



Surveillance de la qualité de l'air en région Centre

## Qualité de l'air

# Requalification du boulevard Jean Jaurès

## Ville d'Orléans

Décembre 2010

**Lig'Air - Surveillance de la qualité de l'air en région Centre**

3 rue du Carbone - 45 100 ORLEANS

Tél : 02.38.78.09.49 - Fax : 02.38.78.09.45 - Courriel : [ligair@ligair.fr](mailto:ligair@ligair.fr) - Site internet : [www.ligair.fr](http://www.ligair.fr)



# Sommaire

<b>Sommaire .....</b>	<b>2</b>
<b>Avertissement .....</b>	<b>3</b>
<b>Glossaire .....</b>	<b>3</b>
<b>Introduction et cadre de l'étude .....</b>	<b>4</b>
<b>I – Méthodologie et données primaires utilisées .....</b>	<b>5</b>
<b>I-1 Méthodologie .....</b>	<b>5</b>
<b>I-2 Données générales d'entrée du modèle .....</b>	<b>5</b>
<b>II – Méthodologie de calcul des émissions sur la zone d'étude du boulevard Jean Jaurès .....</b>	<b>9</b>
<b>II-1 Méthodologie dans la situation actuelle .....</b>	<b>9</b>
<b>II-2 Méthodologie dans la situation après travaux.....</b>	<b>15</b>
<b>III - Résultats des simulations réalisées sur la zone d'étude</b>	<b>20</b>
<b>III-1 Cartographie des concentrations de NO<sub>2</sub> en moyenne annuelle dans la situation actuelle .....</b>	<b>20</b>
<b>III-2 Cartographie des concentrations de NO<sub>2</sub> en moyenne annuelle dans la situation après travaux .....</b>	<b>21</b>
<b>III-3 Cartographie des écarts de concentrations de NO<sub>2</sub> en moyenne annuelle entre les 2 situations avant et après travaux .....</b>	<b>22</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>24</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>25</b>

## Avertissement

Toute utilisation en tout ou partie de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Lig'Air.

Lig'Air ne saurait être tenue pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou l'utilisation des informations faites par un tiers.

## Glossaire

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

ADMS : Atmospheric Dispersion Modelling System

ASPA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air pour la région Alsace

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

COPERT : COmputer Program to calculate Emission from Road Transport

ESMERALDA : EtudeS Multi RégionALEs De l'Atmosphère, résulte de l'étroite collaboration de 9 Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

GSP : Grande Source Ponctuelle

HPS : Heure de Pointe du Soir

NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote

OCARINA : Outil CARtographique INterrégional de la qualité de l'Air

PL : Poids Lourds

SCOT : Schéma de COhérence Territoriale

SIG : Système d'Information Géographique

SNAP : Selected Nomenclature for Air Pollution

SYMUL'AIR : SYstème de Modélisation Urbaine de la qualité de L'AIR

TGAP : Taxe Générale sur les Activités Polluantes

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

VP : Véhicules Particuliers

VUL : Véhicules Utilitaires Légers

## Introduction et cadre de l'étude

Dans le cadre du projet de requalification du boulevard Jean Jaurès au niveau de la trémie, la ville d'Orléans a sollicité Lig'Air pour réaliser une étude sur les effets de la modification de cet aménagement sur la qualité de l'air.

Pour répondre à cette demande, Lig'Air a réalisé deux simulations numériques décrivant les concentrations du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)<sup>1</sup> avant et après les travaux de requalification du boulevard Jean Jaurès. Chaque simulation est réalisée à l'échelle annuelle, afin d'estimer les concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> qui seront directement comparées à la valeur limite annuelle de ce polluant en tout point de la zone d'étude.

Les effets positifs ou négatifs de cet aménagement, sont mis en évidence sur la zone d'étude, à l'aide de cartographies représentant les écarts entre les concentrations obtenues avant et après les travaux.

---

<sup>1</sup> Le dioxyde d'azote est considéré comme le principal polluant traceur de la circulation automobile. Ses concentrations dans l'air ambiant sont réglementées (annexe 1).

# I – Méthodologie et données primaires utilisées

## I-1 Méthodologie

La présente étude est réalisée avec le modèle ADMS Urban (Atmospheric Dispersion Modelling System) adapté au calcul des concentrations du dioxyde d'azote en milieu urbain (annexe 2).

Ce modèle est utilisé par Lig'Air pour la prévision et le diagnostic de la qualité de l'air sur les agglomérations d'Orléans (<http://static.ligair.fr/urbanair/orleans/>) et de Tours (<http://static.ligair.fr/urbanair/tours/>). Les résultats des prévisions de la qualité de l'air sur ces deux agglomérations et en particulier sur l'agglomération orléanaise, sont directement mis à la disposition du public sous forme de cartographie d'indice Atmo (figure 1) ou de concentration de polluant.

