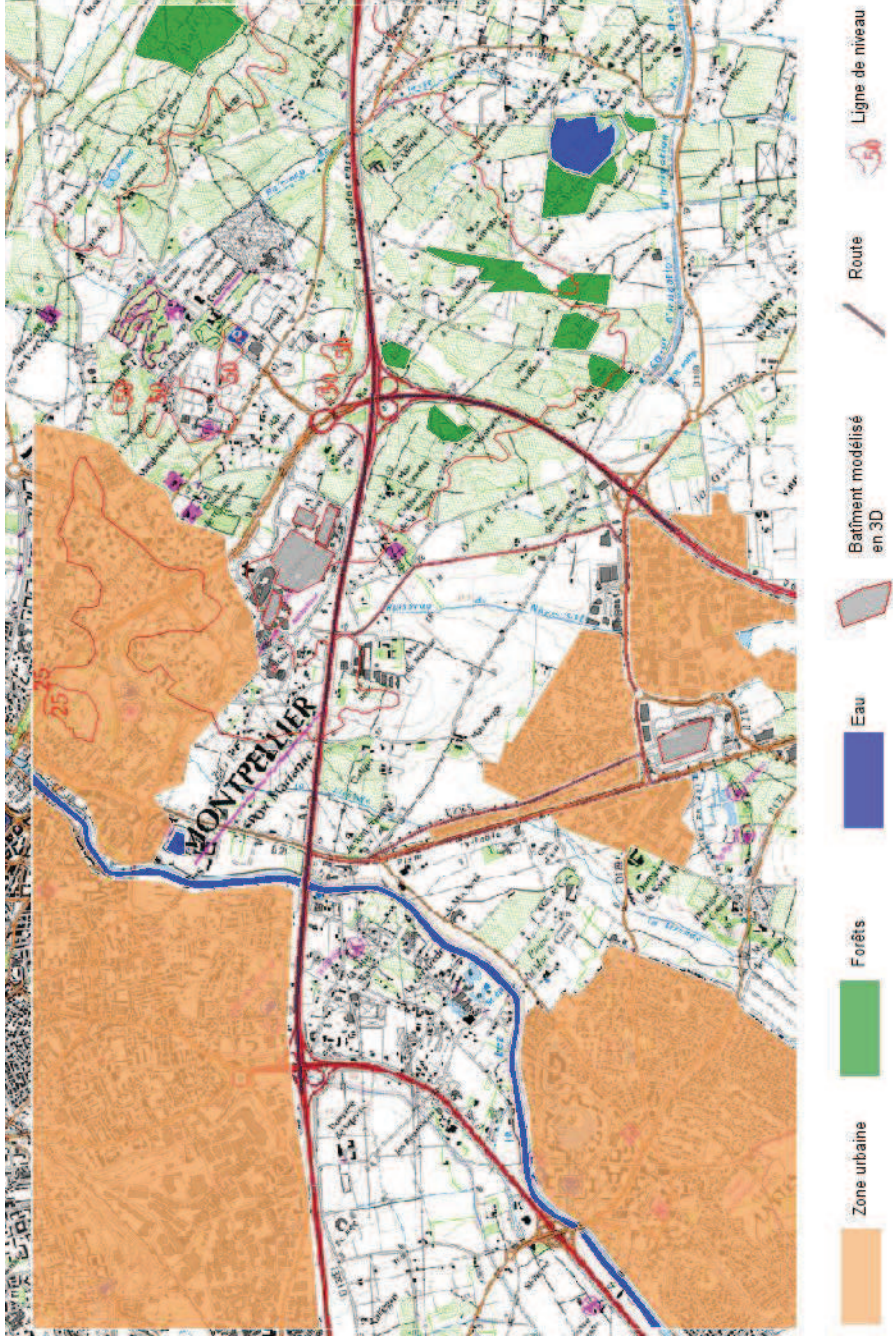


Figure 5 : Modèle numérique du terrain pour l'état initial

Tableau 8 : Composants du modèle initial

<b>Taille du domaine</b>	9 900m X 6 100m X 150m	
<b>Eléments du modèle de terrain</b>	Zones urbaines	8
	Nappe d'eau	5
	Zones de végétation	9
	Routes	12
	Bâtiments	5

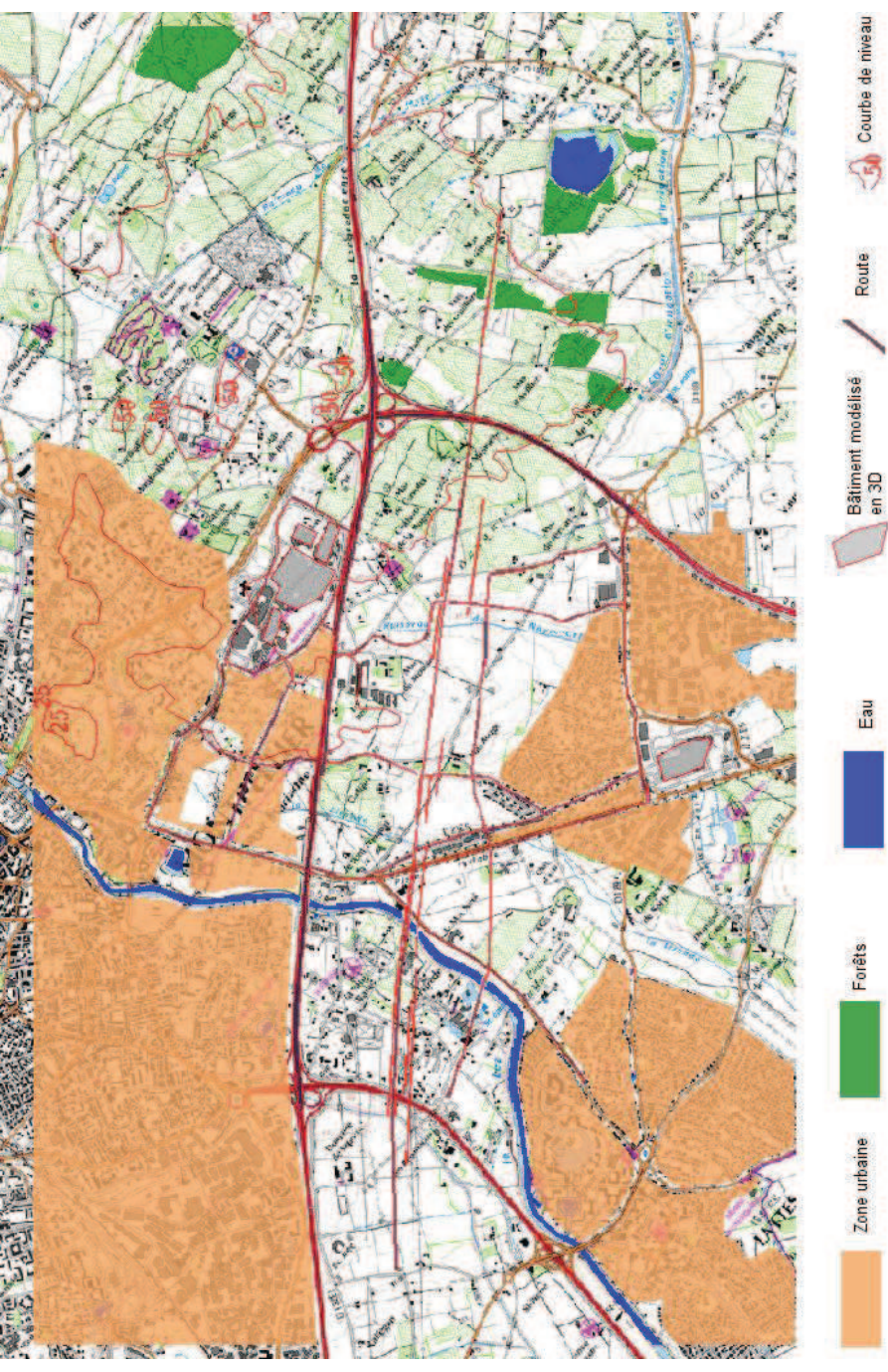


Figure 6 : Modèle numérique du terrain pour l'état futur sans projet

Tableau 9 : Composants du modèle futur sans projet

<b>Taille du domaine</b>	9 900m X 6 100m X 150m	
<b>Eléments du modèle de terrain</b>	Zones urbaines	14
	Nappe d'eau	8
	Zones de végétation	9
	Routes	46
	Bâtiments (dont barrières sonores)	23 (18)

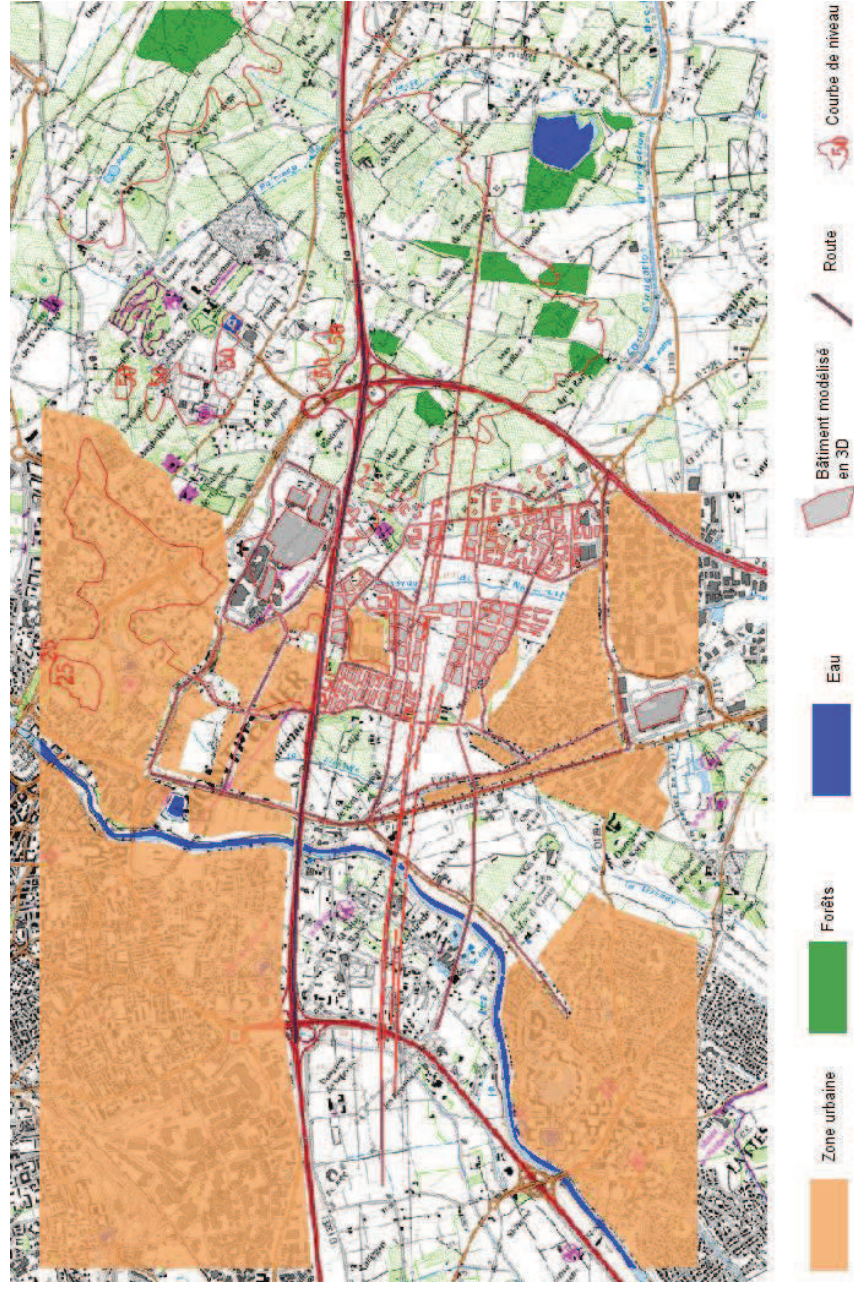


Figure 7 : Modèle numérique du terrain pour l'état futur avec projet

Tableau 10 : Composants du modèle futur sans projet

<b>Taille du domaine</b>	9 900m X 6 100m X 150m	
<b>Éléments du modèle de terrain</b>	Zones urbaines	19
	Nappe d'eau	9
	Zones de végétation	10
	Routes	86
	Bâtiments (dont barrières sonores)	182 (18)



### 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 Traffic Moyen Journalier Annuel sont fournies par le client sous forme de planche.

Les horizons de références correspondent à l'année 2013 pour l'état initial et 2035 pour les états futurs. Le calcul des émissions de polluants atmosphériques par les véhicules est présenté au cours du chapitre suivant.

Les figures suivantes illustrent la modélisation du réseau routier. Les trafics associés à chacun de ces tronçons sont fournis en annexe 2.

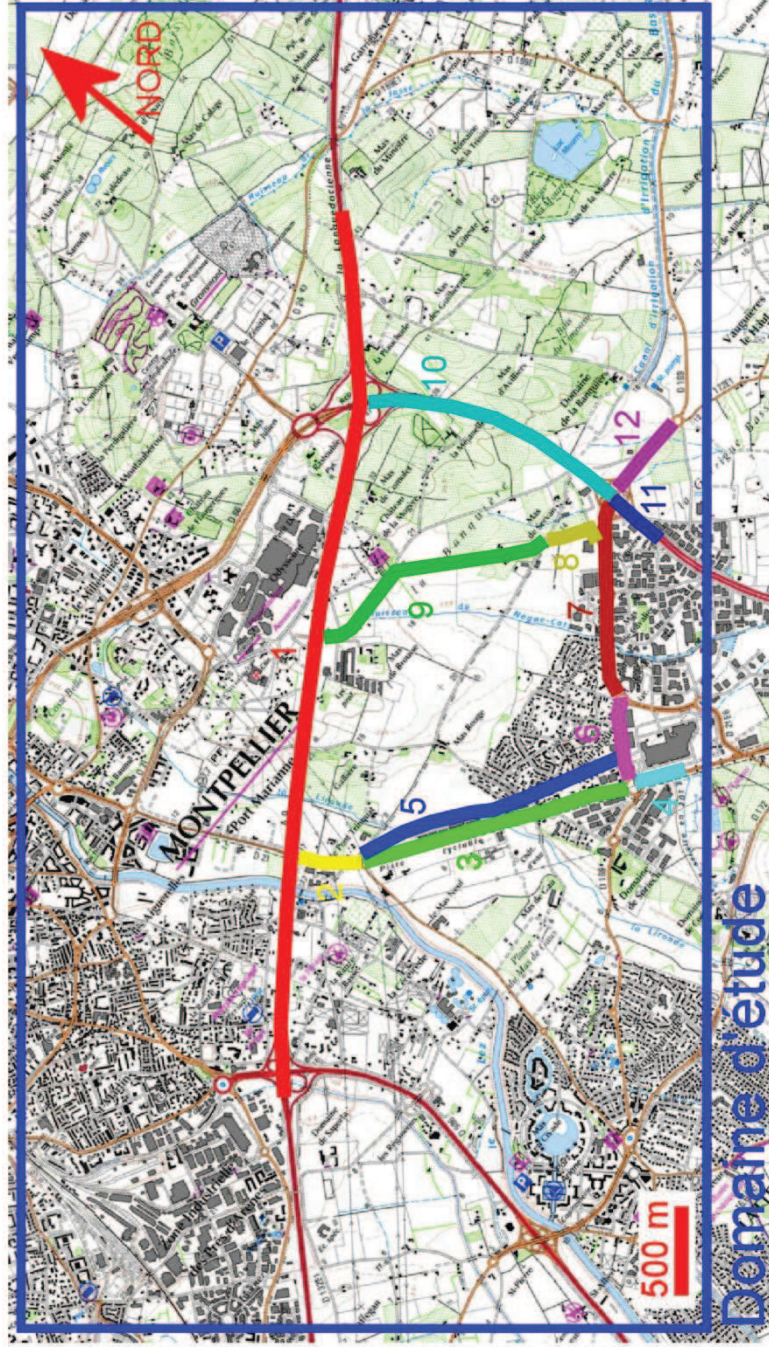


Figure 8 : Réseau routier modélisé pour l'état initial

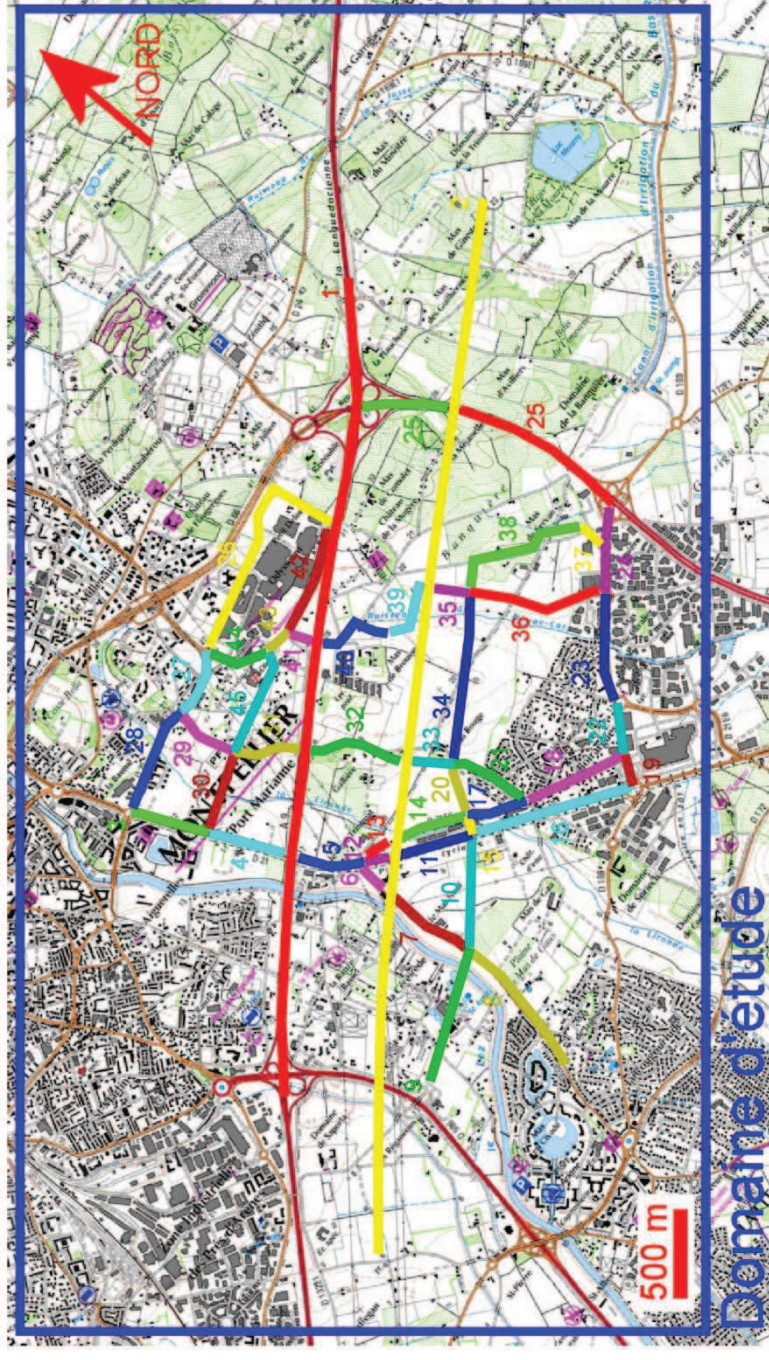


Figure 9 : Réseau routier modélisé pour l'état futur avec projet

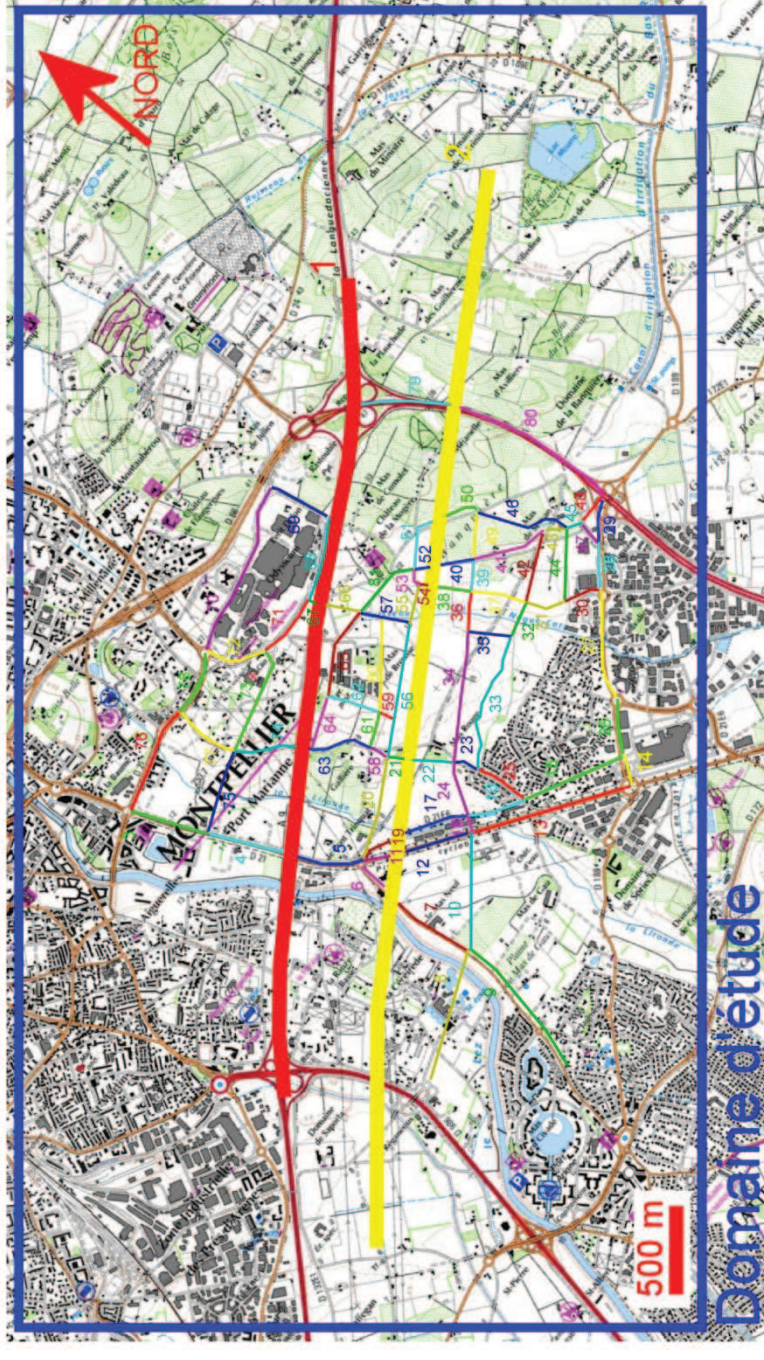


Figure 10 : Réseau routier modélisé pour l'état futur avec projet

### 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 IV.

#### III.5.1 Méthodologie

Les données 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 2013 pour l'état initial et 2035 pour les états futurs.

#### III.5.2 Emission de polluants

##### Emissions de SO<sub>2</sub>

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont estimées en supposant que la totalité du soufre contenu dans les carburants est transformé en SO<sub>2</sub> en utilisant la formule suivante :

$$M_{SO_2} = 2 \times M_{\text{fuel}} \times R_{S_{\text{fuel}}}$$

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

Tableau 11 : Proportion massique du soufre dans les carburants

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

##### Emissions de CO<sub>2</sub>

Le calcul des émissions de CO<sub>2</sub> ultime (les émissions de CO<sub>2</sub> ultime sont obtenues en considérant que le contenu en carbone des carburants est totalement oxydé en CO<sub>2</sub>), 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 CO<sub>2</sub>. Les émissions de CO<sub>2</sub> ultime sont obtenues grâce à la formule suivante :

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

où  $R_H$  est le rapport du nombre d'atomes d'hydrogène sur celui du carbone contenu dans les carburants. Ces

rapports, proposés par COPERT sont :

- 1,8 pour l'essence,
- 2,0 pour le Diesel.

Tableau 12: Emissions de CO<sub>2</sub>

Horizon	CO <sub>2</sub> (Kg/j)
H1	196 141
H2	225 181
H3	259 134

### Emissions en CO<sub>2</sub> (Kg/jour)

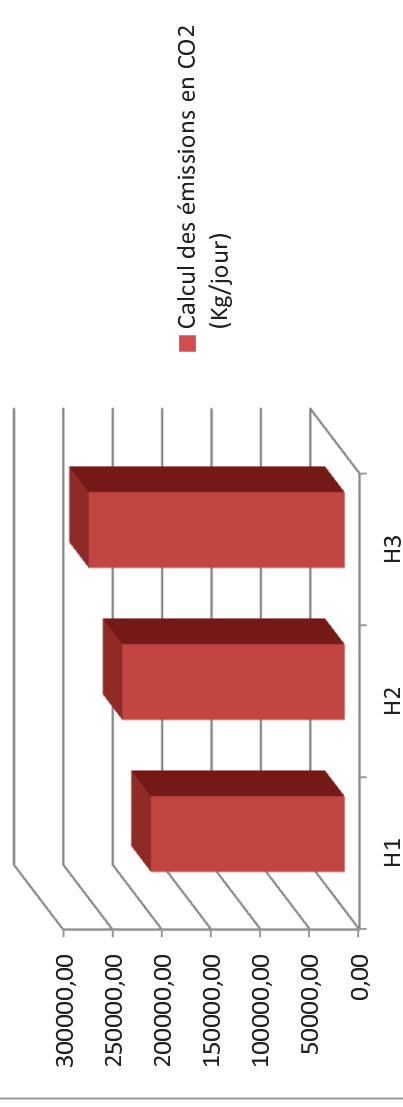


Figure 11 : Emissions de CO<sub>2</sub>

Sur la zone considérée, les émissions de CO<sub>2</sub> sont plus élevées pour les états futurs que pour l'état actuel. Ceci s'explique par l'augmentation du trafic dû à l'aménagement de l'A9b.

De plus, les émissions de CO<sub>2</sub> sont plus élevées (+15%) pour l'état futur avec projet que pour l'état futur sans projet. Ce deuxième point s'explique par la création du nouveau quartier et de la gare ODYSSEUM qui sont des sources de trafic supplémentaire, et par conséquent, d'émissions supplémentaires.

#### Emissions moyennes totales

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

$$E_{\text{tot}} = \sum_{\text{troncon} \neq \emptyset}^6 (E_{\text{troncon}} \times L_{\text{troncon}})$$

Les émissions moyennes des différents polluants (en kg/j) par l'ensemble du réseau routier pour l'horizon actuel, sont données dans le tableau suivant :

polluants. Toutefois, la situation avec projet est moins favorable en terme de pollution que la situation sans projet et ce pour tous les polluants considérés. Ceci est dû à l'augmentation du trafic relatif au projet sur la zone d'étude.

### III.5.3 Impact sur la production d'ozone

Les émissions de NO<sub>x</sub> 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 14: Consommations énergétiques moyennes journalières

Horizon	Consommation énergétique (Kg/jour)
H1	62 171
H2	71 334
H3	81 403

### Consommation énergétique (Kg/jour)

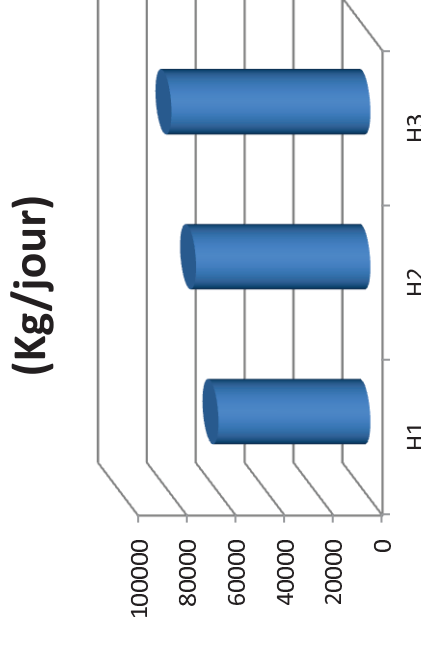


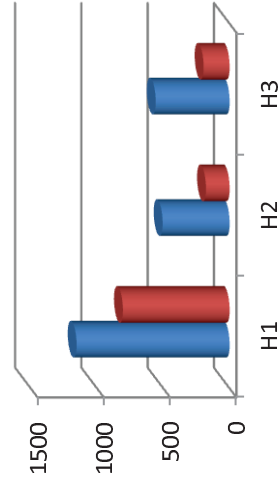
Figure 13 : Consommation énergétique

On remarque que les états futurs sont plus consommateurs d'énergie thermique sur la zone considérée que l'état actuel. De plus, cette augmentation de la consommation est plus élevée pour la situation avec projet (+31%) que pour la situation sans projet (+15%). Ceci s'explique, d'une part, par l'augmentation du trafic lié à l'aménagement de l'A9b pour les horizons futurs. Et, d'autre part, par l'augmentation du trafic relatif au quartier Oz et à la gare nouvelle sur la zone d'étude pour la situation future avec projet.

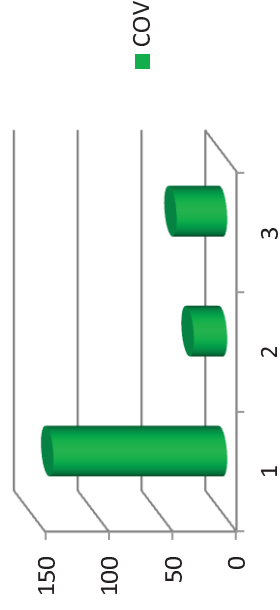
Tableau 13: Emissions moyennes journalière des différents polluants

Horizon	Emissions (kg/j)							
	CO	NO <sub>x</sub>	COV	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	Cd	Ni	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
H1	1 154.36	805.11	136.07	37.48	5.36	6.62E-04	4.80E-03	7.08
H2	505.53	178.31	26.14	14.96	7.98	7.75E-04	5.69E-03	1.02
H3	557.54	196.41	39.56	17.57	10.16	8.89E-04	6.57E-03	1.62

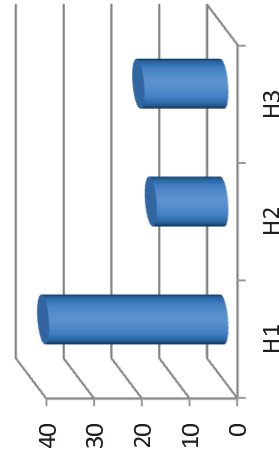
### CO/NOX



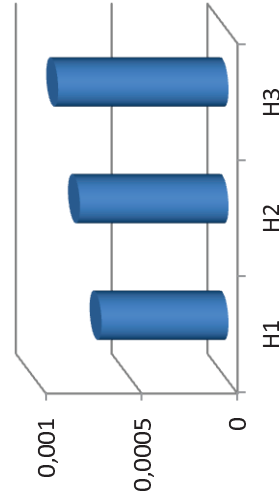
### COV



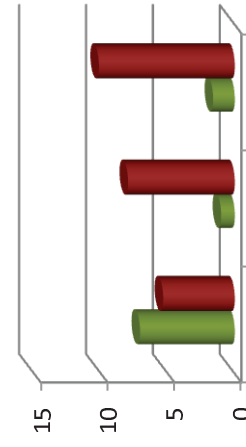
### PM 10



### Cd



### Benzene/SO2



### Ni

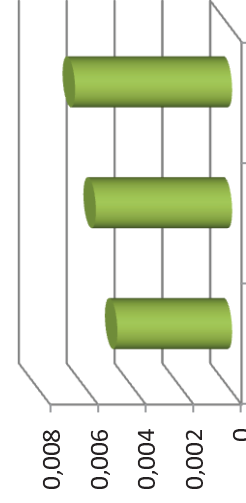


Figure 12 : Emissions des polluants considérés en Kg/Jour

Les quantités de Monoxyde de carbone (CO), Oxydes d'azotes (NO<sub>x</sub>), composés organiques volatiles (COV) et de particules fines (PM10) diminuent entre l'état actuel et les états futurs. Ceci peut être expliqué par l'amélioration technique des moteurs. Cependant, la tendance d'émissions des autres polluants est à la hausse. Cette hausse s'explique par l'augmentation du trafic qui prévaut sur l'amélioration technique des moteurs concernant ces

### 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 lequel la simulation va être menée. Au vu des différences de géométrie entre les trois maquettes étudiées, 3 maillages différents ont été construits. Il s'agit ici de maillages non-structurés. Il y a au total 242 086 mailles pour le maillage associé à la maquette de l'état initial, 1 150 308 mailles pour le maillage associé à la maquette de l'état futur sans projet et 1 708 886 mailles pour le maillage associé à la maquette de l'état futur avec projet. Cette différence s'explique par les éléments pris en compte par le maillage. Plus il y a d'éléments, plus le maillage sera important. Les maillages associés aux maquettes des états futurs doivent prendre en compte plus de tronçons routiers mais aussi des murs acoustiques et des merlons. Le maillage réalisé pour la maquette de l'état futur avec gare doit lui prendre en compte tout le bâti modélisé du quartier Oz. Ceci explique donc les différences dans le nombre de maille des différents maillages utilisés.

Les quelques images suivantes illustrent les maillages utilisés.

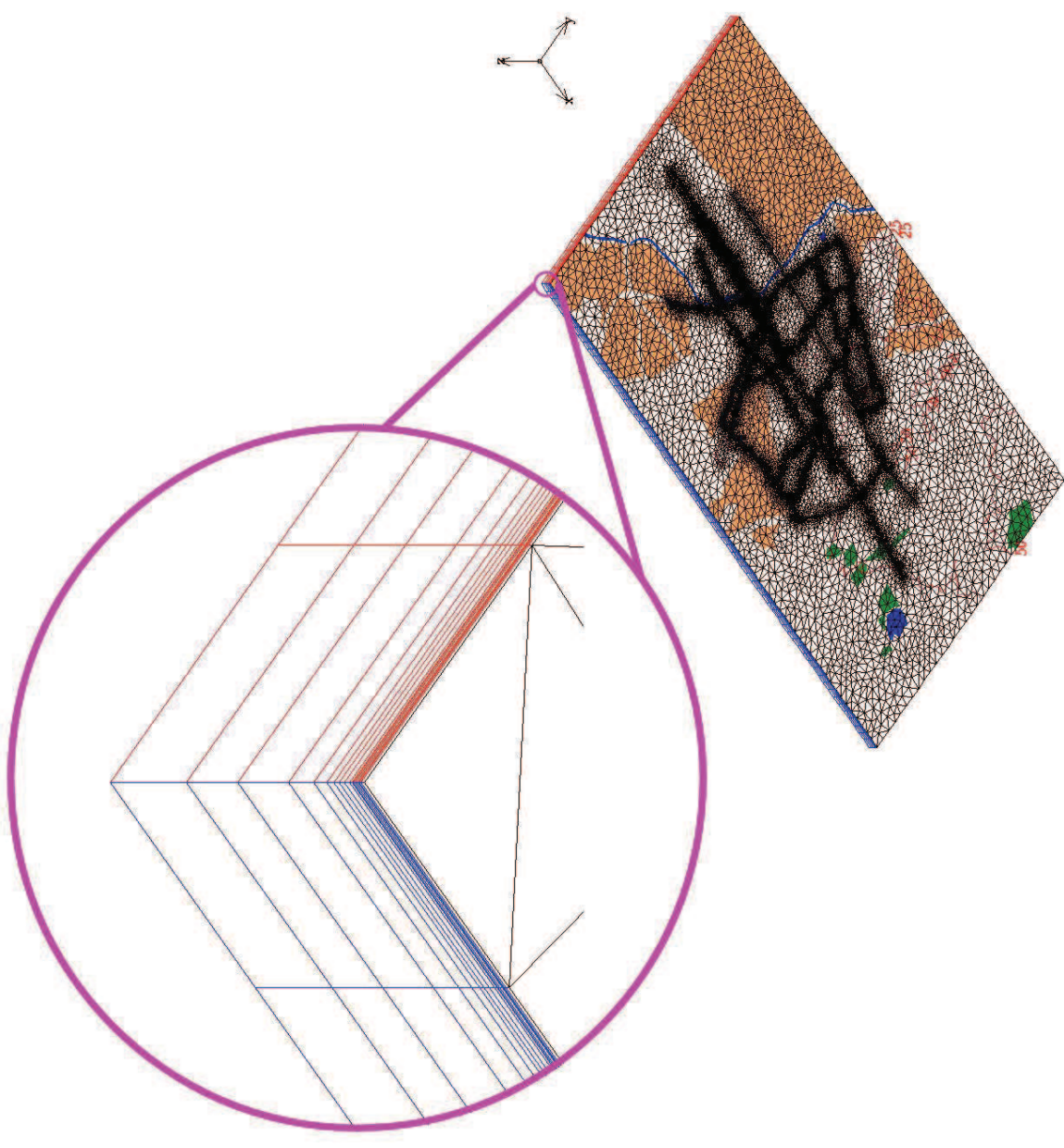


Figure 15 : Représentation du maillage pour l'état futur sans projet

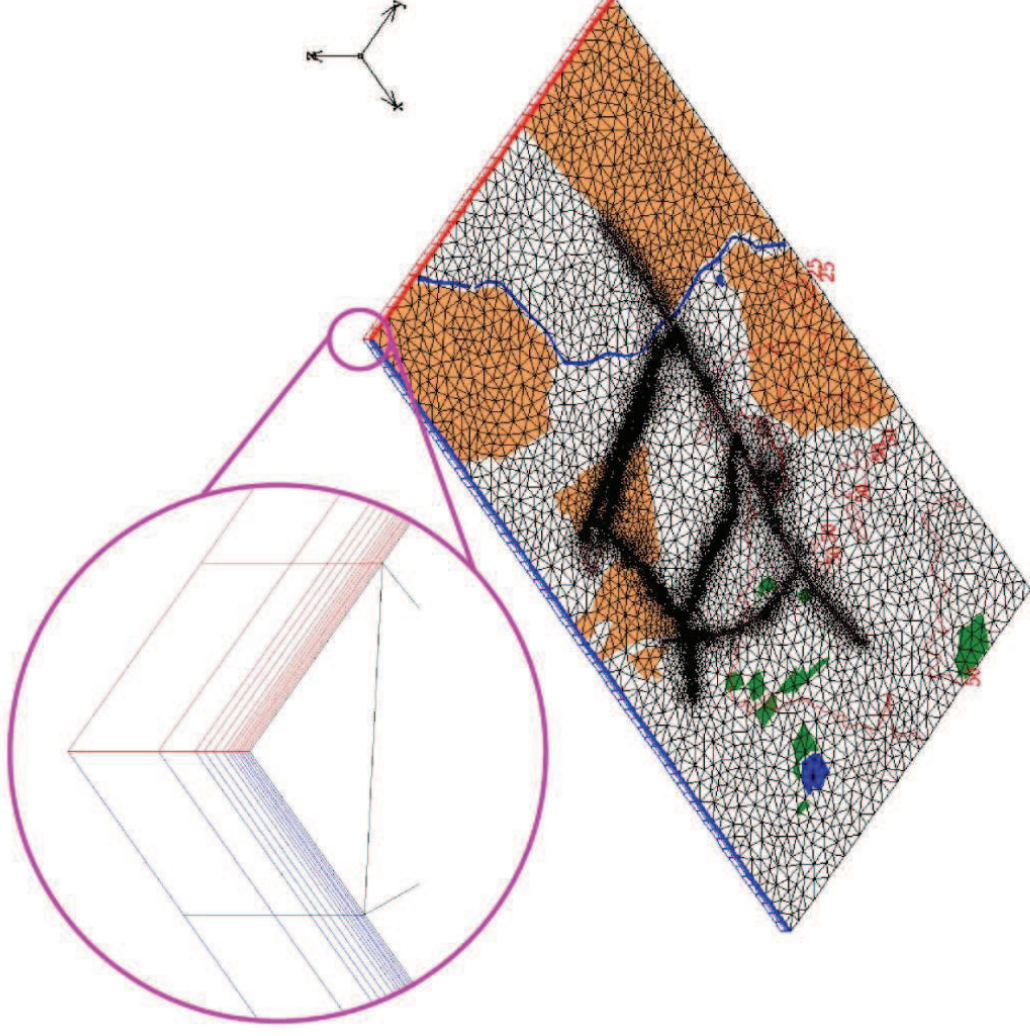


Figure 14: Représentation du maillage pour l'état initial

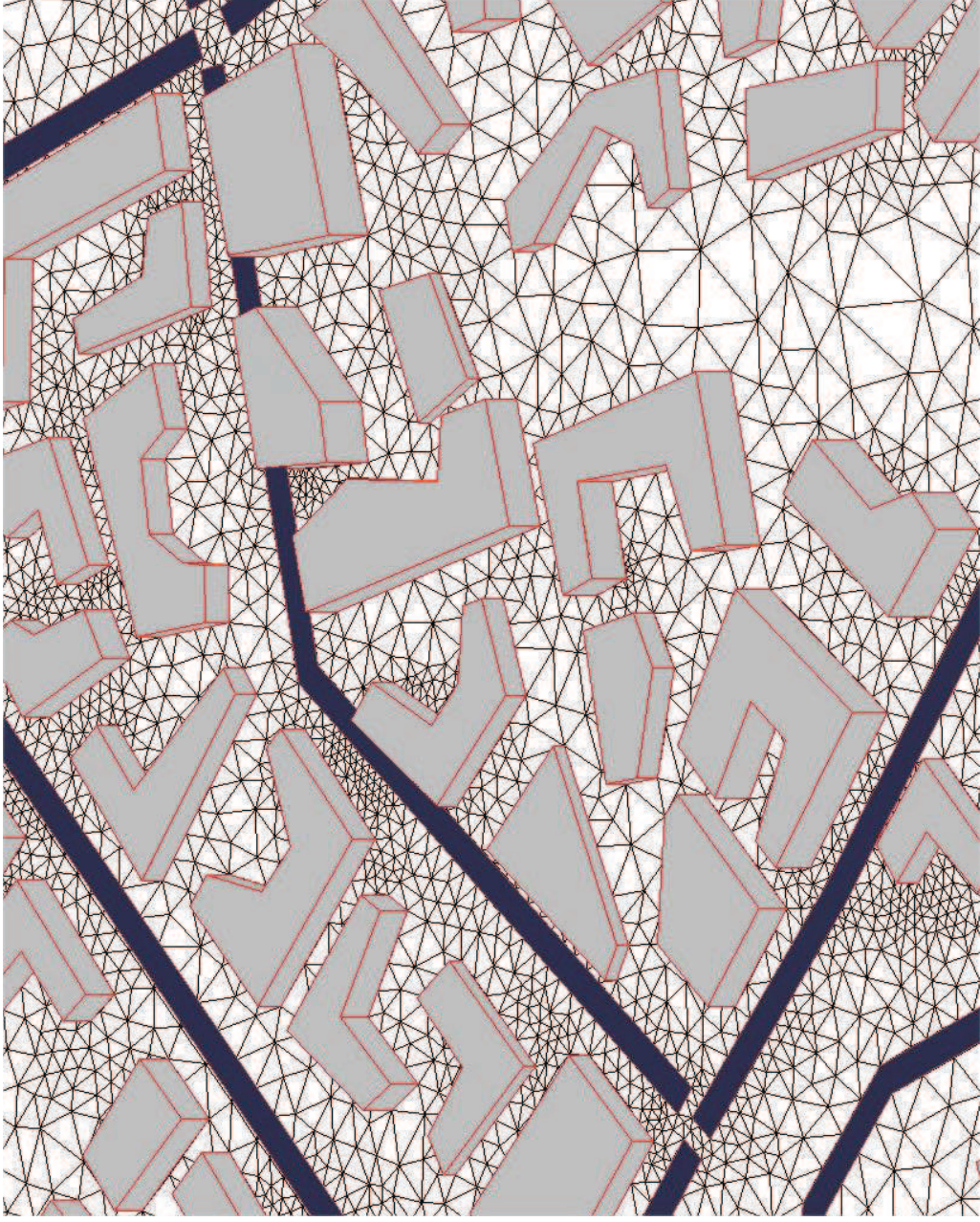


Figure 16 : Prise en compte des bâtiments (état futur avec gare Odysseum)

### 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 atteint pour chacune des conditions de vent modélisées.

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

Tableau 15: Paramètres du modèle utilisés lors des simulations

<b>Modèle de gravité</b>	Pas de gravité	Les forces de gravité sont négligées
<b>Modèle de turbulence</b>	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 4, 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 :

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

Pour le NO<sub>2</sub>, les émissions, et donc les dispersions, concernent la famille 'NOx'. Or, seule une partie des NOx au sortir de l'échappement sera oxydée pour devenir du NO<sub>2</sub>. Le passage des concentrations en NOx aux concentrations en NO<sub>2</sub> 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).