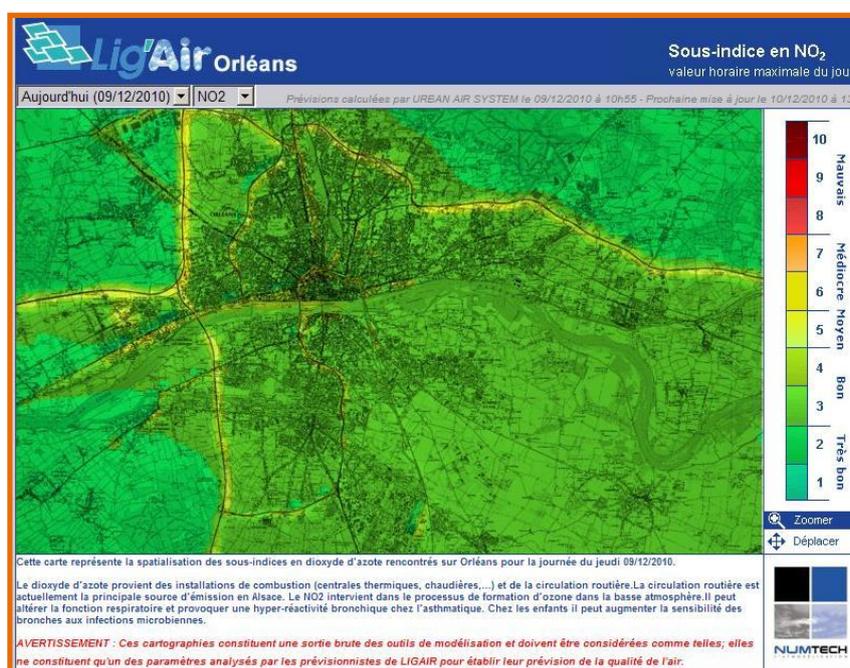


Figure 1 : Exemple de cartographie de sous-indice NO<sub>2</sub> mis en ligne sur le site de Lig'Air pour l'agglomération orléanaise

En mode diagnostic et expertise, Lig'Air utilise sa plateforme de modélisation urbaine « SYMUL'AIR » dont le cœur de calcul est le modèle ADMS Urban. Les concentrations délivrées par la plateforme SYMUL'AIR sont la résultante d'un ensemble d'interactions physico-chimiques. Exigeant ainsi l'alimentation de la plateforme d'un grand nombre de données primaires allant de la description de l'état de l'atmosphère pendant la période de la simulation jusqu'à la configuration des rues présentes dans la zone d'étude.

## I-2 Données générales d'entrée du modèle

Il y a 3 grandes catégories de données d'entrées nécessaires au modèle :

- Les données géographiques (définition de la zone d'étude, topographie, configuration des rues)
- Les données météorologiques (direction et vitesse du vent, température, hauteur de couche limite, etc. ...)

- Les données d'émissions (industrielles, résidentielles/tertiaires, trafic routier...).

A cela, s'ajoute aussi la pollution de fond, autrement dit la quantité de pollution importée des zones limitrophes.

Le schéma de la figure 2 décrit le système de modélisation dans son ensemble avec ses données d'entrée et de sortie.