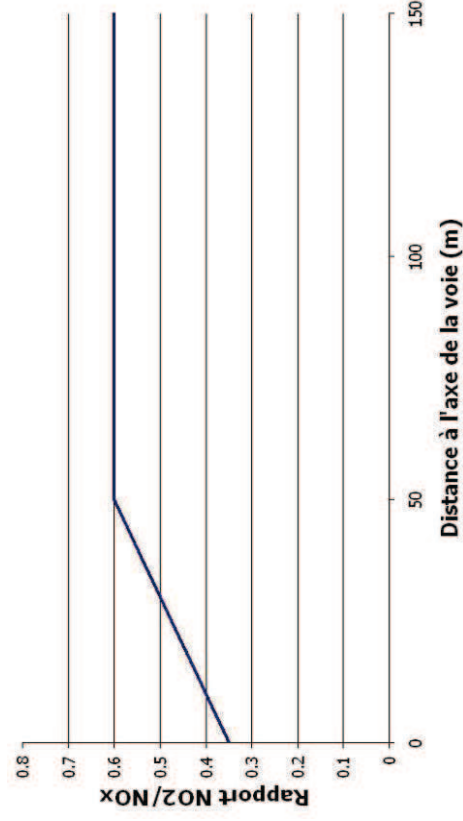


Figure 17 : Croissance des concentrations en NO<sub>2</sub> en fonction de la distance à l'axe de la route

En effet, à la sortie du pot d'échappement, on considère généralement que le mélange NO<sub>x</sub> est composé à 80% de NO, et à 20% de NO<sub>2</sub>. Le NO s'oxyde ensuite rapidement en NO<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup> sur un plan situé à 1,5 mètre 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 55 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 NO<sub>2</sub>. Les images présentées ici sont les images de concentration de NO<sub>x</sub> multipliées par le facteur 0,6 qui est le rapport NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> 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 2013 (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 (2013) et cela pour chaque polluant

Tableau 16: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H1

Produits	CO	NO2	COV	PM10	SO2	Cd	Ni	C6H6
Valeurs maximales (µg/m3)	545	232	53.2	16.8	2.55	2.9e-04	2.11e-03	2.68

Les images représentant les panaches pour l'état initial 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 les plus élevées sont obtenues principalement au centre de la zone d'étude : au niveau de l'A9 et de la D66. C'est à ce niveau que les trafics sont les plus importants ( pour rappeler il y a 116 000 véhicules par jour pour l'A9 et 67000 véhicules par jour pour la D66).

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 H1

Polluants	Seuil Objectif qualité (µg/m <sup>3</sup> )	Seuil Valeur limite (µg/m <sup>3</sup> )	Valeurs Maximales (µg/m <sup>3</sup> )
NO <sub>2</sub>	30	40	232
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	2	5	2.68
PM10	30	40	16.8
SO <sub>2</sub> (Valeur horaires)	50	20 (pour les écosystèmes)	2.55
CO (voir chap III.6.3.)	-	1992	545

Excepté pour le Benzène et le dioxyde d'azote, les concentrations observées sont en deçà des valeurs limites et des objectifs de la qualité de l'air. Pour le benzène, ce dépassement concerne l'A9 et la D66 (au centre de la zone d'étude). Il est à noter que seul l'objectif de qualité est dépassé, la valeur limite est, elle, respectée. Concernant le dioxyde d'azote, on peut noter qu'il est dépassé sur tous les grands axes : A9, D66 et D189. Une image de concentrations supérieures au seuil est fournie pour le benzène et le dioxyde d'azote en annexe 3 où l'échelle des couleurs s'étale entre le bleu (0 µg/m3) et le rouge (valeur seuil).

On notera que le dépassement du seuil de qualité de l'air pour le benzène n'est observé que sur les routes elles mêmes. Mais le dépassement de la valeur limite pour le NO2 est observé sur les grands axes et sur une large bande autour de l'A9.

### IV.2 Campagne de mesure in situ

Cette campagne était constituée de :

20 points de mesure de NO2 (mesures doublées), soient 80 tubes.

20 points de mesure de benzène.

La localisation des points est illustrée par les figures suivantes.

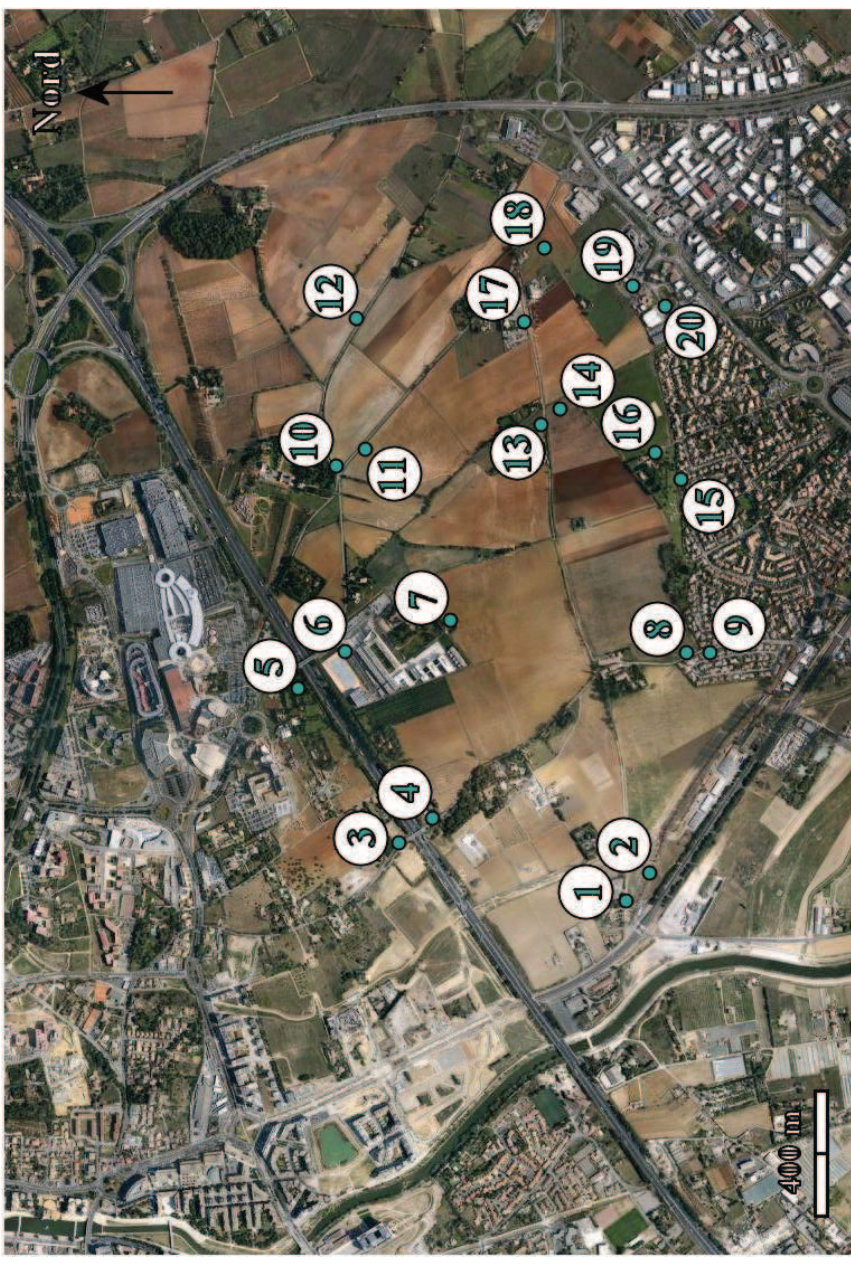


Figure 18 : Localisation des points de mesure

La campagne s'est déroulée sur 15 jours entre le 19/11/12 et le 03/12/12. Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants. Les résultats des mesures de dioxyde d'azote sont indiqués dans un premier temps, ils sont suivis par les résultats de benzène.

En ce qui concerne les résultats des tubes passifs de benzène, les valeurs sont intégrées dans le tableau qui suit et illustrées grâce au graphique suivant.

Tableau 18: Concentrations en NO2 (in situ)

Numéro de localisation	Concentration moyenne (en µg/m³)	Ecart (en %)
1	31.7	1.2
2	37.7	0.0
3	40.5	0.5
4	46.1	0.0
5	33.8	1.1
6	42.6	1.3
7	23.7	12.4
8	28.6	1.3
9	28.4	0.3
10	30.1	7.3
11	35.9	3.8
12	31.6	2.0
13	27.1	1.7
14	29.2	0.3
15	28.6	0.6
16	26.9	4.8
17	28.2	1.6
18	33.9	2.4
19	31.0	0.6
20	31.4	0.3

Tableau 19 : Concentrations en Benzène (in situ)

Point n°	Concentration (µg/m3)
1	1.4
2	2.1
3	2.1
4	1.5
5	0.9
6	1.1
7	1.4
8	1.4
9	1.4
10	1.0
11	1.3
12	1.0
13	1.2
14	1.8
15	2.0
16	1.7
17	1.1
18	1.0
19	0.9
20	1.8

### Résultats de campagne NO2

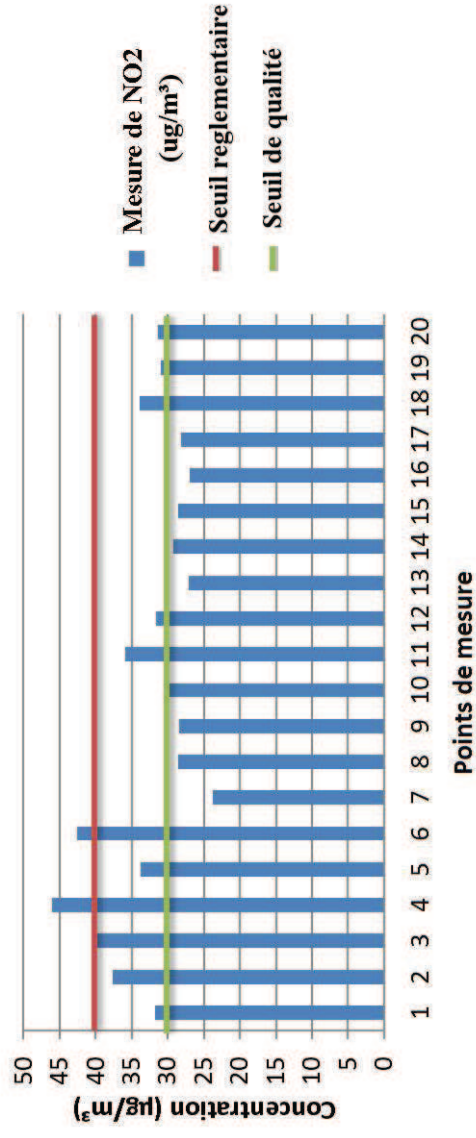


Figure 19 : Concentration en NO2 pour chaque point de mesure

On observe qu'à l'exception des points 3, 4 et 6, les concentrations moyennes relevées en benzène sont inférieures au seuil réglementaire. Au niveau des points 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16 et 17, on observe des concentrations inférieures au seuil de qualité.

Les valeurs maximales sont obtenues aux niveaux des points 4 (46.1 µg/m³) et 6 (42.6µg/m³).

Ces sites de mesures se trouvent dans une zone faiblement urbanisée mais également dans une zone où les axes supportent un trafic important.

### Résultats campagne Benzène

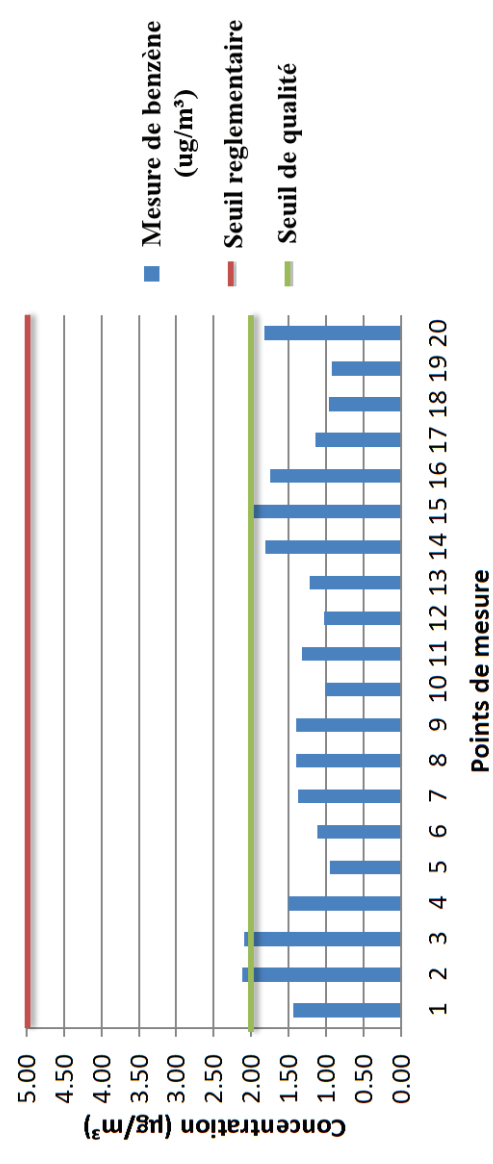


Figure 20 : Concentration en benzène pour chaque point de mesure.

Pour 3 points situés sur le domaine d'étude, on observe une concentration supérieure ou égale à la valeur d'objectif de qualité. Ces valeurs restent toutefois inférieures à la valeur limite réglementaire. Les valeurs maximales sont obtenues aux niveaux des points 2 (2.1µg/m³), 3 (3.04µg/m³) et 15 (2.0 µg/m³). L'importance du trafic subit par l'A9 et la D189 explique les fortes concentrations observées à proximité de ces voiries.



#### IV.3 Dispersion à l'horizon 2035 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 (2035) et cela pour chaque polluant.

Tableau 20: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H2

Produits Valeurs maximales (µg/m3)	CO	NO2	COV	PM10	SO2	Cd	Ni	C6H6
	431	82.7	16.4	8.87	6.32	5.6e-04	4.0e-03	0.61

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 les plus élevées sont obtenues entre le centre et le sud-ouest de la zone d'étude, sur l'A9b. Sur cette zone, figurent un des trafics les plus importants de la zone d'étude ainsi que des barrières acoustiques des 2 côtés de la routes. L'écoulement d'air n'étant pas favorisé lorsque la direction du vent est perpendiculaire à ces barrières, l'accumulation de polluants autour de ces barrières est donc maximisée pour certaines conditions météorologiques. Ceci explique que les concentrations moyennes annuelles soient plus élevées dans ce secteur.

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

Polluants	Seuil Objectif qualité (µg/m <sup>3</sup> )	Seuil Valeur limite (µg/m <sup>3</sup> )	Valeurs Maximales (µg/m <sup>3</sup> )
NO <sub>2</sub>	40	40	82.7
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	2	5	0.61
PM10	30	40	8.87
SO <sub>2</sub> (Valeur horaires)	50	20 (pour les écosystèmes)	6.32
CO (voir chap III.6.3.)	-	1992	431

Excepté pour le dioxyde d'azote, les concentrations observées sont en deçà des valeurs limites et des objectifs de la qualité de l'air. Les concentrations supérieures au seuil pour le NO<sub>2</sub> sont obtenues uniquement sur l'A9b, entre Montpellier et Lattes. Une image de concentrations supérieures au seuil de la valeur limite est fournie pour le dioxyde d'azote en annexe 4 où l'échelle des couleurs s'étale entre le bleu (0 µg/m3) et le rouge (valeur seuil).

On notera que le dépassement du seuil de qualité de l'air pour le NO<sub>2</sub> n'est observé que sur une fine bande autour de l'A9b.

#### IV.4 Dispersion à l'horizon 2035 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 (2035) et cela pour chaque polluant

Tableau 22: Concentrations maximales en polluant pour l'horizon H3

Produits Valeurs maximales (µg/m3)	CO	NO2	COV	PM10	SO2	Cd	Ni	C6H6
	477	91.7	18.8	9.99	7.01	6.3e-04	4.5e-03	0.81

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 les plus élevées sont obtenues entre le centre et le sud-ouest de la zone d'étude, sur l'A9b. Sur cette zone, figurent un des trafics les plus importants de la zone d'étude ainsi que des barrières acoustiques des 2 côtés de la routes. L'écoulement d'air n'étant pas favorisé lorsque la direction du vent est perpendiculaire à ces barrières, l'accumulation de polluants autour de ces barrières est donc maximisée pour certaines conditions météorologiques. Ceci explique que les concentrations moyennes annuelles soient plus élevées dans ce secteur.

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

Polluants	Seuil Objectif qualité (µg/m <sup>3</sup> )	Seuil Valeur limite (µg/m <sup>3</sup> )	Valeurs Maximales (µg/m <sup>3</sup> )
NO <sub>2</sub>	40	40	91.7
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	2	5	0.81
PM10	30	40	9.99
SO <sub>2</sub> (Valeur horaires)	50	20 (pour les écosystèmes)	7.01
CO (voir chap III.6.3.)	-	1992	477

Excepté pour le dioxyde d'azote, les concentrations observées sont en deçà des valeurs limites et des objectifs de la qualité de l'air. Une image de concentrations supérieures au seuil est fournie pour le dioxyde d'azote en annexe 4 où l'échelle des couleurs s'étale entre le bleu (0 µg/m3) et le rouge (valeur seuil). On peut noter que le dioxyde d'azote est dépassé sur l'A9 et l'A9b uniquement.

## 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<sub>x</sub>) avec leur traduction en monoxyde et dioxyde d'azote (NO et NO<sub>2</sub>) :*

Le dioxyde d'azote pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner, dès 200 µg/m<sup>3</sup>, 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 (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) :*

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

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

*Le monoxyde de carbone (CO) :*

Sa toxicité provient de sa forte affinité pour les protéines vecteurs d'oxygène, le CO se fixant à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang. Ceci conduit à un manque d'oxygénation des organes tels que le cerveau ou le cœur. Une forte concentration peut ainsi conduire à l'asphyxie, au coma ou à la mort. A faible concentration (situation rencontrée en milieu urbain), le CO peut entraîner un manque d'oxygénation chez les sujets prédisposés (souffrant d'angine de poitrine par exemple) et/ou des troubles comportementaux (altération de la vigilance...), mais aussi chez les sujets sains. Ce phénomène est de plus accentué par l'exercice physique.

*Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) :*

Le dioxyde de soufre est un gaz irritant. Le mélange acido-particulaire (SO<sub>2</sub>, 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 (CO<sub>2</sub>) :*

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 CO<sub>2</sub> 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 (O<sub>3</sub>) :*

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/m<sup>3</sup>, 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/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup>).

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.

rouitiers entre l'état futur sans gare ODYSSEUM et l'état futur avec gare ODYSSEUM. Ceci explique donc que la hausse des coûts collectifs dans le cas où le projet serait réalisé (+ 7,4%).

## 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 24: 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 la rase campagne pour l'état initial, à de l'urbain diffus pour les états futurs.

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

Tableau 25: 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 26: Coûts collectifs en Euros/jour selon les horizons

Coûts en Euros par jour	Coût Collectif
<b>Horizon 2013 – H1</b>	1 242
<b>Horizon 2035 sans gare ODYSSEUM – H2</b>	18 895
<b>Horizon 2035 sans ODYSSEUM – H3</b>	20 287

On observe une augmentation des coûts collectifs entre l'état initial et les états futurs. Entre les deux états futurs le coût collectif est plus important pour l'état avec projet. Les coûts collectifs sont directement liés au kilométrage parcouru donc au trafic sur la zone considérée. Il y a une augmentation du trafic et du nombre d'aménagements

Tableau 27 : Effet de serre en Euros/jour selon les horizons

Coûts en Euros par jour	Effet de serre
<b>Horizon 2013 – H1</b>	5 889
<b>Horizon 2035 sans gare Odysseum – H2</b>	12 959
<b>Horizon 2035 avec gare Odysseum – H3</b>	14 789

Concernant l'effet de serre on observe une augmentation entre l'état initial et les états futurs, ce dernier étant plus important pour l'état avec gare ODYSSEUM. Cette augmentation est due d'une part à l'augmentation du prix de la tonne de carbone mais également à l'augmentation du trafic. Le coût « effet de serre » est plus élevé de 14,1% pour la situation avec gare par rapport à la situation sans gare.

### 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 la densité de population correspondantes. L'indicateur IPP utilise comme traceur le benzène.

L'IPP a été calculé en découpant le terrain considéré en fonction des concentrations en Benzène et des zones IRIS. Ce découpage permet de considérer des densités de populations sur chaque zone considérée grâce aux données de recensement.

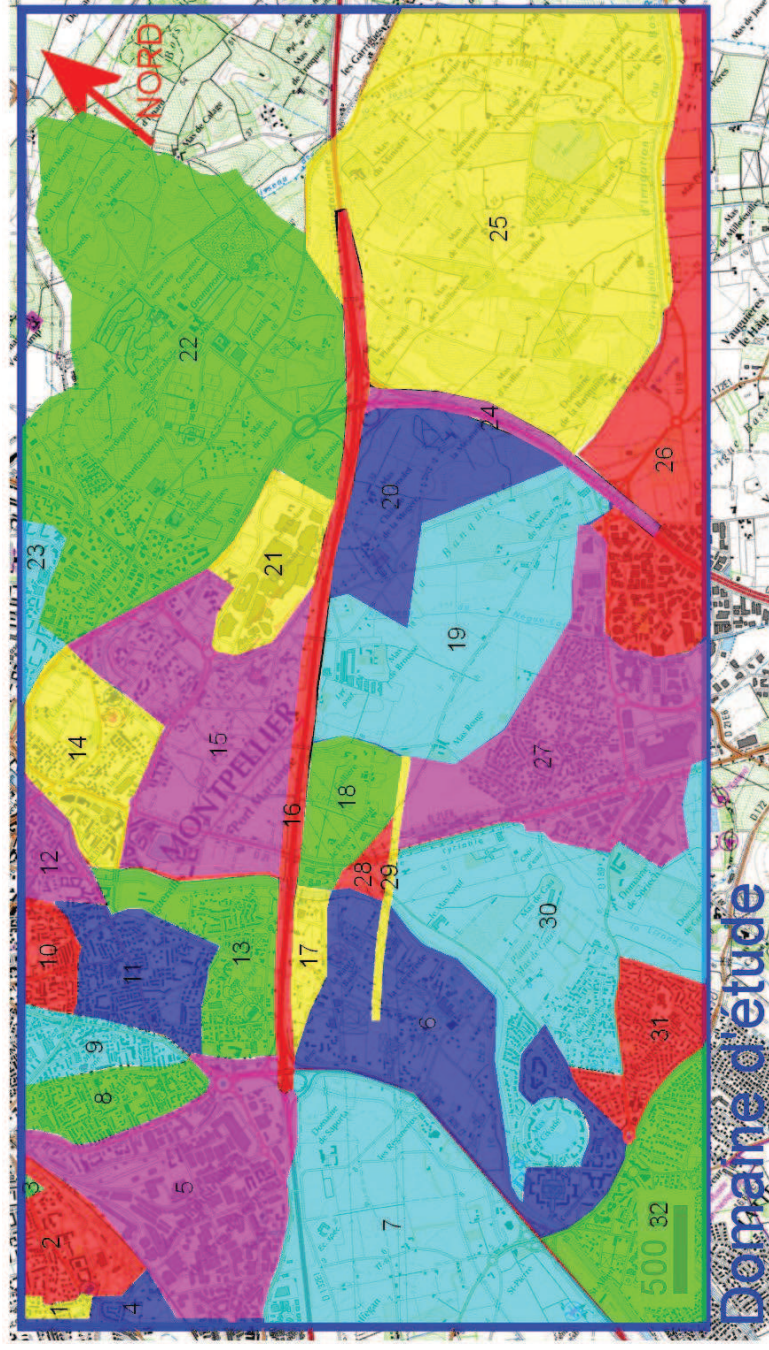


Figure 21 : Découpage IPP

Tableau 28: Calculs des IPP selon les horizons

Horizons	Horizons retenus		
	Etat initial (H1)	Etat de référence (H2)	Etat futur (H3)
<b>IPP</b>	3677.85	1760.40	5777.08

On note une diminution (-52.1%) de l'IPP entre l'état initial et l'état futur sans projet. Ceci est dû à la diminution des concentrations en benzènes qui prévalent sur l'augmentation de la population liée au projet Port Marianne. L'état futur avec gare Odysseum et projet Oz présente un IPP supérieur de 57.1% à celui de l'état initial.

L'IPP pour la situation future avec projet Oz et gare Odysseum présente un IPP supérieur de 228,2% à la situation sans projet. Ceci est dû à la réunion de deux facteurs : l'augmentation de la population apportée par le projet Oz, et l'augmentation des concentrations en benzène apportée par le projet Oz (utilisation des routes par les nouveaux habitants) et la gare Odysseum (trajet des voyageurs).

Au vu de la différence (>20%) de l'IPP entre les 2 états futurs, l'impact du projet peut être qualifié de significatif.

### V.3 Evaluation des risques sanitaires

Compte tenu des trafics attendus et de la densité habitants/km<sup>2</sup> 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 des zones sensibles et ceci pour les 3 états. Les lieux sensibles étudiés sont présentés sur la figure suivante :

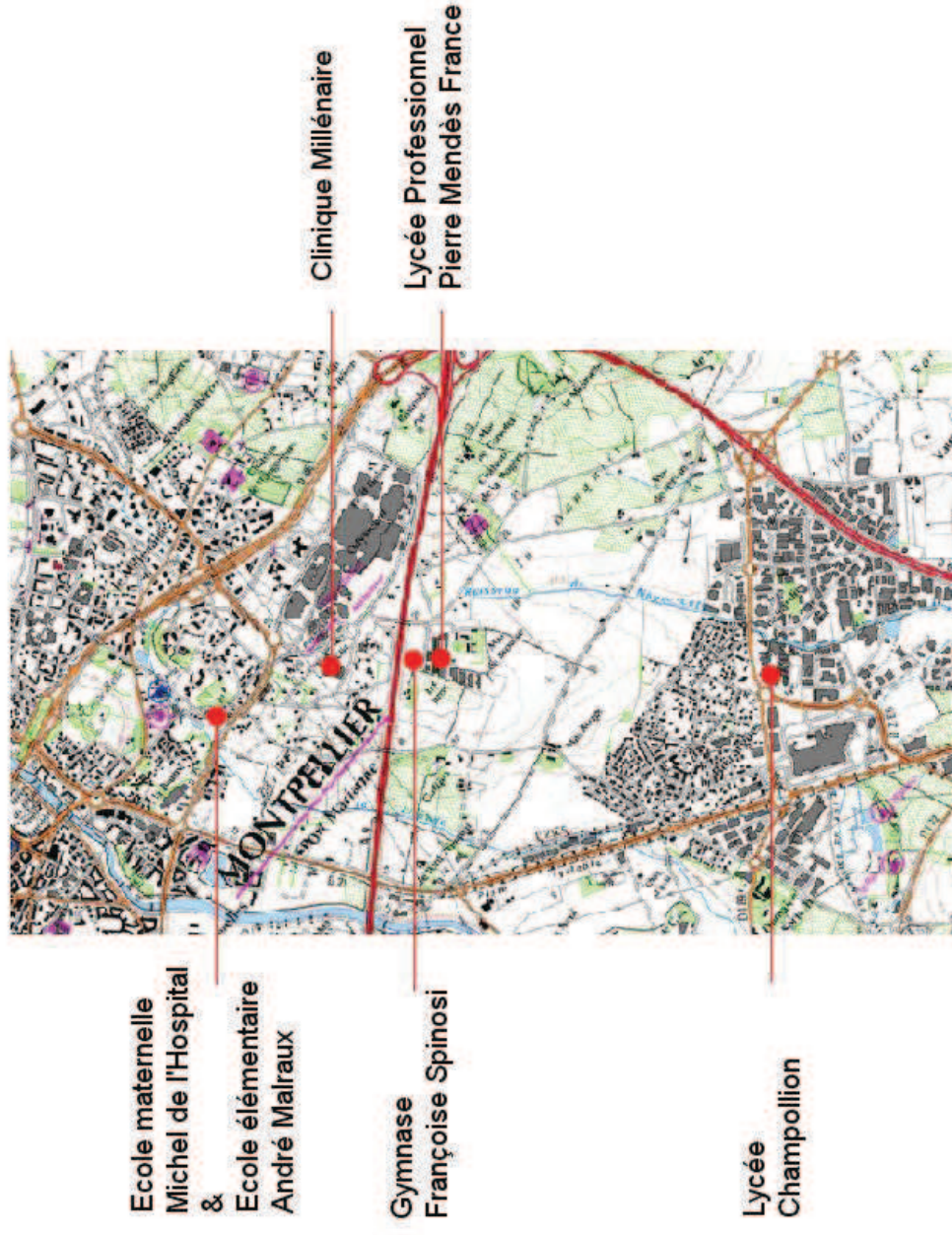


Figure 22: Localisation des zones sensibles

La méthode utilisée ici est l'Evaluation 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 sanitaire.

#### 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 (NO<sub>2</sub>)
- Monoxyde de carbone (CO)
- Poussières (PM<sub>10</sub>)
- Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)
- Benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
- Composés Organiques Volatils (COV)
- Cadmium (Cd)
- Nickel (Ni)

##### 2. Identification de dangers :

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...) regroupent ces VTR, qui sont issues le plus souvent d'études épidémiologiques ou expérimentales.

Pour les produits cancérogènes, 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/m<sup>3</sup> le plus souvent) du polluant.

Pour les produits toxiques non cancérogènes, 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 à 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 cancérogène 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 :

$$ERI = ERU * CAA \quad \text{avec } CAA = \text{Concentration Atmosphérique Attribuable}$$

#### Polluants à effets systémique 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 :

$$RD = \frac{CAA}{MRL} \text{ avec } CAA = \text{Concentrations Atmosphérique Attribuable}$$

### 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'acétymène, 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 29 : Bilan des VTR et ERU disponible

Polluants	Inhalation	
	ERU	Concentration de référence
<b>NO2</b>	X	Valeur limite recommandée par l'OMS et l'UE : 40 µg/m³ en moyenne annuelle. Troubles respiratoires et perturbation du transport de l'oxygène dans le sang.
<b>SO2</b>	X	Valeur guidé recommandée par l'OMS : 50µg/m³
<b>CO</b>	X	Valeur limite recommandée par l'OMS : 10 mg/m³ pour une exposition de 8h consécutives. Céphalées, vomissements, pertes de connaissance.
<b>PM10</b>	X	Valeur limite recommandée par l'UE : 40µg/m³ Objectif pour 2010 : 30µg/m³
<b>Benzène</b>	2.2 à 7.8 E-06 (µg/m³) <sup>-1</sup> (Source : US-EPA) Effets: Leucémie et neurologiques	0.013 mg/m³ (Source: ATSDR) Effets: Leucémie et neurologiques
<b>COV : Toluène Xylènes</b>	X X	Effets neurologiques 0.3 mg/m³ (source : US-EPA) 0.1 mg/m³(source : US-EPA)
<b>Ni</b>	3.8 <sup>E</sup> -04 (µg/m³) <sup>-1</sup> (Source : OMS) Effets sur les poumons	2 <sup>E</sup> -04 mg/m³ (source ATSDR) inflammation chronique des voies respiratoires et fibrose pulmonaire
<b>Cd</b>	1.8 <sup>E</sup> -03 (µg/m³) <sup>-1</sup> (Source : US-EPA) Effets sur les poumons	Valeur guidé recommandée par l'OMS : 5 <sup>c</sup> -03 µg/m³

Seul le benzène le nickel et le cadmium présentent des effets cancérogènes (et donc un effet sans seuil représenté par un ERU). Notons que les PM10 sont très probablement cancérogènes, 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.

Tableau 32 : Présentation des immissions considérées pour l'état futur : 2035 avec Odysseum

H3	Valeurs d'immission				
	Ecole maternelle Michel de l'Hospital & Ecole élémentaire André Malraux	Gymnase Françoise Spinosi	Lycée Champollion	Clinique Millénaire	Lycée professionnel Pierre Mendès France
NO2	1,63	10,70	1,96	2,23	4,63
CO	6,05	53,14	7,40	9,29	22,39
PM10	0,41	1,29	0,47	0,46	0,73
SO2	0,11	0,80	0,16	0,16	0,38
C6H6	0,04	0,10	0,05	0,04	0,06
COV	0,96	2,55	1,15	1,05	1,52
Cd	1,48E-05	7,41E-05	1,76E-05	1,86E-05	3,72E-05
Ni	1,16E-04	5,38E-04	1,37E-04	1,43E-04	2,75E-04

## 4. Caractérisation des risques :

Les résultats sont fournis au niveau des 3 états sous forme de tableaux illustré ci-dessous.

## 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 atteintes au niveau de chaque lieu sensible.

Tableau 30 : Présentation des immissions considérées pour l'état initial

H1	Valeurs d'immission				
	Ecole maternelle Michel de l'Hospital & Ecole élémentaire André Malraux	Gymnase Françoise Spinosi	Lycée Champollion	Clinique Millénaire	Lycée professionnel Pierre Mendès France
NO2	4,14	87,00	9,90	12,90	40,80
CO	9,70	202,00	27,12	29,50	95,50
PM10	0,31	6,24	1,18	0,92	3,00
SO2	0,05	0,94	0,13	0,14	0,45
C6H6	0,05	0,98	0,33	0,15	0,49
COV	1,00	19,69	5,69	3,00	9,55
Cd	5,30E-06	1,10E-04	2,05E-05	1,62E-05	5,30E-05
Ni	3,82E-05	7,81E-04	1,62E-04	1,17E-04	3,82E-04

Tableau 31 : Présentation des immissions considérées pour l'état de référence : 2035 sans Odysseum

H2	Valeurs d'immission				
	Ecole maternelle Michel de l'Hospital & Ecole élémentaire André Malraux	Gymnase Françoise Spinosi	Lycée Champollion	Clinique Millénaire	Lycée professionnel Pierre Mendès France
NO2	1,53	13,26	2,00	3,21	6,92
CO	5,48	68,00	7,05	13,05	34,10
PM10	0,36	1,62	0,48	0,67	0,95
SO2	0,11	1,02	0,14	0,23	0,52
C6H6	0,02	0,11	0,03	0,04	0,06
COV	0,52	2,90	0,71	0,99	1,60
Cd	1,27E-05	9,40E-05	1,69E-05	2,59E-05	4,95E-05
Ni	9,95E-05	6,90E-04	1,32E-04	1,99E-04	3,65E-04

Tableau 33 : Ratio de danger pour l'état initial

H1	Ratio de danger				
	Ecole maternelle Ecole de l'Hospital & Ecole élémentaire André Malraux	Gymnase Françoise Spinosi	Lycée Champollion	Clinique Millénaire	Lycée professionnel Pierre Mendès France
NO2	1,04E-01	<b>2,18E+00</b>	2,48E-01	3,23E-01	<b>1,02E+00</b>
CO	9,70E-04	2,02E-02	2,71E-03	2,95E-03	9,55E-03
PM10	1,02E-02	2,08E-01	3,93E-02	3,07E-02	1,00E-01
SO2	9,00E-04	1,89E-02	2,62E-03	2,78E-03	9,06E-03
C6H6	1,68E-03	3,28E-02	1,11E-02	5,07E-03	1,62E-02
COV	1,00E-02	1,97E-01	5,69E-02	3,00E-02	9,55E-02
Cd	1,06E-03	2,20E-02	4,10E-03	3,24E-03	1,06E-02
Ni	1,91E-04	3,91E-03	8,10E-04	5,85E-04	1,91E-03
Somme	<b>1,28E-01</b>	<b>2,68E+00</b>	<b>3,65E-01</b>	<b>3,98E-01</b>	<b>1,26E+00</b>

Tableau 34 : Ratio de danger pour l'état de référence : 2035 sans Odysséum

H2	Ratio de danger				
	Ecole maternelle Michel de l'Hospital & Ecole élémentaire André Malraux	Gymnase Françoise Spinosi	Lycée Champollion	Clinique Millénaire	Lycée professionnel Pierre Mendès France
NO2	3,83E-02	3,32E-01	5,01E-02	8,03E-02	1,73E-01
CO	5,48E-04	6,80E-03	7,05E-04	1,31E-03	3,41E-03
PM10	1,19E-02	5,40E-02	1,58E-02	2,22E-02	3,17E-02
SO2	2,10E-03	2,04E-02	2,78E-03	4,62E-03	1,05E-02
C6H6	7,00E-04	3,63E-03	9,67E-04	1,33E-03	2,06E-03
COV	5,23E-03	2,90E-02	7,06E-03	9,90E-03	1,60E-02
Cd	2,54E-03	1,88E-02	3,38E-03	5,18E-03	9,90E-03
Ni	4,98E-04	3,45E-03	6,62E-04	9,95E-04	1,83E-03
<b>Somme</b>	<b>6,18E-02</b>	<b>4,68E-01</b>	<b>8,15E-02</b>	<b>1,26E-01</b>	<b>2,48E-01</b>

Tableau 36 : Excès de risque individuel pour l'état initial

H1	Excès de risque individuel				
	Ecole maternelle Michel de l'Hospital & Ecole élémentaire André Malraux	Gymnase Françoise Spinosi	Lycée Champollion	Clinique Millénaire	Lycée professionnel Pierre Mendès France
NO2	-	-	-	-	-
CO	-	-	-	-	-
PM10	-	-	-	-	-
SO2	-	-	-	-	-
C6H6	1,50E-08	1,17E-07	3,71E-08	6,50E-09	5,40E-08
COV	-	-	-	-	-
Cd	3,63E-10	3,02E-09	5,27E-10	1,60E-10	1,36E-09
Ni	5,53E-10	4,53E-09	8,79E-10	2,44E-10	2,07E-09
<b>Somme</b>	<b>1,59E-08</b>	<b>1,25E-07</b>	<b>3,85E-08</b>	<b>6,90E-09</b>	<b>5,75E-08</b>

Tableau 35 : Ratio de danger pour l'état futur : 2035 avec Odysséum

H3	Ratio de danger				
	Ecole maternelle Michel de l'Hospital & Ecole élémentaire André Malraux	Gymnase Françoise Spinosi	Lycée Champollion	Clinique Millénaire	Lycée professionnel Pierre Mendès France
NO2	4,07E-02	2,67E-01	4,90E-02	5,57E-02	1,16E-01
CO	6,05E-04	5,31E-03	7,40E-04	9,29E-04	2,24E-03
PM10	1,37E-02	4,31E-02	1,57E-02	1,54E-02	2,43E-02
SO2	2,23E-03	1,60E-02	3,29E-03	3,21E-03	7,61E-03
C6H6	1,37E-03	3,31E-03	1,65E-03	1,47E-03	2,05E-03
COV	9,57E-03	2,55E-02	1,15E-02	1,05E-02	1,52E-02
Cd	2,96E-03	1,48E-02	3,53E-03	3,73E-03	7,45E-03
Ni	5,80E-04	2,69E-03	6,87E-04	7,15E-04	1,37E-03
<b>Somme</b>	<b>7,17E-02</b>	<b>3,78E-01</b>	<b>8,61E-02</b>	<b>9,15E-02</b>	<b>1,76E-01</b>

Tableau 37 : Excès de risque individuel pour l'état de référence : 2035 sans Odysséum

H2	Excès de risque individuel				
	Ecole maternelle Michel de l'Hospital & Ecole élémentaire André Malraux	Gymnase Françoise Spinosi	Lycée Champollion	Clinique Millénaire	Lycée professionnel Pierre Mendès France
NO2	-	-	-	-	-
CO	-	-	-	-	-
PM10	-	-	-	-	-
SO2	-	-	-	-	-
C6H6	6,24E-09	1,30E-08	3,23E-09	1,71E-09	6,89E-09
COV	-	-	-	-	-
Cd	8,71E-10	2,58E-09	4,35E-10	2,55E-10	1,27E-09
Ni	1,44E-09	4,00E-09	7,18E-10	4,14E-10	1,98E-09
<b>Somme</b>	<b>8,55E-09</b>	<b>1,96E-08</b>	<b>4,38E-09</b>	<b>2,38E-09</b>	<b>1,01E-08</b>



Tableau 38 : Excès de risque individuel pour l'état futur : 2035 avec Odyseeum

H3	Excès de risque individuel				
	Ecole maternelle Michel de l'Hospital & Ecole élémentaire André Malraux	Gymnase Françoise Spinosi	Lycée Champollion	Clinique Millénaire	Lycée professionnel Pierre Mendès France
NO2	-	-	-	-	-
CO	-	-	-	-	-
PM10	-	-	-	-	-
SO2	-	-	-	-	-
C6H6	1,22423E-08	1,18168E-08	5,50457E-09	1,8891E-09	6,83614E-09
COV	-	-	-	-	-
Cd	1,01328E-09	2,03657E-09	4,5324E-10	1,83748E-10	9,57523E-10
Ni	1,67967E-09	3,11771E-09	7,45777E-10	2,97816E-10	1,49085E-09
<b>Somme</b>	<b>1,49E-08</b>	<b>1,70E-08</b>	<b>6,70E-09</b>	<b>2,37E-09</b>	<b>9,28E-09</b>

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 jugées acceptables (les valeurs couramment tolérées pour le risque chronique) sont de l'ordre de 10<sup>-6</sup>.

Au regard des résultats, les ratios de dangers sont inférieurs à 1 sauf pour le NO2. Il est supérieur à 1 pour l'état initial pour 2 lieux sensibles uniquement (le gymnase Françoise Spinosi et le lycée professionnel Pierre Mendès France). Hormis pour ces deux lieux sensibles à l'état initial, les sommes des ratios de danger sont également inférieurs à 1. Ainsi, la population est théoriquement en sécurité à l'exception des personnes se trouvant au niveau du gymnase Françoise Spinosi et du lycée professionnel Pierre Mendès France, pour l'état initial. Dans le cas du NO2, les troubles que l'on risque de voir apparaître en ces 2 lieux sont des troubles respiratoires et des perturbations du transport de l'oxygène dans le sang sans que l'on puisse quantifier les fréquences d'apparition. Notons également que pour ces deux lieux, les ratios de danger sont inférieurs à 1 pour les états futurs.

Concernant les excès de risque individuels ils sont tous inférieurs à 10<sup>-6</sup>, la probabilité que possède un individu de développer un cancer sont faible et donc juger acceptable.

En conclusion au regard des résultats, il n'y a pas de différences notables dans les RD et les ERI entre les états futurs à l'exception du ratio de danger du NO2 qui est dépassé dans deux lieux sensibles pour l'état initial.

## Conclusion

Cette étude a été menée conformément à la méthodologie de la circulaire équipement/santé/écologie du 25 février 2005.

Le calcul des émissions de polluants atmosphériques par les véhicules a été réalisé en utilisant la méthodologie et les facteurs d'émission du programme européen COPERT IV, ainsi que le parc automobile et son évolution résultant des travaux de l'INRETS, pour chacun des tronçons définis. Les données de 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 future gare Odysseum et de la création d'un nouvel éco-quartier. Pour ce faire, et il a été nécessaire de simuler 55 conditions météorologiques couvrant 95.2 % des occurrences de la rose des vents. Les concentrations sont alors analysées en moyenne annuelle, reconstituées par sommation pondérée des résultats obtenus pour chaque condition météorologique.

Afin de qualifier la qualité de l'air actuelle, une campagne de mesure s'est déroulée constituée de 20 points de mesure en dioxyde d'azote et benzène. Les résultats mettent en évidence une pollution modérée sur le domaine mais une pollution plus importante à proximité de l'A9 en particulier et des routes à forts trafics en général.

Il faut néanmoins noter que les concentrations obtenues ne sont que des concentrations moyennes sur deux semaines. Elles peuvent varier fortement à la fois au court d'une même journée ou tout au long de la semaine. De plus ces concentrations ne sont représentatives que d'une période correspondant à des données météorologiques particulières, ainsi ces concentrations ne sont pas représentatives d'une exposition sur l'année.

Les résultats de la modélisation montrent que les concentrations les plus élevées, pour tous les états (initial, futur sans projet et futur avec projet), sont obtenues sur l'A9 et l'A9b (états futurs uniquement).

Réglementairement, les concentrations maximales restent en deçà des valeurs limites et des objectifs de la qualité de l'air pour tous les horizons sauf pour le dioxyde d'azote et le benzène. Les seuils sont dépassés pour tous les horizons pour le dioxyde d'azote et seulement pour l'état initial concernant le benzène. Il est à noter que pour le benzène, seul le seuil de qualité est dépassé pour l'état initial. Pour l'état initial, les dépassements sont observés à proximité de l'A9 et de la D66 sur toutes leurs longueurs. Pour les états futurs, les dépassements en NO2 sont observés sur l'A9 et l'A9b.

Les cartes de dispersion montrent l'effet de la réalisation de l'aménagement. La construction d'un nouveau quartier engendre une légère augmentation des pollutions atmosphériques locales.

Une étude sur l'indice polluant-population a été menée et montre que le projet a un impact significatif. Concernant les aspects sanitaires, les lieux sensibles étudiés ne montrent pas de différence significative entre les deux états futurs étudiés. Les excès de risque individuel sont tous inférieurs à  $10^{-6}$  et sont donc jugés acceptables. On notera tout de même qu'à l'état initial, deux lieux sensibles présentent des ratios de danger supérieurs à 1 mais que les ratios de danger sont tous inférieurs à 1 pour les états futurs. Ceci s'explique par la baisse des émissions des polluants les plus impactant malgré l'augmentation du trafic.