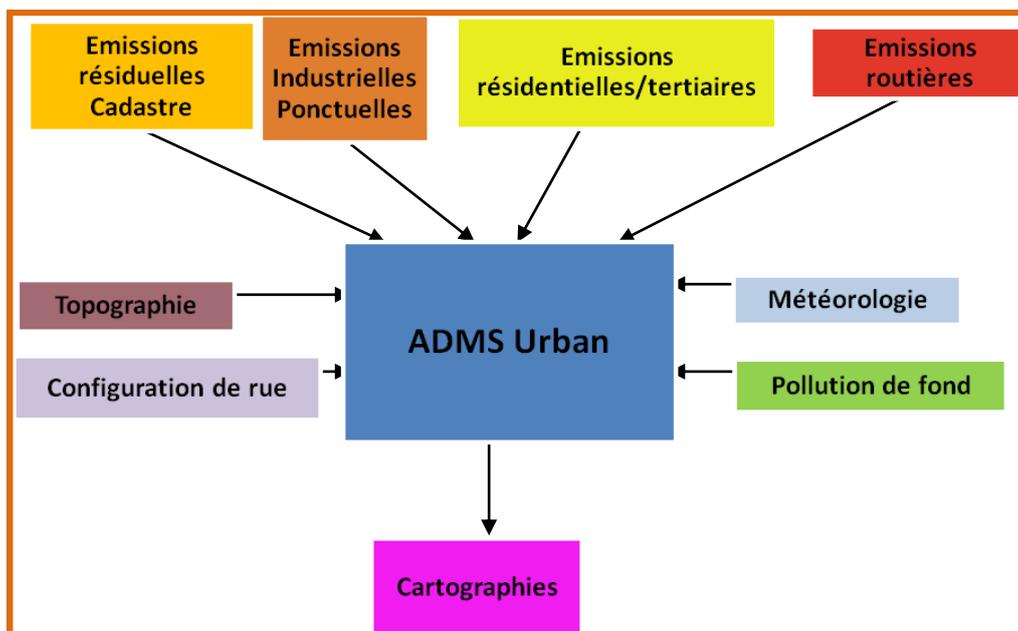


Figure 2 : Schéma du système de modélisation d'ADMS Urban

### **I-2-1) Les données géographiques**

Compte tenu du caractère essentiellement local du polluant étudié, le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, la taille de la zone d'étude a été choisie comme un rectangle de 1100 sur 1400 m centrée sur le boulevard Jean Jaurès (figure 3, Zone A).

Afin de tenir compte des influences périphériques, les émissions prises en compte sont localisées dans une plus vaste zone rectangulaire de 2000 sur 2500 m (figure 3, Zone B).

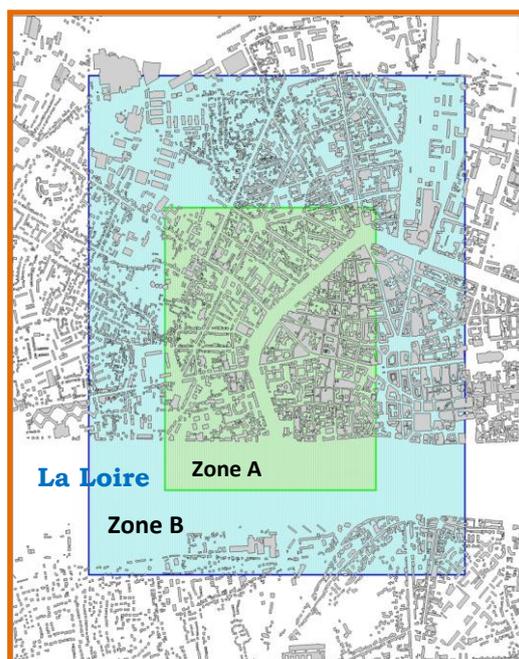


Figure 3 : Zone d'émission en bleu et zone d'étude en vert

Sur cette zone d'étude, le relief n'est pas marqué (environ 15 m de dénivelé entre la Loire et le nord de la zone), ce qui permet, afin d'alléger aussi le temps de calcul, de ne pas tenir compte de la topographie pour le calcul météorologique et de dispersion.

Par contre, la pente de certaines rues (jusqu'à plus de 3%) a été introduite dans le calcul des émissions car celle-ci peut jouer un rôle non négligeable.

La configuration de la rue est un élément important pour le calcul au plus près des concentrations des polluants notamment dans le rôle aggravant joué par l'aspect canyon de certaines rues.

Pour chaque rue, le nombre de voies, la largeur, la pente, la hauteur des bâtiments adjacents ont été pris en compte. Ces informations sont issues de la BD Topo de l'IGN et confirmé par la vue des images issues de Google Earth.

Dans le cadre de cette étude, les deux simulations sont réalisées avec les mêmes données géographiques sauf pour les rues dont la configuration sera changée comme c'est le cas du boulevard Jean Jaurès. Pour ces rues, les simulations tiennent compte de l'évolution des configurations.

### **I-2-2) Les données météorologiques**

Afin de permettre le calcul de la dispersion des polluants, le modèle ADMS a besoin comme données d'entrée d'un certain nombre de paramètres météorologiques dont la direction et la vitesse du vent, la température, les précipitations mais aussi des paramètres caractérisant l'état dispersif ou non des basses couches de l'atmosphère. Le choix des données météorologiques s'est porté sur les sorties du modèle MM5 (annexe 3) qui offre l'avantage de décrire l'état de l'atmosphère sur plusieurs niveaux et de fournir entre autres deux paramètres importants : la hauteur de couche de mélange et la longueur de Monin-Obhukov. Ces 2 grandeurs permettent de caractériser assez précisément l'état des basses couches de l'atmosphère au-dessus du sol et décrire ainsi l'intensité de la dispersion atmosphérique des polluants.

Dans le cadre de cette étude, les données météorologiques utilisées sont celles de l'année 2009 pour les deux simulations. Par conséquent, les éventuels écarts des concentrations calculées avant et après travaux, ne peuvent pas être attribués aux conditions météorologiques. Les statistiques de ces données ainsi que la rose des vents sont présentés en annexe 3.

### **I-2-3) Les données d'émissions**

Chaque simulation tient compte de l'ensemble des émissions dans les zones d'étude et d'influence (figure 3, zones A et B).

Les sources d'émissions sont issues de l'inventaire de Lig'Air pour l'année de référence 2005.