Annexe 1 : Campagne de mesure (photographies)



Figure 23 : Point 1



Figure 24 : Point 2



Figure 25: Point 3



Figure 26: Point 4



Figure 27: Point 5



Figure 28: Point 6



Figure 30 : Point 8

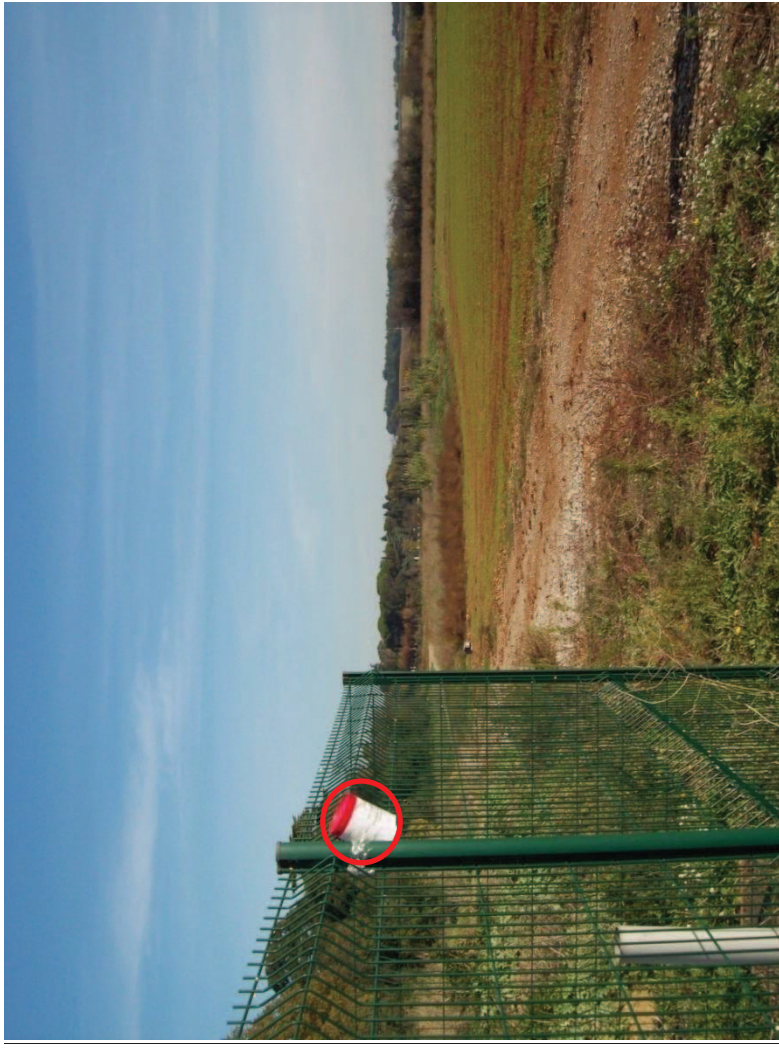


Figure 29: Point 7



Figure 31 : Point 9



Figure 32 : Point 10



Figure 34 : Point 12



Figure 33 : Point 11



Figure 35 : Point 13

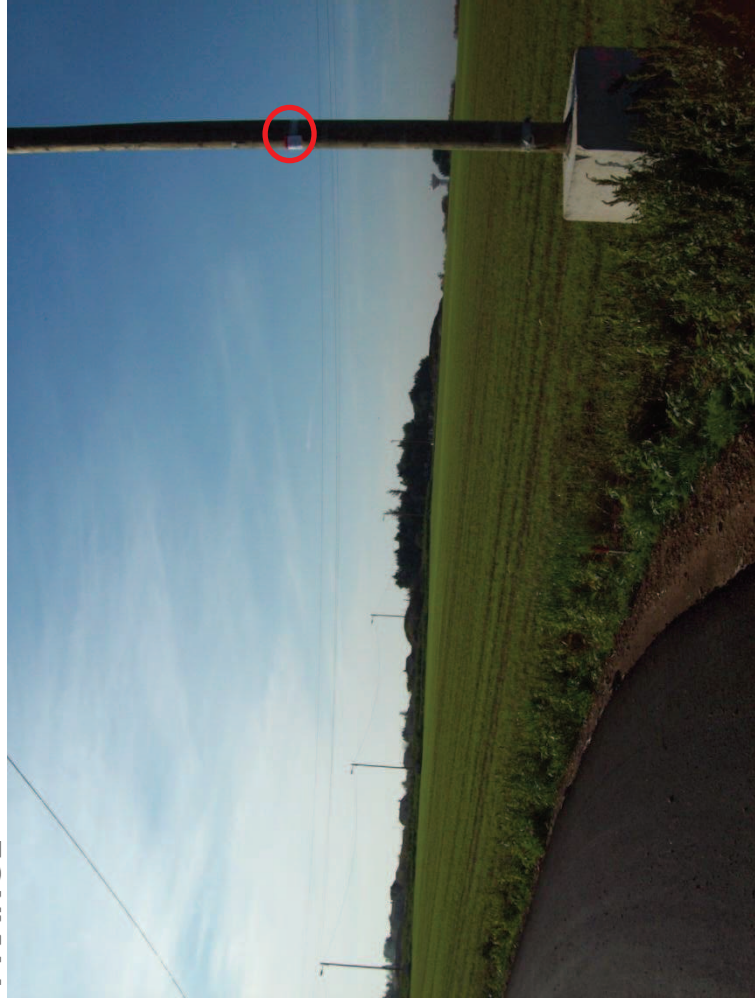


Figure 36 : Point 14



Figure 38 : Point 16



Figure 37 : Point 15



Figure 39 : Point 17



Figure 40 : Point 18



Figure 42 : Point 20



Figure 41 : Point 19



Annexe 2 : Découpage des tronçons et trafics associés

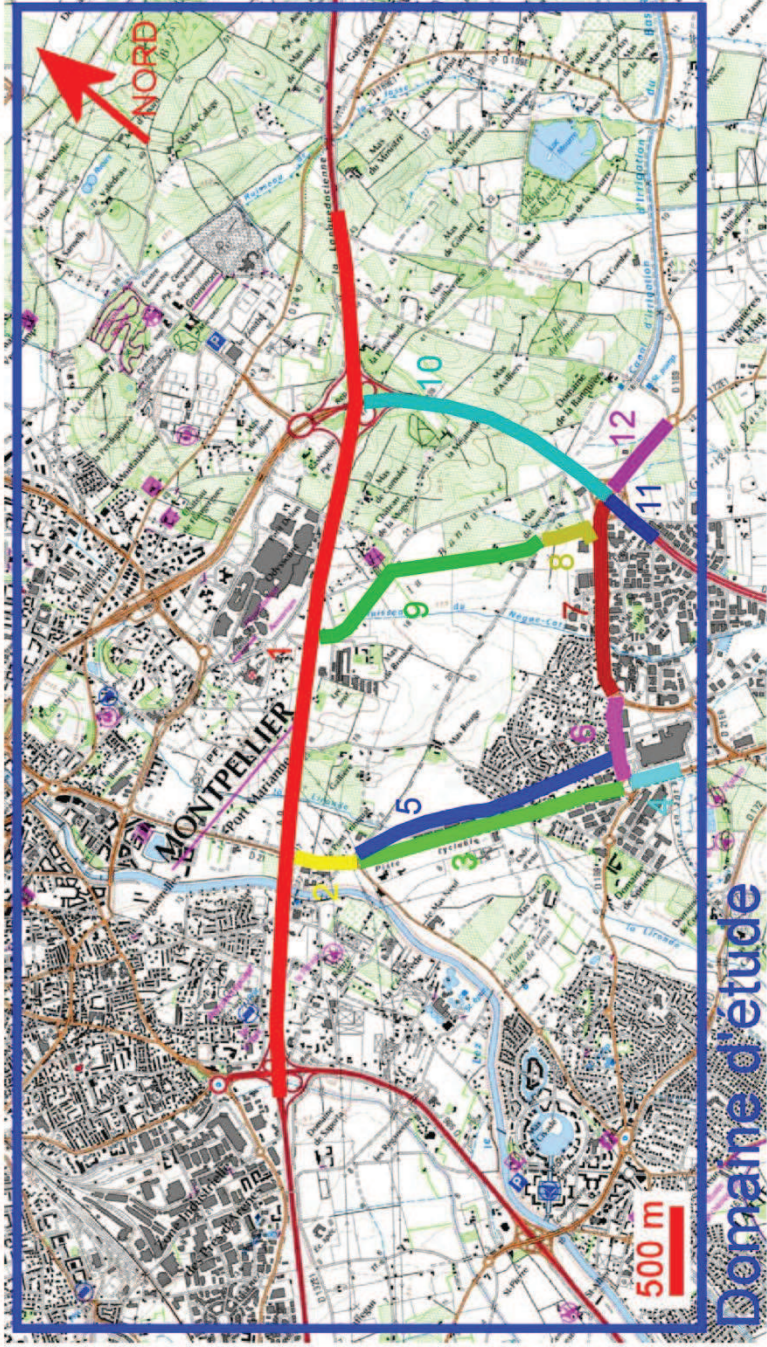


Figure 44 : Réseau routier modélisé pour l'état futur avec projet

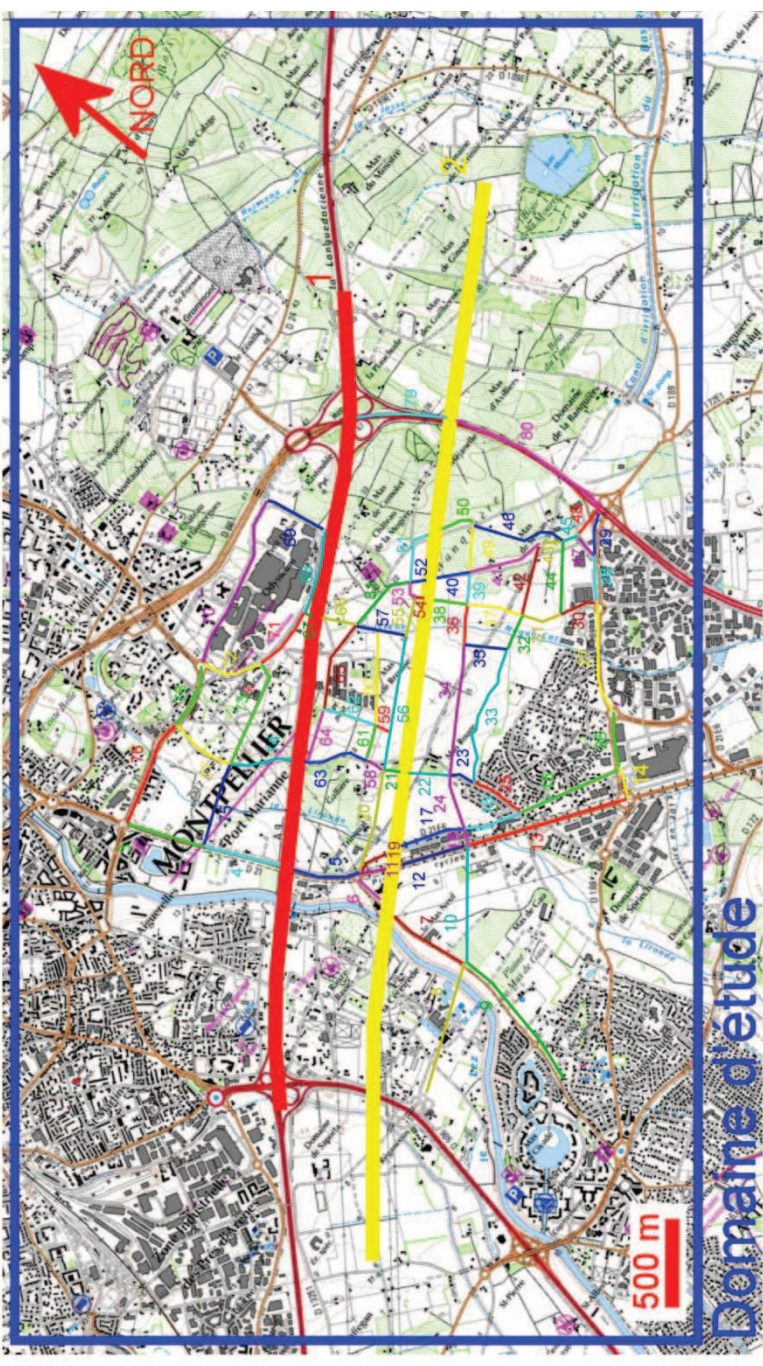


Figure 45 : Réseau routier modélisé pour l'état futur avec projet

Figure 43 : Réseau routier modélisé pour l'état initial

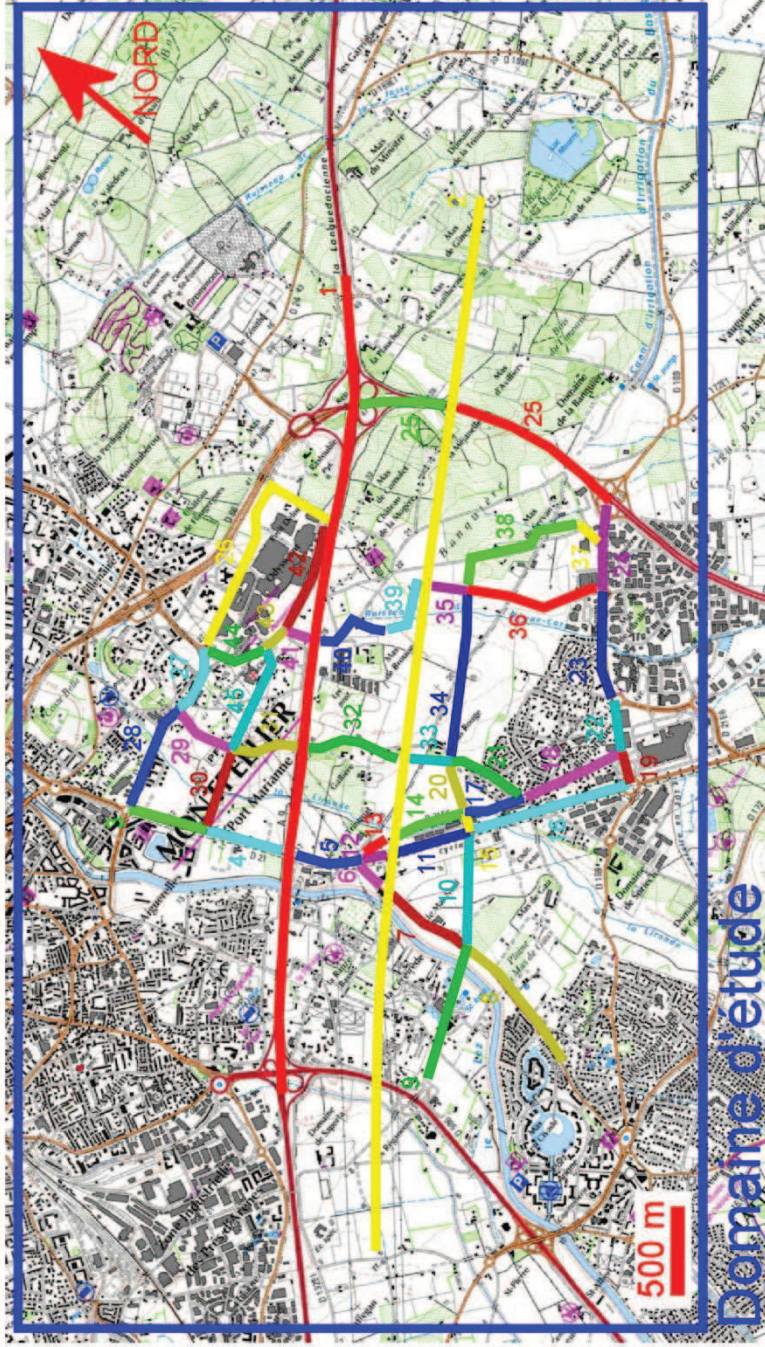


Tableau 39 : Trafic associé à l'état initial

Tronçon N°	Trafic total (TMJA)	Poids Lourds (%)	Poids Lourds (TMJA)	Véhicules Légers (TMJA)	Vitesse (km/h)
1	116000	16	18560	97440	130
2	17700	-	-	17700	50
3	13900	-	-	13900	50
4	9800	-	-	9800	50
5	2900	-	-	2900	50
6	18500	-	-	18500	50
7	20800	-	-	20800	50
8	2100	-	-	2100	50
9	4000	-	-	4000	50
10	67000	-	-	67000	90
11	43100	-	-	43100	90
12	19900	-	-	19900	50

Tableau 40 : Trafic associé à l'état futur sans gare Odysseum et sans quartier Oz

Tronçon N°	Trafic total (TMJA)	Poids Lourds (%)	Poids Lourds (TMJA)	Véhicules Légers (TMJA)	Vitesse (km/h)
1	73300	16	11728	61572	130
2	52000	16	8320	43680	130
3	15000	-	-	15000	50
4	20500	-	-	20500	50
5	20500	-	-	20500	50
6	6400	-	-	6400	50
7	6400	-	-	6400	50
8	6400	-	-	6400	50
9	14600	-	-	14600	50
10	14600	-	-	14600	50
11	23000	-	-	23000	50
12	23000	-	-	23000	50
13	4200	-	-	4200	50
14	4200	-	-	4200	50
15	14600	-	-	14600	50
16	23000	-	-	23000	50
17	4200	-	-	4200	50
18	4100	-	-	4100	50
19	14500	-	-	14500	50
20	14600	-	-	14600	50
21	1000	-	-	1000	50
22	13300	-	-	13300	50
23	14600	-	-	14600	50
24	10800	-	-	10800	50
25	66800	-	-	66800	90
26	2200	-	-	2200	50
27	19000	-	-	19000	50
28	20200	-	-	20200	50
29	6200	-	-	6200	50
30	4700	-	-	4700	50
31	6200	-	-	6200	50
32	6200	-	-	6200	50
33	6200	-	-	6200	50
34	9300	-	-	9300	50
35	16400	-	-	16400	50
36	5800	-	-	5800	50
37	1000	-	-	1000	50
38	6600	-	-	6600	50
39	16400	-	-	16400	50
40	21000	-	-	21000	50

41	14500	-	-	14500	50
42	13700	-	-	13700	50
43	16000	-	-	16000	50
44	16000	-	-	16000	50
45	4700	-	-	4700	50
46	66800	-	-	66800	90

Tableau 41 : Trafic associé à l'état futur avec gare Odysseum et quartier Oz

Tronçon N°	Trafic total (TMJA)	Poids Lourds (%)	Poids Lourds (TMJA)	Véhicules Légers (TMJA)	Vitesse (km/h)
1	75200	16	12032	63168	130
2	53600	16	8576	45024	130
3	17800	0	0	17800	50
4	25700	0	0	25700	50
5	25700	0	0	25700	50
6	7300	0	0	7300	50
7	7300	0	0	7300	50
8	16400	0	0	16400	50
9	7300	0	0	7300	50
10	16400	0	0	16400	50
11	24500	0	0	24500	50
12	24500	0	0	24500	50
13	24500	0	0	24500	50
14	16400	0	0	16400	50
15	6400	0	0	6400	50
16	5400	0	0	5400	50
17	5400	0	0	5400	50
18	16400	0	0	16400	50
19	5400	0	0	5400	50
20	5700	0	0	5700	50
21	8900	0	0	8900	50
22	8900	0	0	8900	50
23	8900	0	0	8900	50
24	16400	0	0	16400	50
25	1000	0	0	1000	50
26	14900	0	0	14900	50
27	15100	0	0	15100	50
28	15100	0	0	15100	50
29	15100	0	0	15100	50
30	8200	0	0	8200	50
31	8200	0	0	8200	50
32	4000	0	0	4000	50
33	4000	0	0	4000	50
34	14300	0	0	14300	50
35	4000	0	0	4000	50
36	14200	0	0	14200	50
37	8200	0	0	8200	50
38	28200	0	0	28200	50
39	15670	0	0	15670	50
40	13100	0	0	13100	50

\* Le trafic du tronçon 47 n'était pas fourni, il lui a donc été affecté le même trafic que pour le tronçon correspondant de l'état futur sans gare Odysseum et quartier Oz.

\*\* Le trafic des tronçons 59 et 62 n'étaient pas fournis en TMJA. Etait cependant fourni le trafic de ces tronçons en HPS. Ils ont donc été calculés à partir de la formule  $TMJA = HPS * 10$ .

Rapport Final version 1.0

41	13100	0	0	13100	50
42	5000	0	0	5000	50
43	13100	0	0	13100	50
44	6000	0	0	6000	50
45	16400	0	0	16400	50
46	6000	0	0	6000	50
47	1000*	0	0	1000	50
48	16400	0	0	16400	50
49	6000	0	0	6000	50
50	6000	0	0	6000	50
51	6000	0	0	6000	50
52	13100	0	0	13100	50
53	6000	0	0	6000	50
54	28200	0	0	28200	50
55	28200	0	0	28200	50
56	8500	0	0	8500	50
57	28400	0	0	28400	50
58	5000	0	0	5000	50
59	2000**	0	0	2000	50
60	6000	0	0	6000	50
61	6000	0	0	6000	50
62	2000**	0	0	2000	50
63	5000	0	0	5000	50
64	6000	0	0	6000	50
65	4000	0	0	4000	50
66	28400	0	0	28400	50
67	28400	0	0	28400	50
68	16500	0	0	16500	50
69	3460	0	0	3460	50
70	3460	0	0	3460	50
71	17200	0	0	17200	50
72	17200	0	0	17200	50
73	6900	0	0	6900	50
74	5000	0	0	5000	50
75	6900	0	0	6900	50
76	22700	0	0	22700	50
77	5000	0	0	5000	50
78	20600	0	0	20600	50
79	71900	0	0	71900	90
80	63500	0	0	63500	90
81	13100	0	0	13100	50

Annexe 3 : Contours de concentration pour l'horizon H1 : État initial (2012)

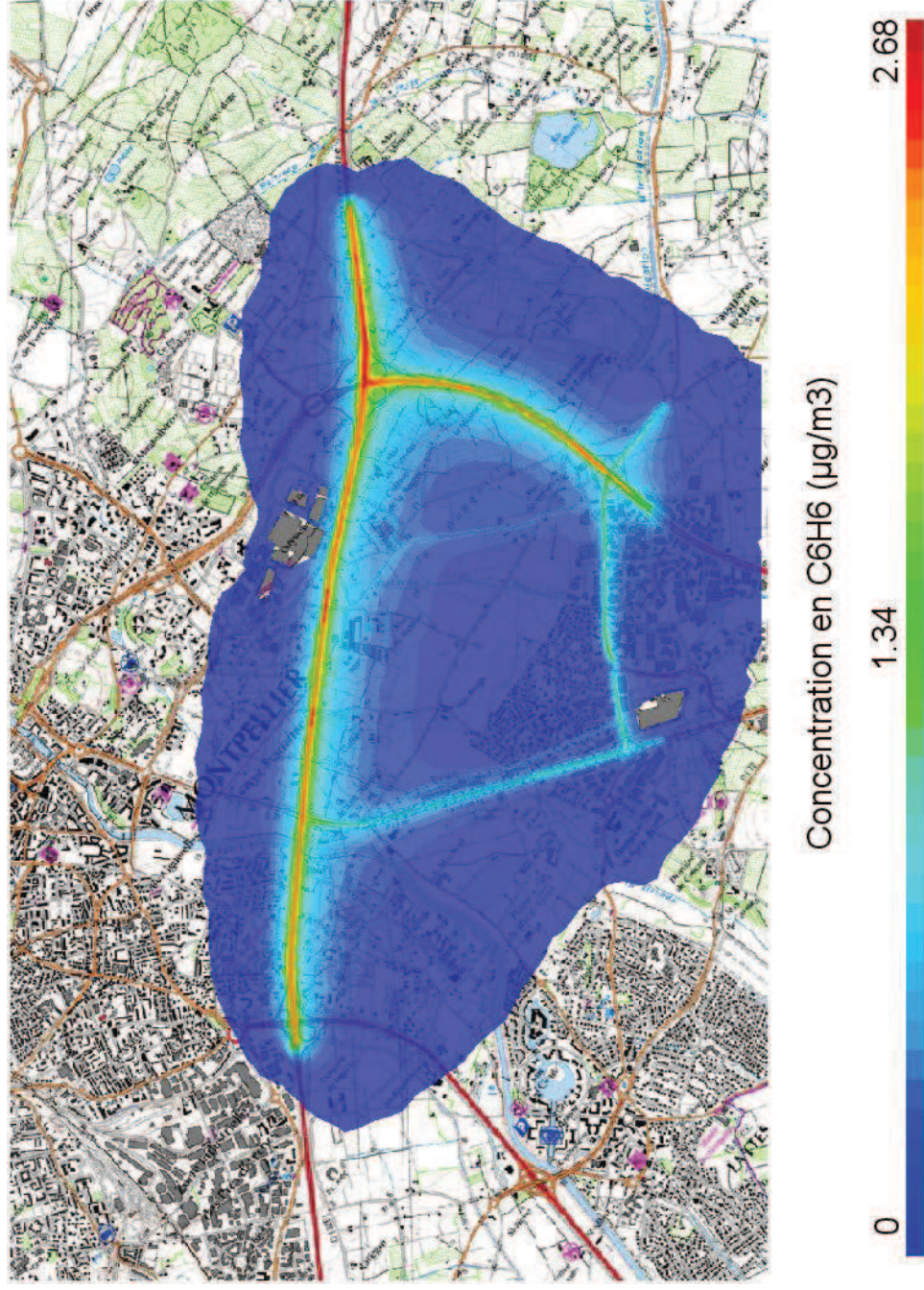


Figure 46: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum)

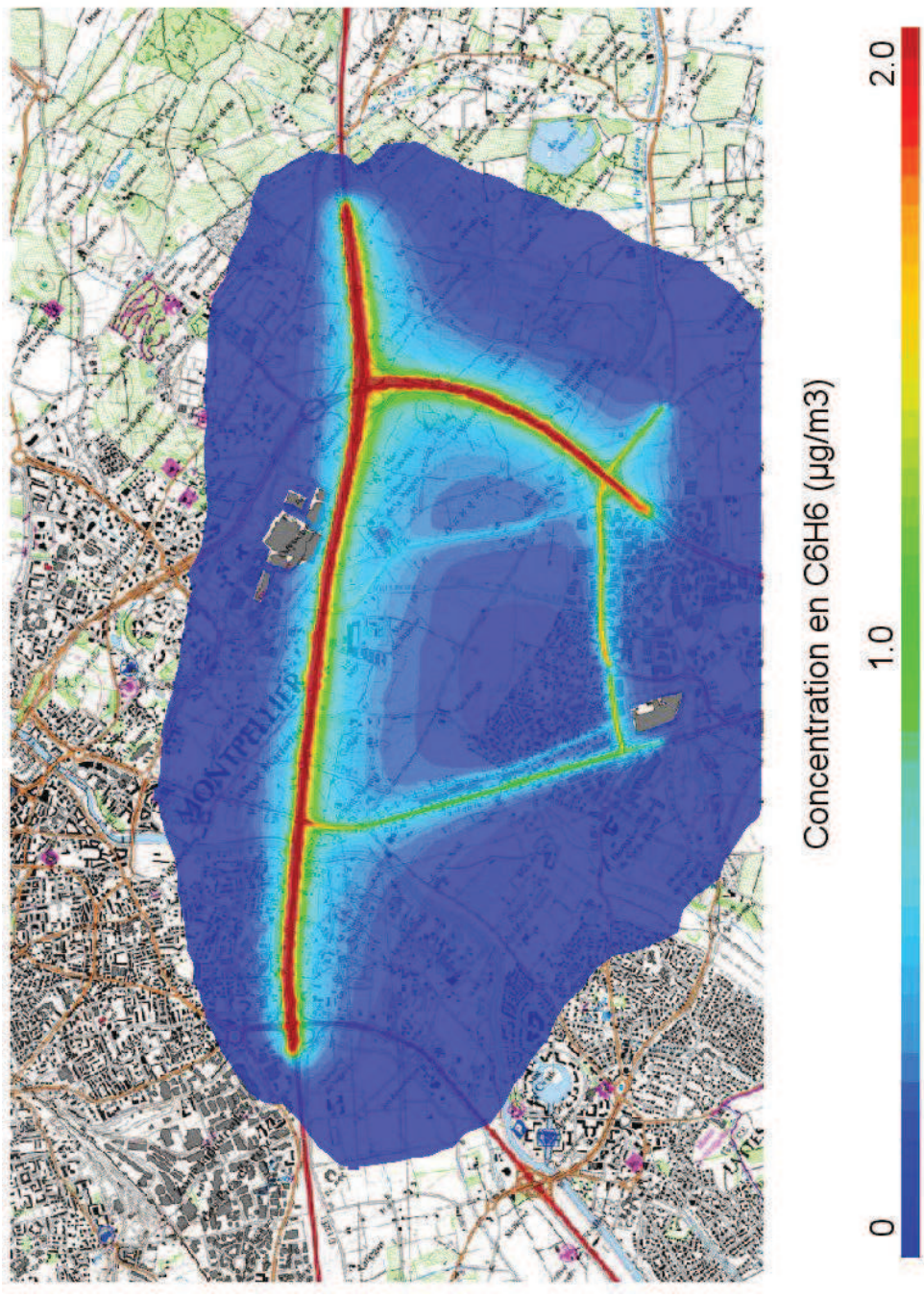


Figure 47 : Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le seuil de qualité)

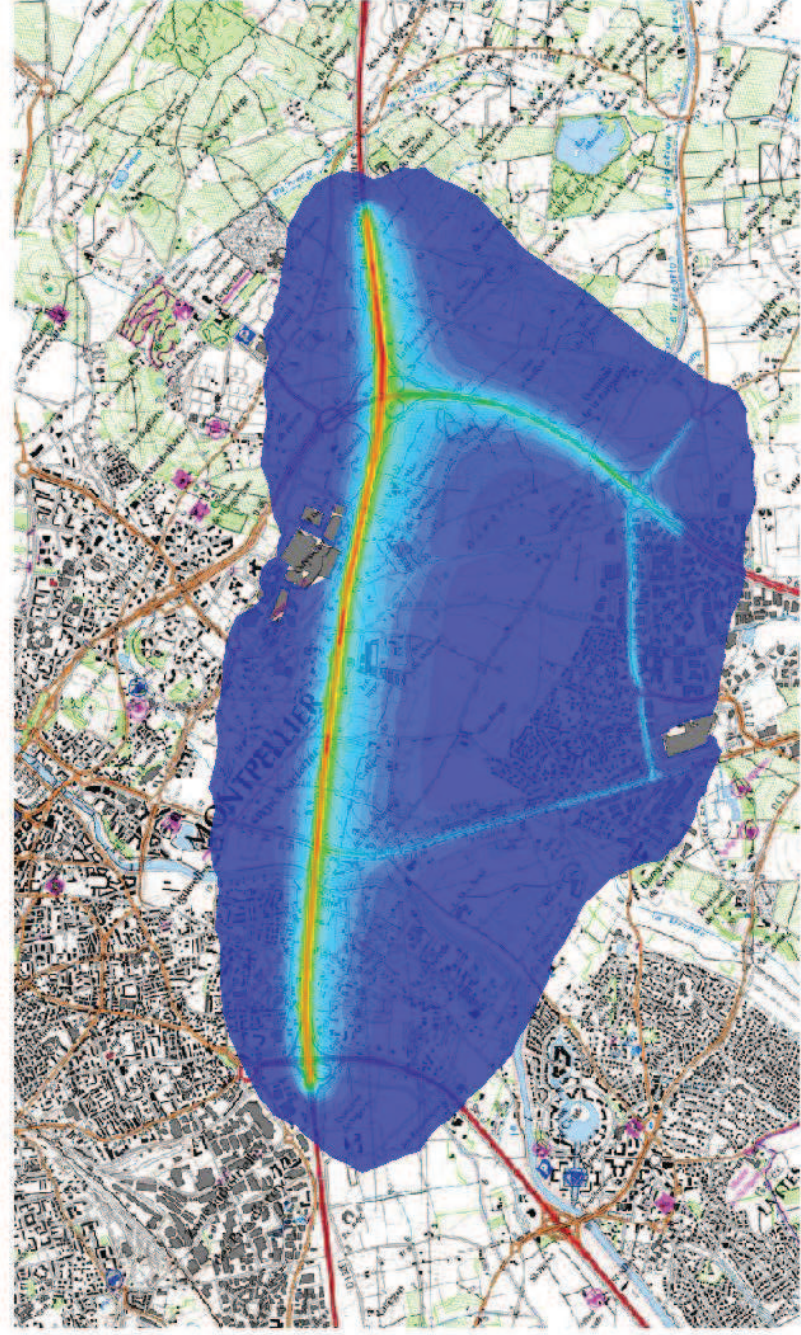


Figure 48: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum)

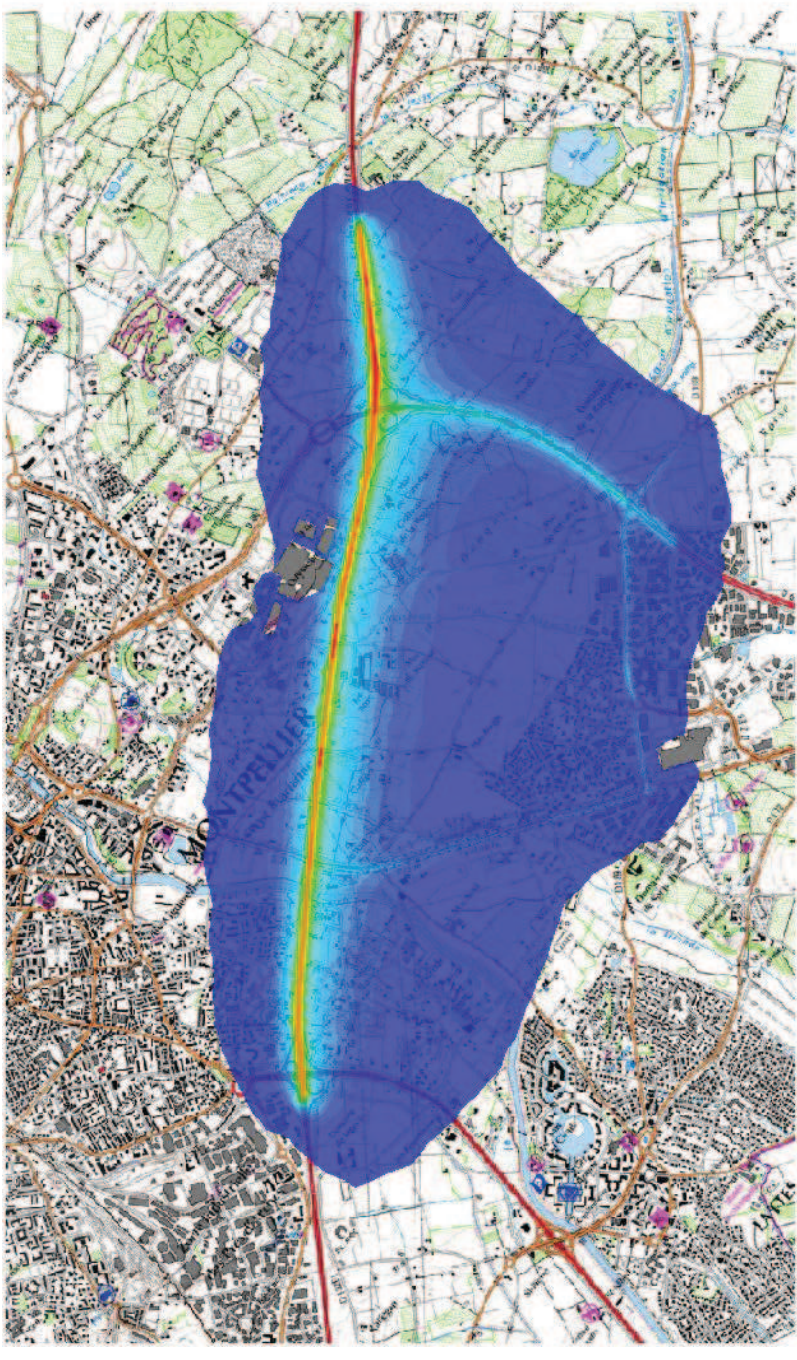


Figure 49: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum)



Figure 50: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum)



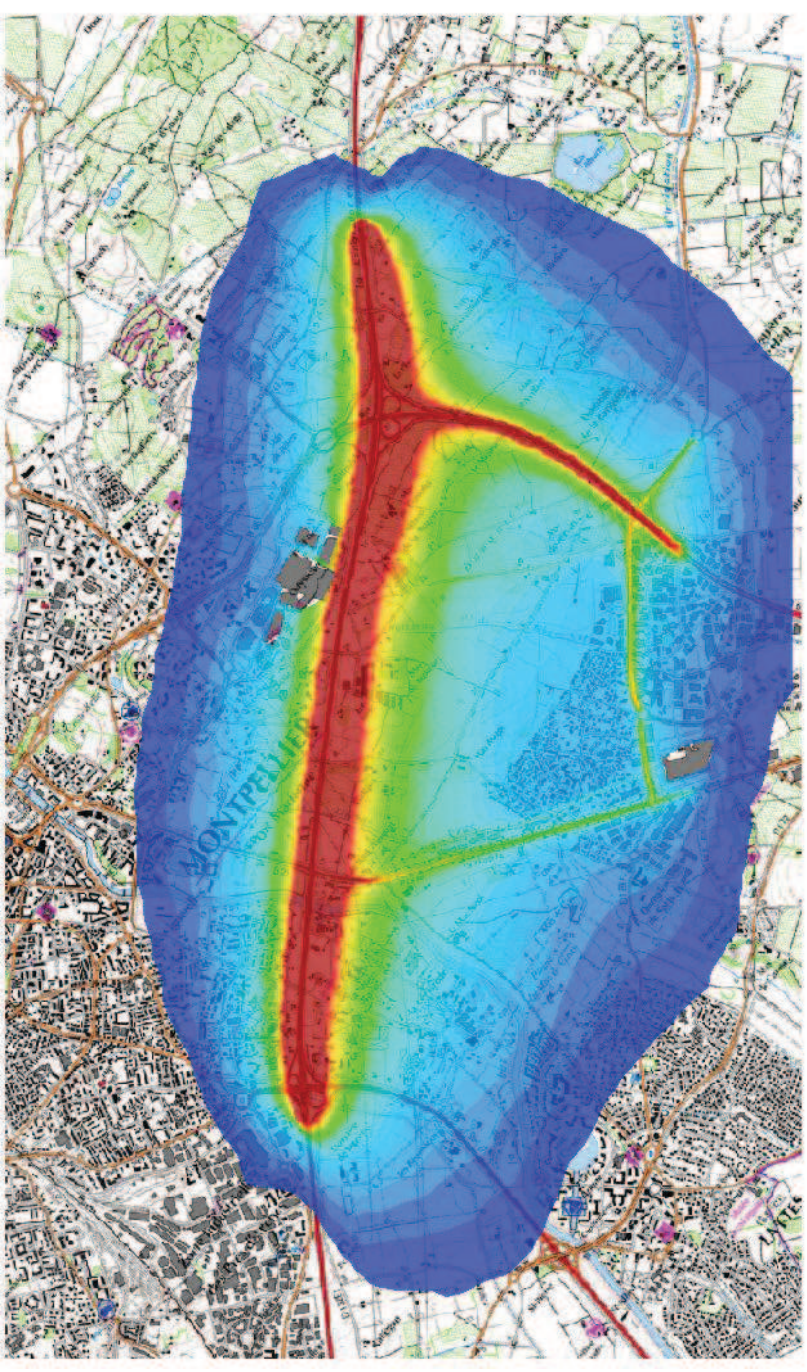
Figure 51: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum)



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



Figure 52: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le maximum)



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



Figure 53: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le seuil)

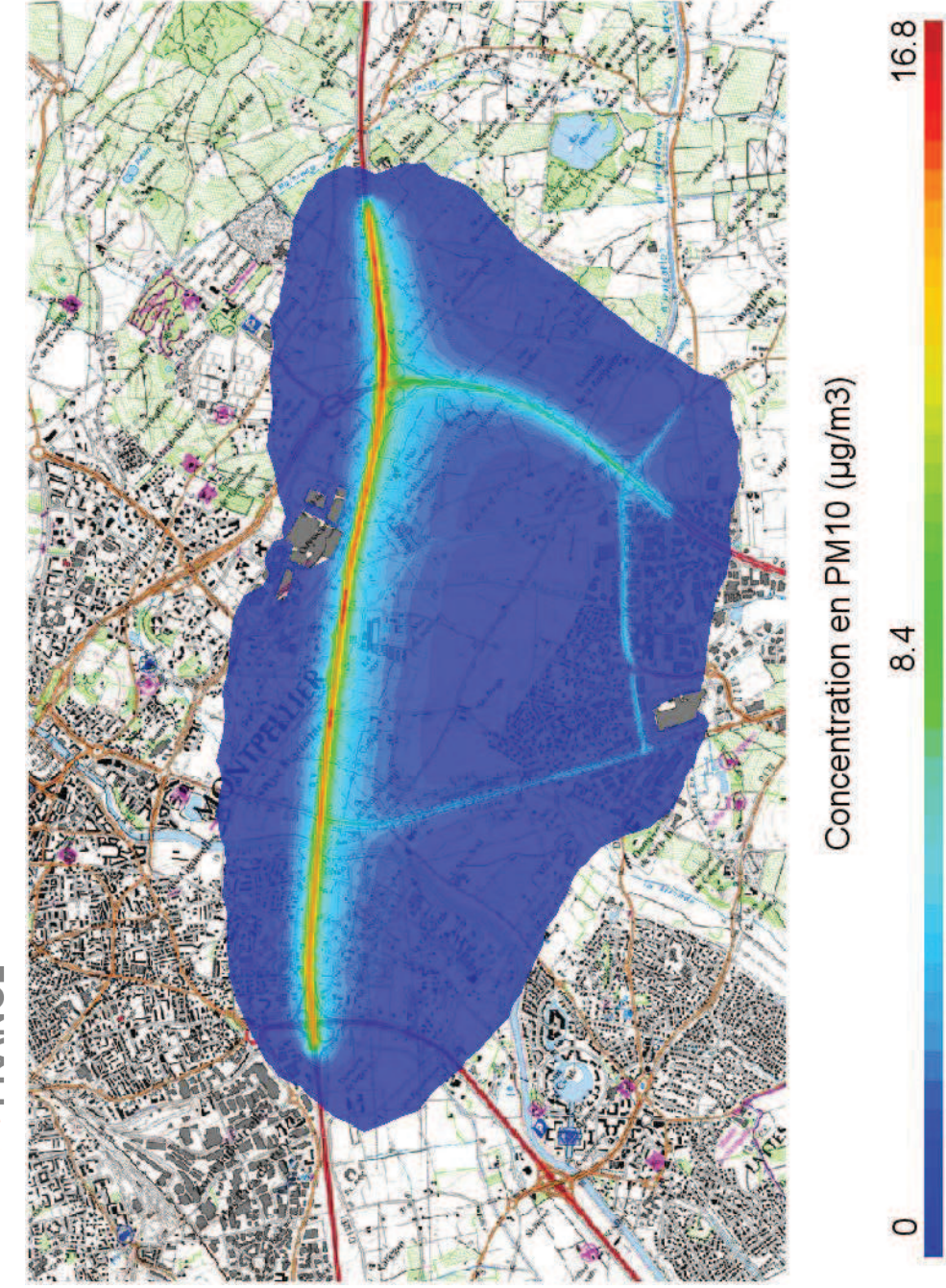


Figure 54: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum)

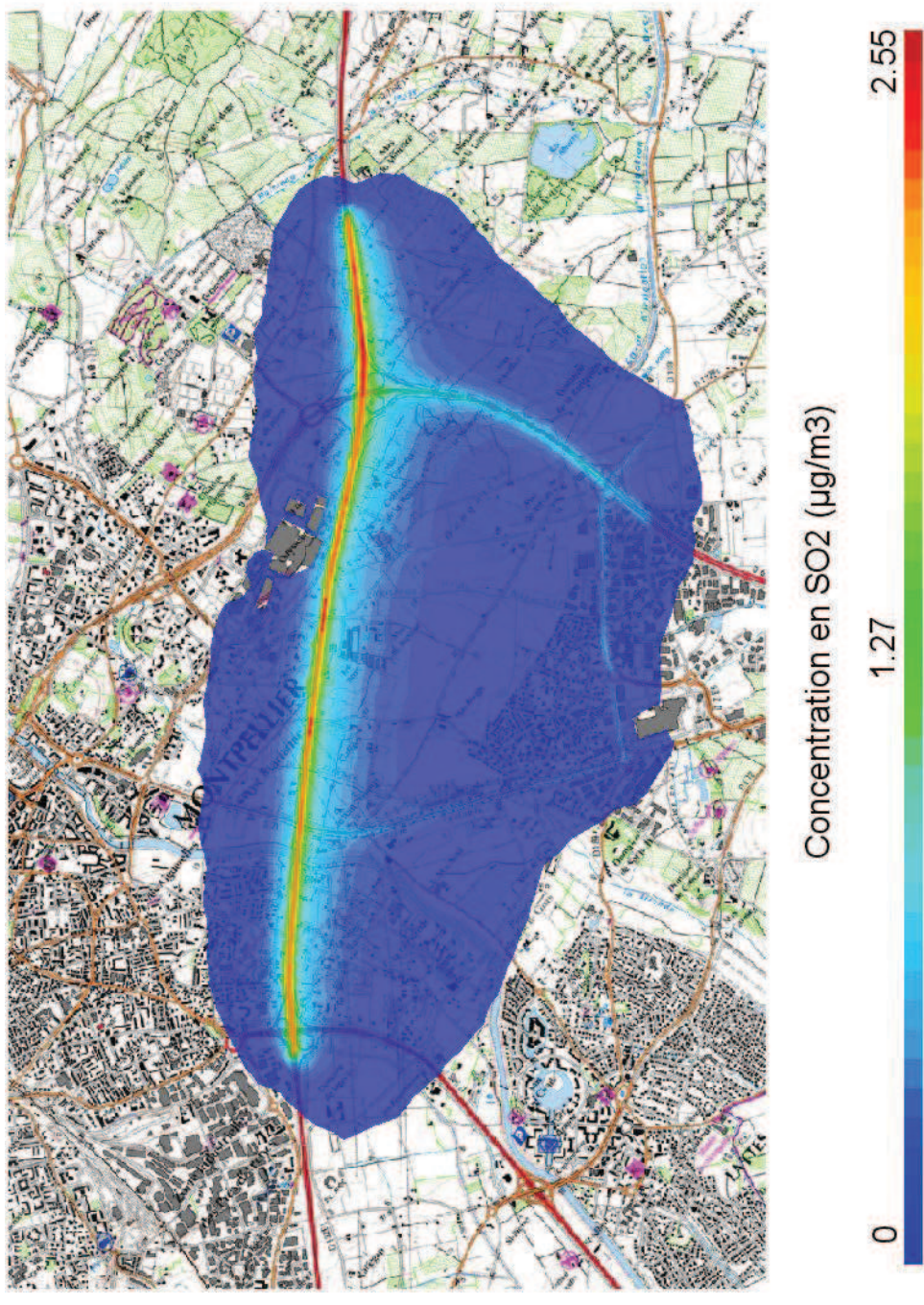


Figure 55: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum)



Annexe 4 : Contours de concentration pour les horizons H2 (sans projet) et H3 (avec projet) en 2013

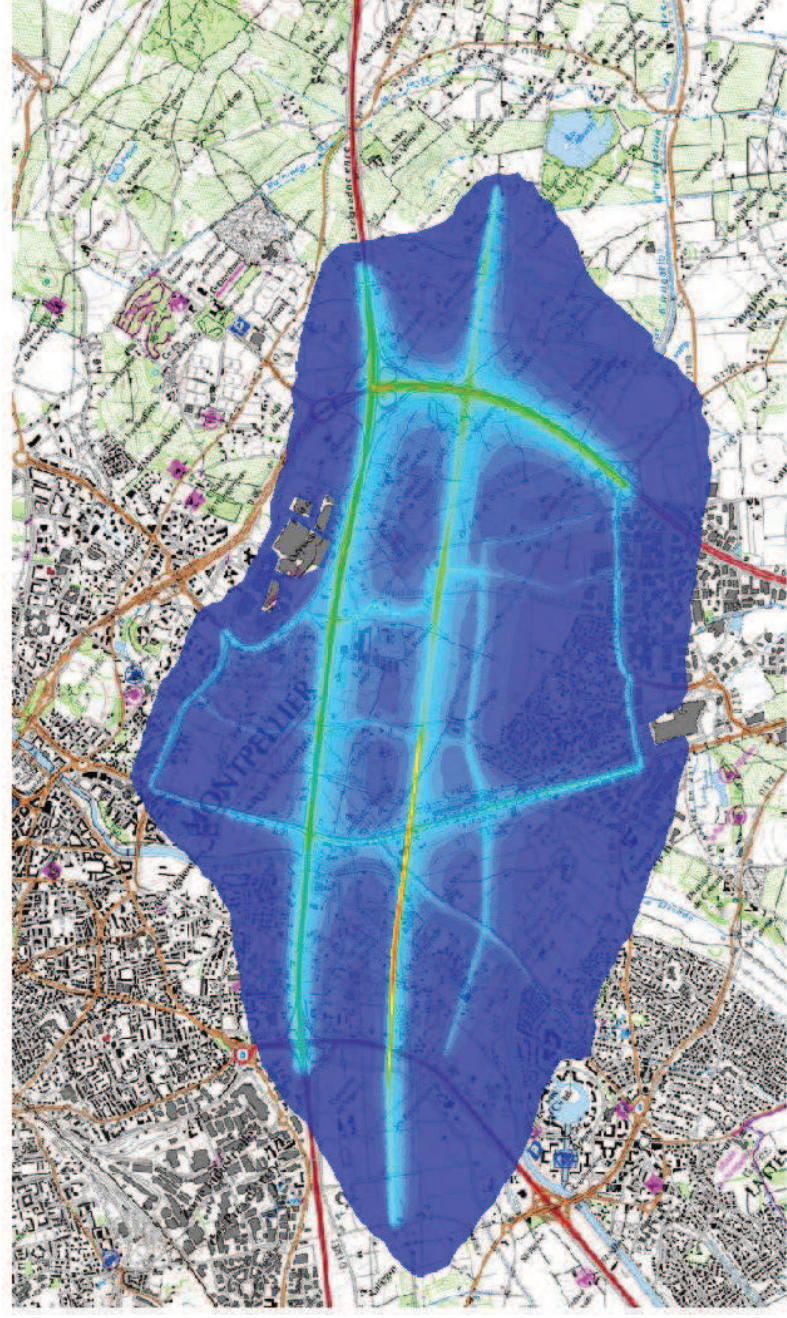


Figure 56: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum) pour H2

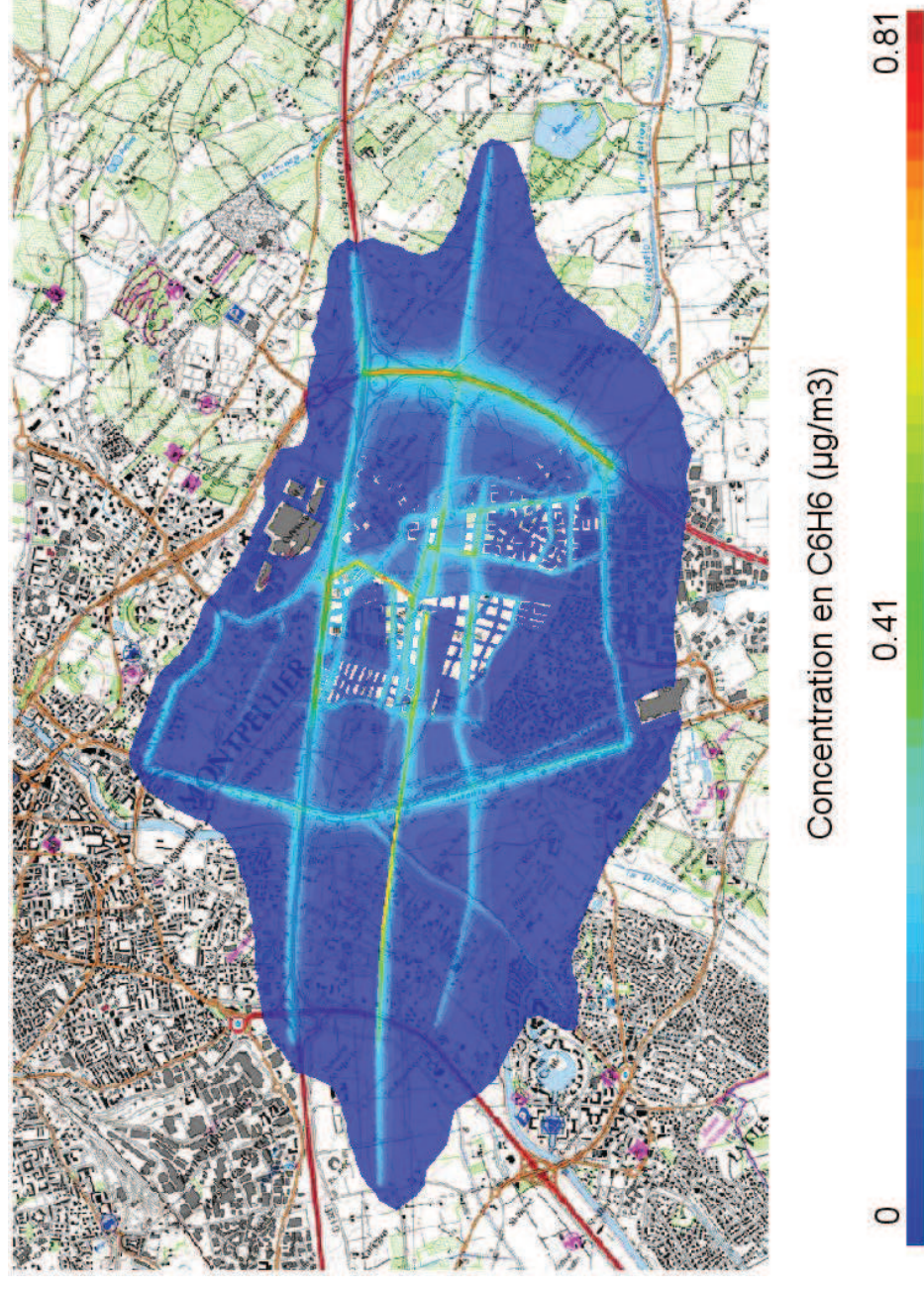


Figure 57: Contours de concentration pour le benzène (entre 0 et le maximum) pour H3

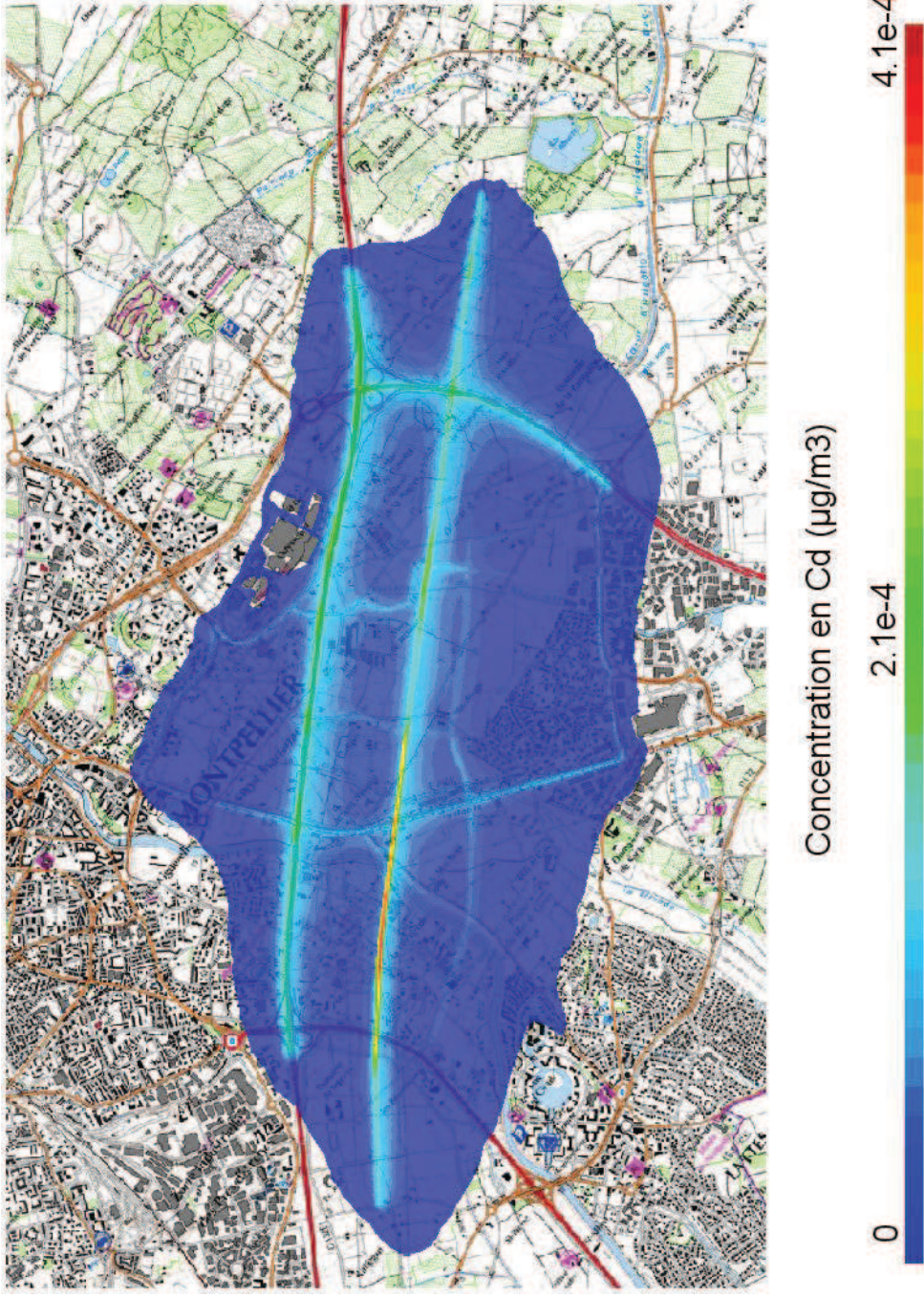


Figure 58: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum) pour H2

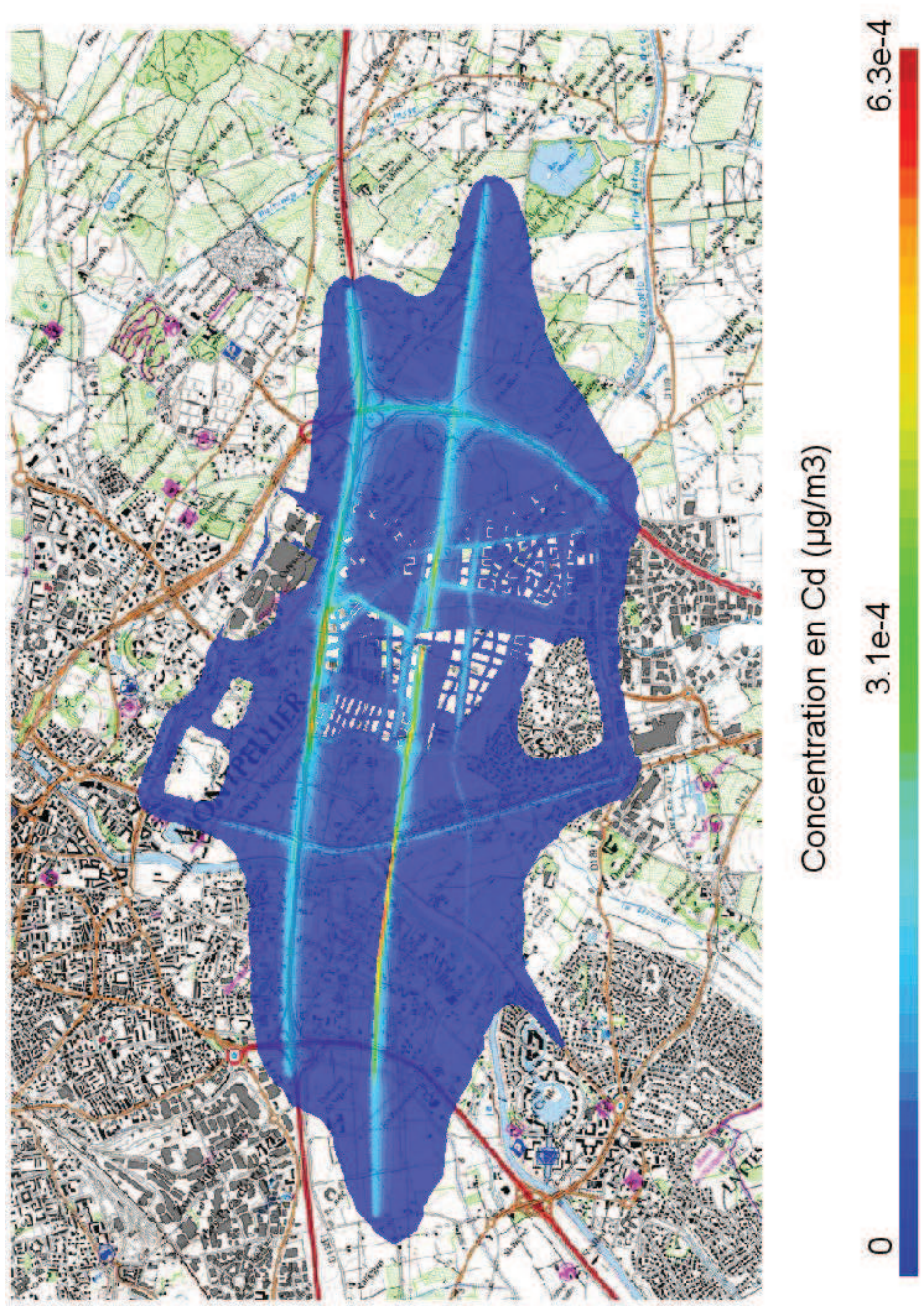
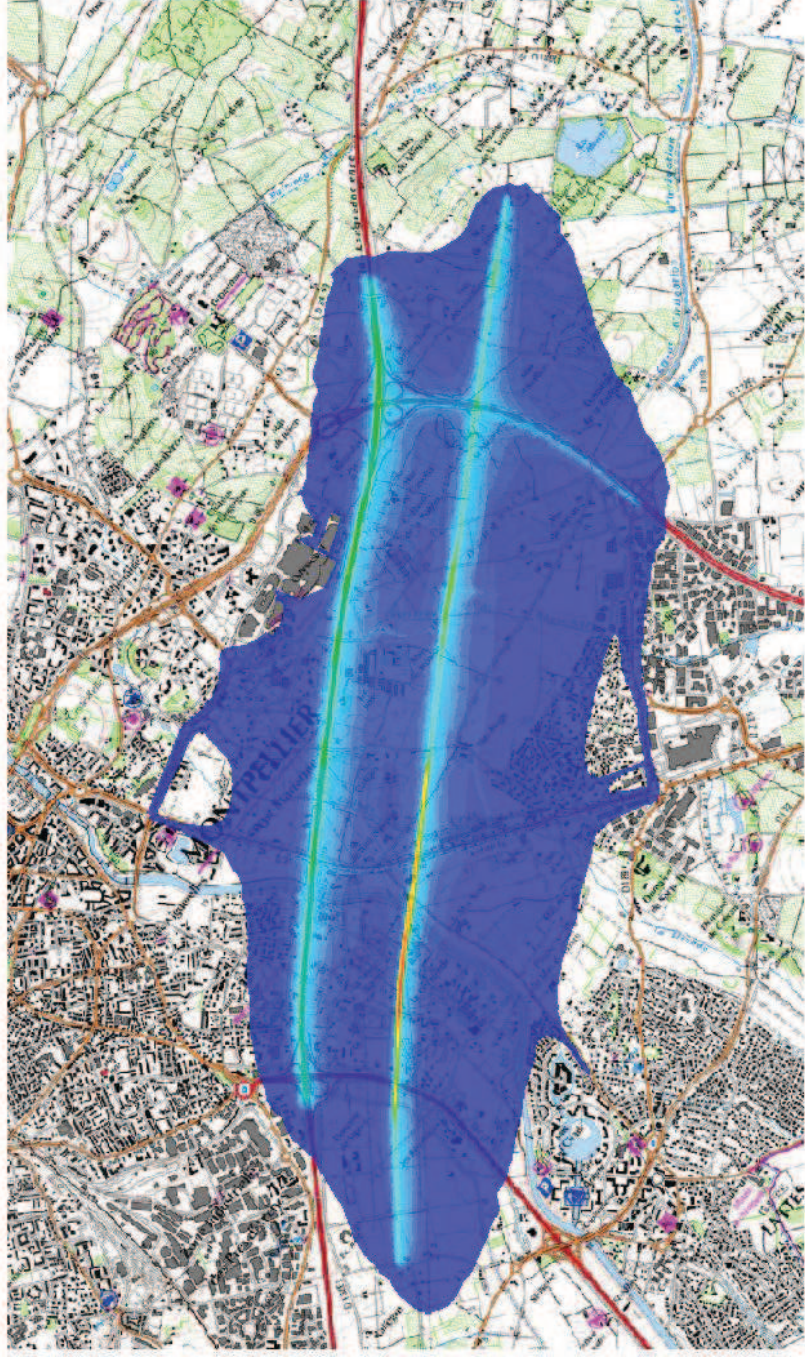


Figure 59: Contours de concentration pour le cadmium (entre 0 et le maximum) pour H3



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



Figure 60: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum) pour H2



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



Figure 61: Contours de concentration pour le monoxyde de carbone (entre 0 et le maximum) pour H3

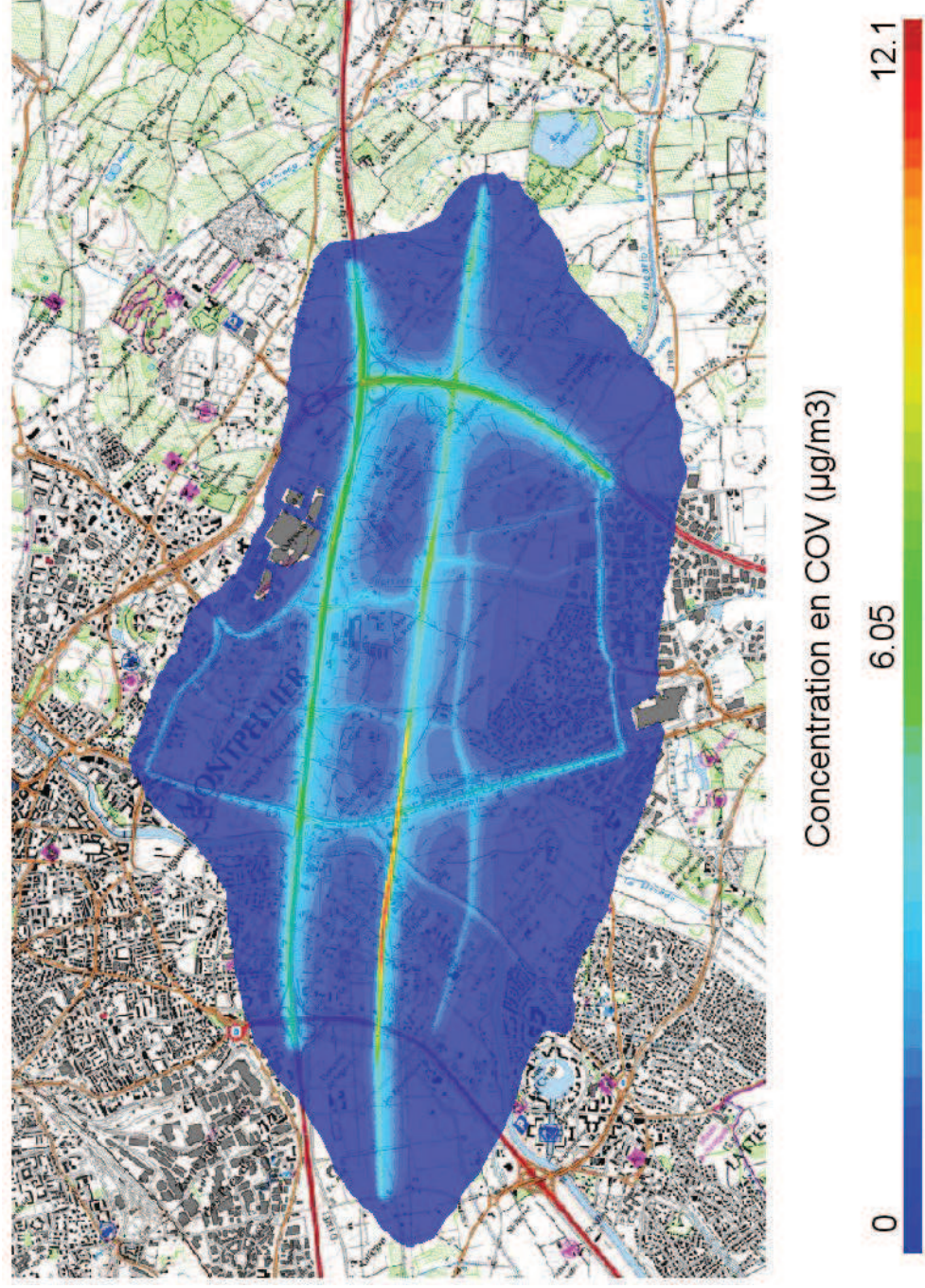


Figure 62: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum) pour H2

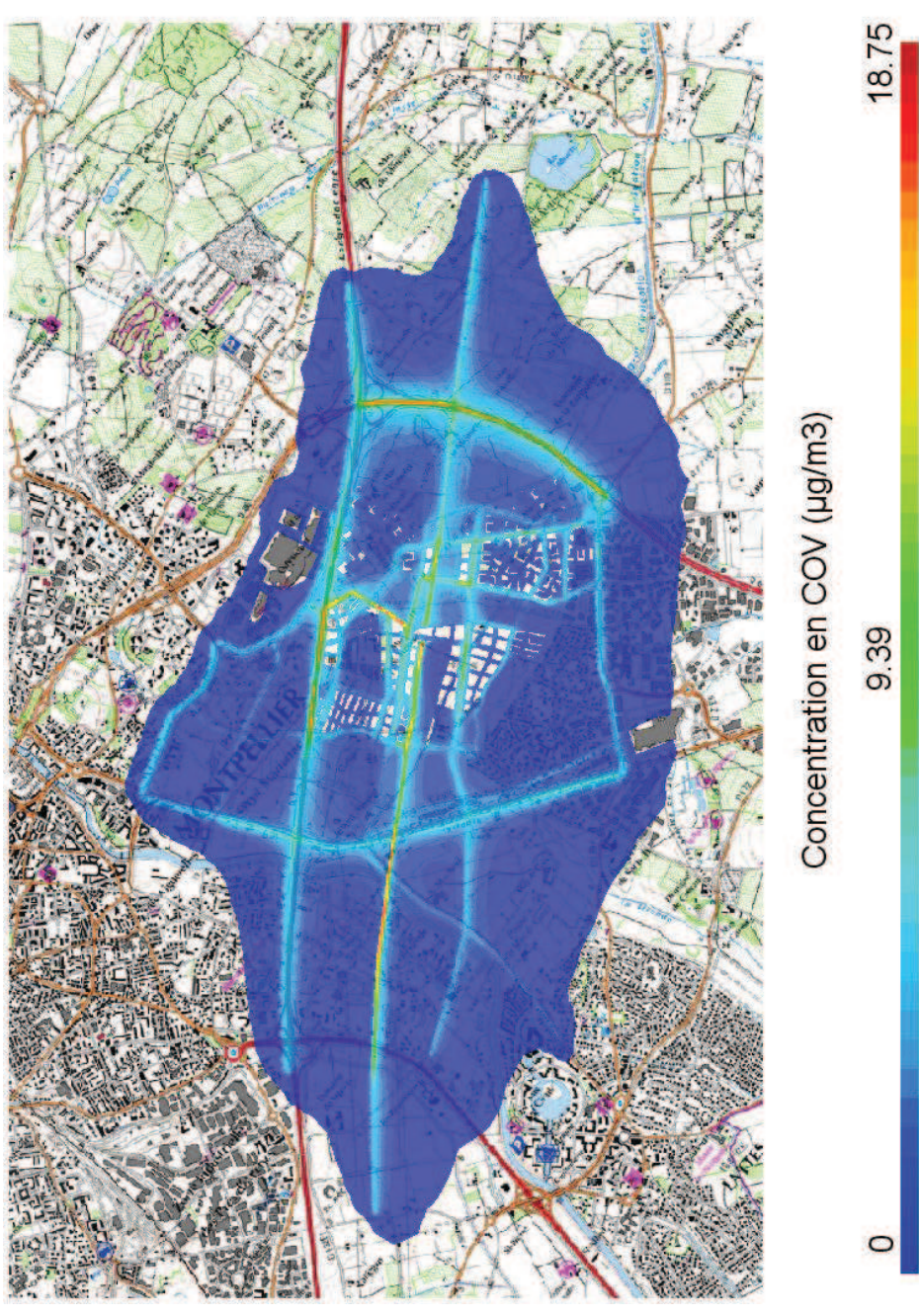


Figure 63: Contours de concentration pour les COV (entre 0 et le maximum) pour H3

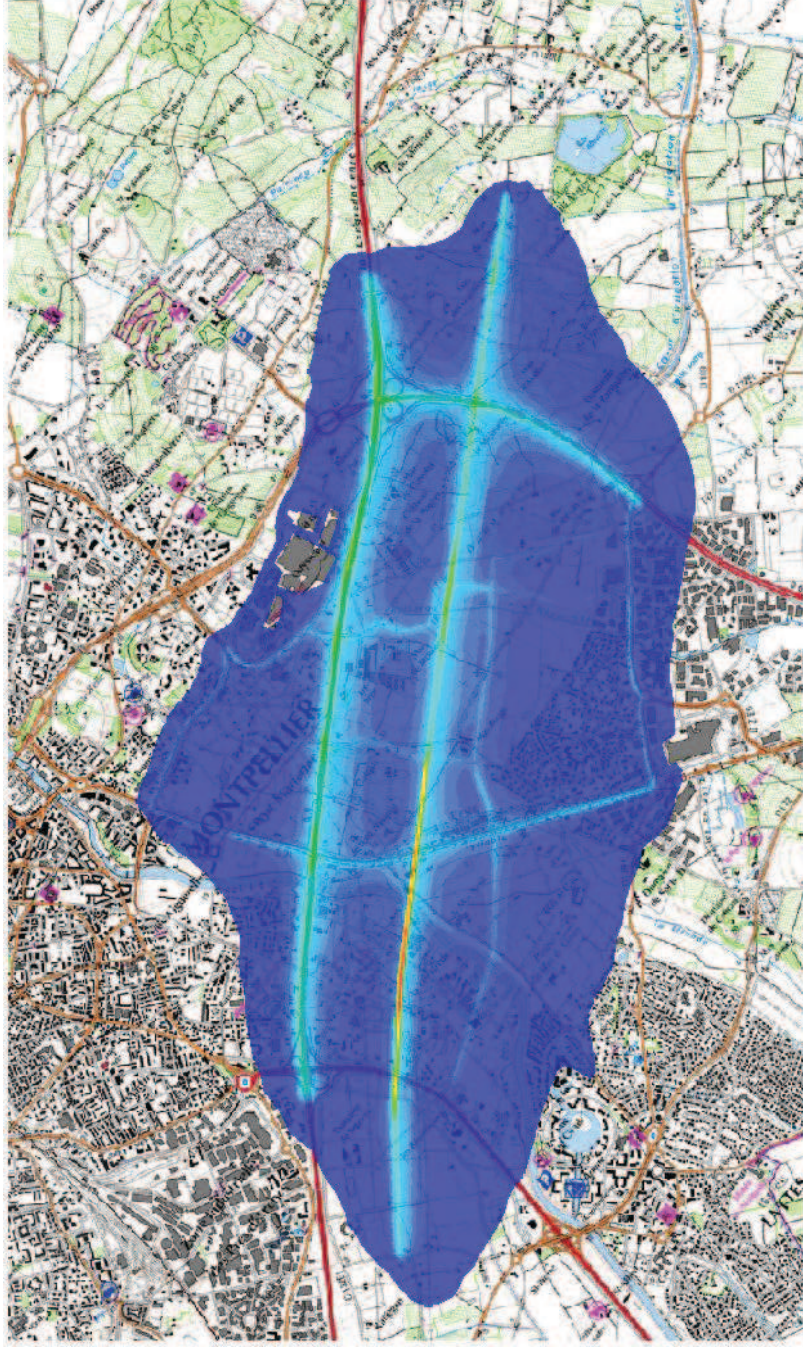


Figure 64: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum) pour H2



Figure 65: Contours de concentration pour le nickel (entre 0 et le maximum) pour H3

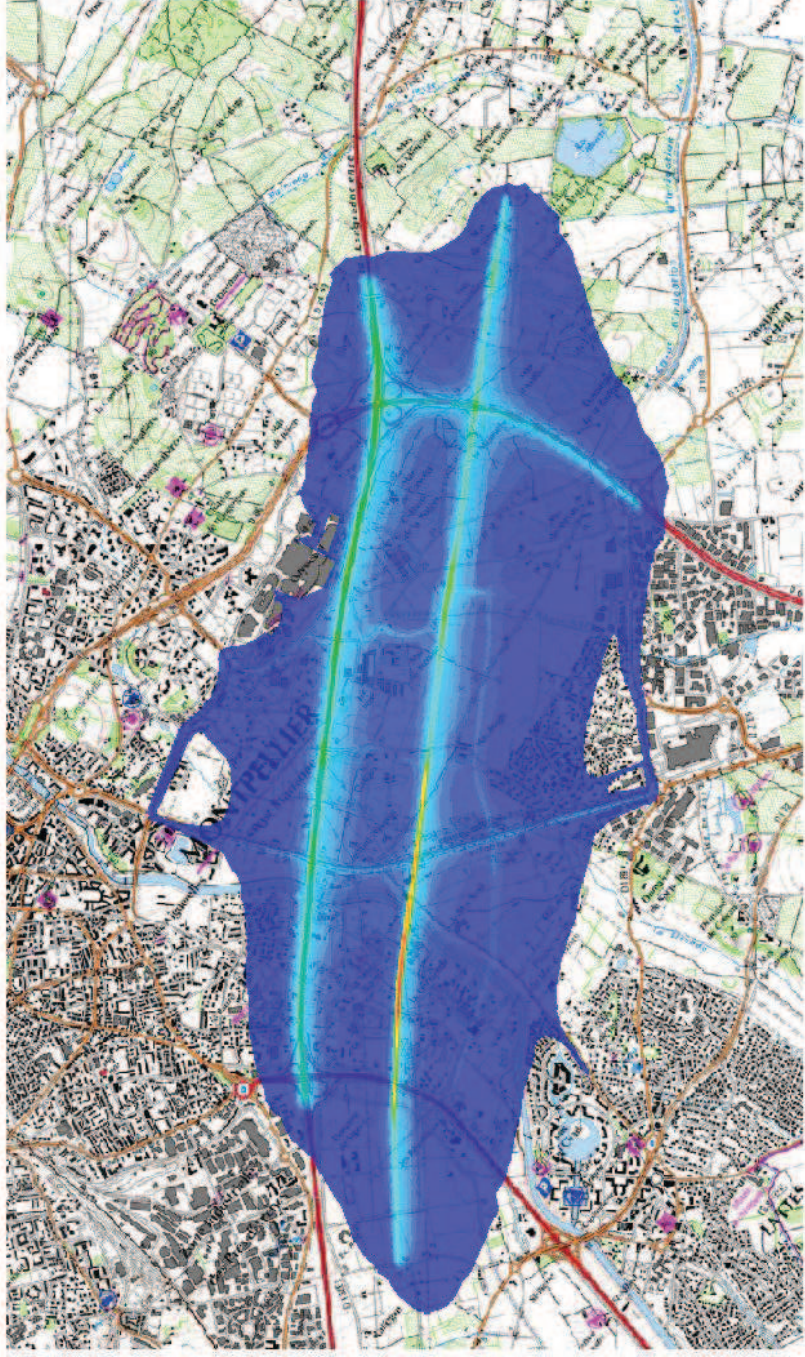
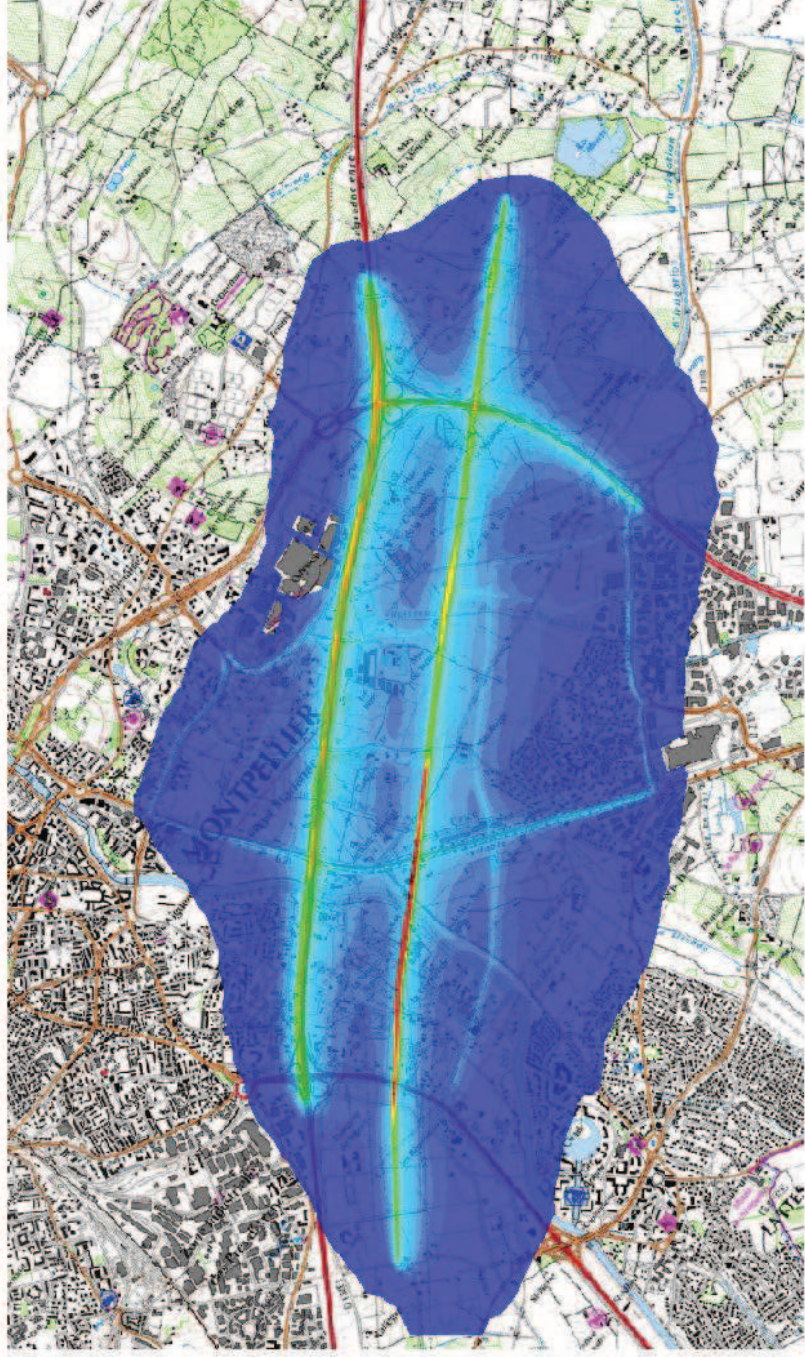


Figure 66: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le maximum) pour H2



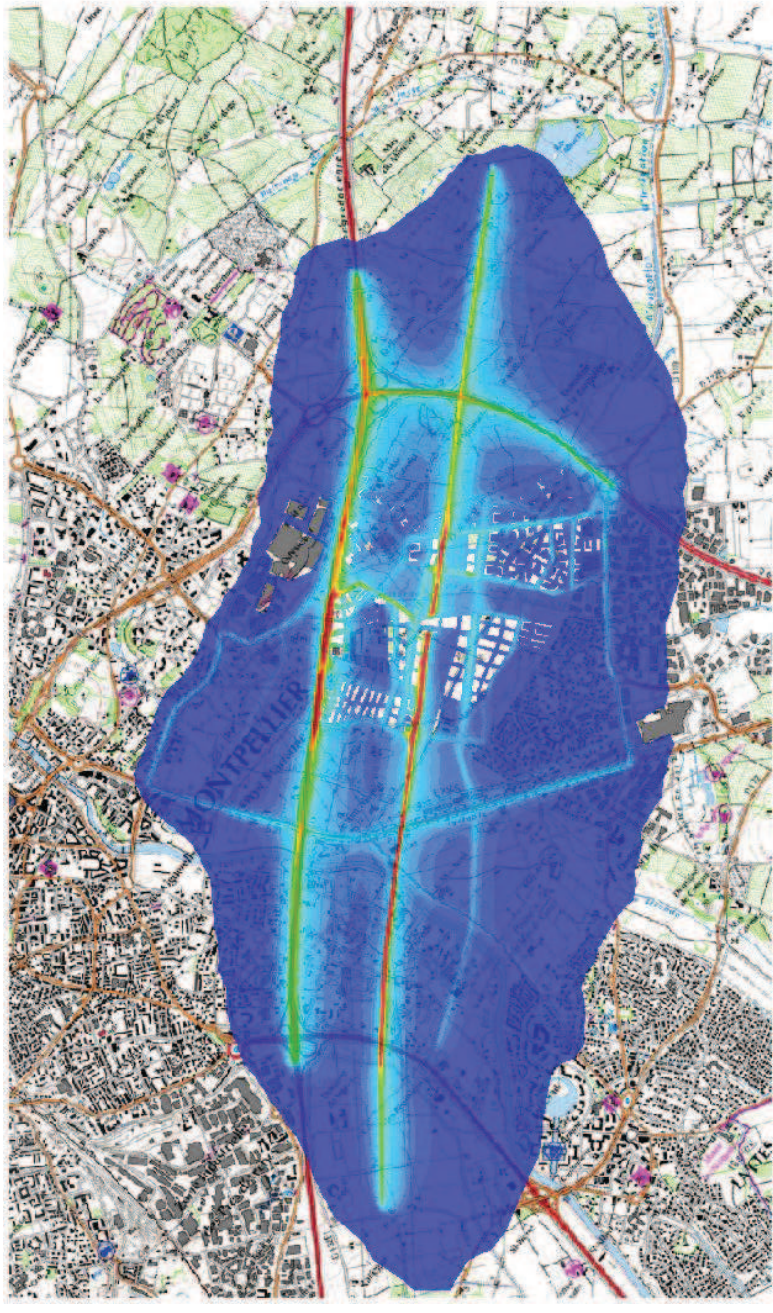
Figure 67: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le maximum) pour H3



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



Figure 68: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le seuil) pour H2



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



Figure 69: Contours de concentration pour le dioxyde d'azote (entre 0 et le seuil) pour H3

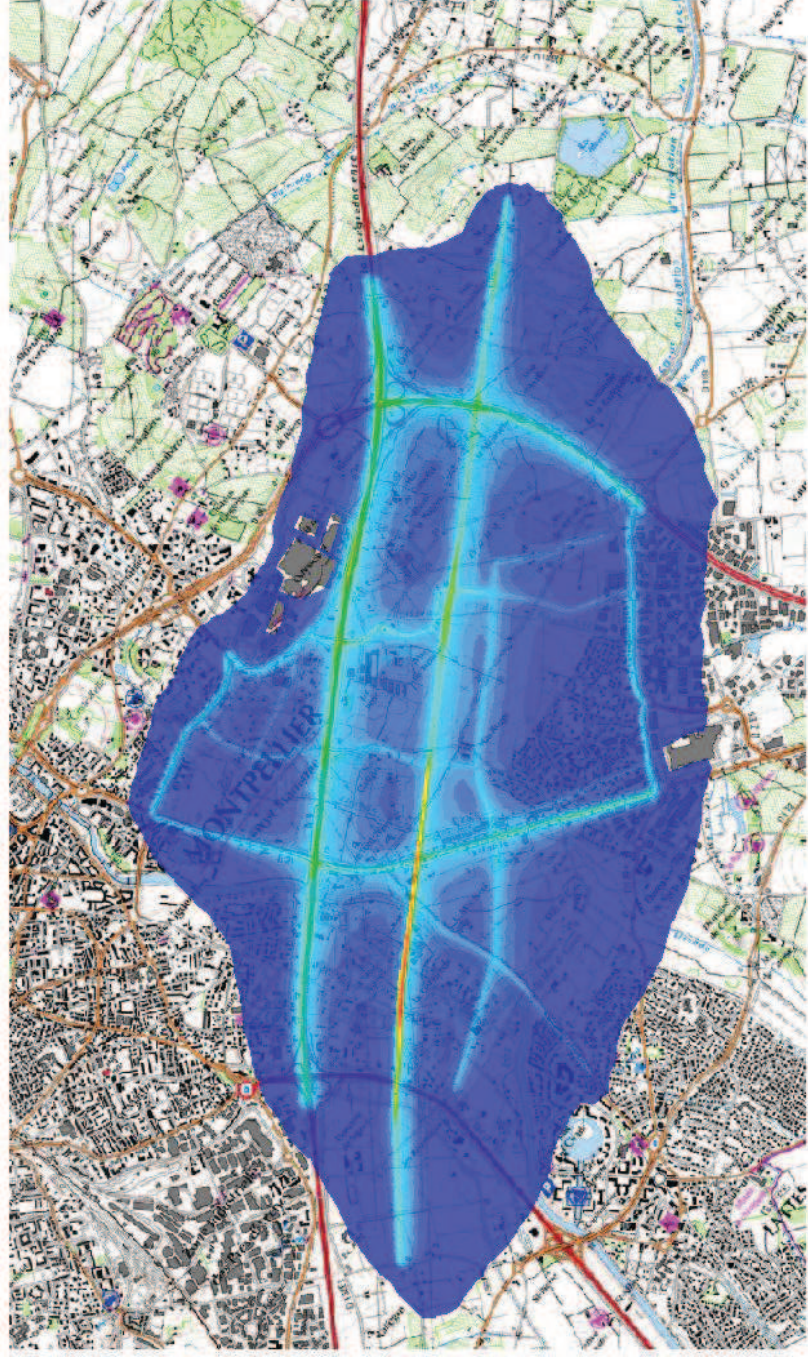


Figure 70: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) pour H2



Figure 71: Contours de concentration pour les Pm10 (entre 0 et le maximum) pour H3





Figure 72: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) pour H2



Figure 73: Contours de concentration pour le dioxyde de soufre (entre 0 et le maximum) pour H3