Elles correspondent aux émissions issues du secteur résidentiel (chauffage et production d'eau chaude sanitaire), secteur tertiaire, secteur industriel ainsi que le secteur routier.

Pour le secteur industriel, aucune Grande Source Ponctuelle (GSP) soumise à la TGAP (Taxe Générale sur les Activités Polluantes) n'est incluse dans la zone d'étude. La chaufferie urbaine de la SODC est la plus proche mais elle est située en dehors de la zone d'étude.

Pour le secteur résidentiel/tertiaire, les émissions ont été introduites sous forme de sources volumiques dans ADMS. La taille de la maille a été réduite à 500 m afin de représenter la finesse de l'occupation des zones bâties (cette taille de 500 m correspond à la taille des petits îris en centre-ville) et la hauteur du volume a été définie comme la hauteur moyenne (valeur supérieure à 3 m) des bâtiments contenus dans la maille issue de la BD Topo. Il a été généré 24 sources volumiques émettrices dont la hauteur varie entre 3 et 15 m avec une moyenne de 9 m.

Enfin, le reste des émissions de polluants issus des autres secteurs d'activités, autres que le secteur routier, a été pris en compte de façon globalisée dans des mailles de 500 m de côté. Les données sont issues de l'inventaire régional réalisé par Lig'Air pour l'année de référence 2005 (Rapport « Inventaire des émissions en région Centre Année 2005 » téléchargeable à l'adresse : <http://www.ligair.fr/publication-et-outils-pedagogiques/inventaire-des-emissions>).

A l'exception des émissions dues au secteur routier, les émissions des autres secteurs sont inchangées entre les simulations avant et après travaux. Les émissions du secteur routier ont été recalculées pour chaque simulation en tenant compte des modifications susceptibles de modifier le trafic et son intensité entre l'état actuel et l'état après travaux. Ces modifications sont détaillées dans le paragraphe II du présent rapport.

#### **I-2-4) La pollution de fond**

Dans le système de modélisation, il faut aussi introduire une concentration de fond apparaissant en intrants dans la masse d'air arrivant aux bords de la zone d'étude. Les émissions de polluants générés sur la zone d'étude s'ajoutent à cette concentration de fond. Il est donc bien évident que cette concentration de fond est indispensable pour la plupart des polluants comme le dioxyde d'azote en particulier dont la concentration en un lieu donné n'est pas entièrement générée par les émissions locales mais dépend aussi de la charge en ces polluants de la masse d'air initiale.

Dans cette étude, le choix a été fait, de prendre comme base de concentration de fond des oxydes d'azote pour chaque heure, la moyenne des concentrations de fond prévues par la plateforme ESMEALDA des communes situées aux 4 points cardinaux de l'agglomération orléanaise. A cette moyenne nous avons ajouté 2 µg/m<sup>3</sup> issus du calage du modèle sur la moyenne annuelle mesurée à la station Gambetta de Lig'Air. Cette concentration de fond est maintenue constante entre les deux simulations.

## II – Méthodologie de calcul des émissions sur la zone d'étude du boulevard Jean Jaurès

### II-1 Méthodologie dans la situation actuelle

Le secteur routier est à l'origine d'une grande partie des émissions de nombreux polluants primaires, dont le NO<sub>2</sub>.

#### II-1-1) Les données d'émissions routières

##### II-1-1-a Création des sources routières

Avant de pouvoir calculer les émissions routières, il faut créer ces sources en les dessinant d'après la table TRONCON\_ROUTES dans BD Topo version 1. Il est nécessaire de les redessiner car les sources routières dans ADMS doivent être uniquement des segments droits et leur création doit tenir compte de l'environnement extérieur (comme la présence de bâtiments adjacents dans le cas de rue canyon) ce qui n'est pas le cas des routes dans BD Topo qui sont des polygones complexes et qui ne tiennent pas compte de cet environnement extérieur. Pour calculer les émissions dues au trafic routier, il faut disposer d'un certain nombre de données brutes qui ont été rassemblées dans une table :

- le réseau routier sous forme cartographique constitué de lignes,
- ses 4 coordonnées, sa longueur, son nombre de voies, sa largeur, sa hauteur par rapport au sol, la hauteur moyenne des bâtiments adjacents, sa pente en %,
- le nombre de véhicules avec, si possible, la répartition selon la catégorie de véhicule (poids lourds, bus, autocars) circulant sur chaque rue, en moyenne pour une journée (TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel),
- la vitesse autorisée (considérée comme vitesse maximum) des véhicules circulant sur chaque voie,
- la part des véhicules circulant avec un moteur froid sur chaque voie.

##### II-1-1-b Données brutes concernant le trafic routier

Afin de renseigner dans cette table, le champ du trafic routier en TMJA, nous avons utilisé les différentes sources mises à notre disposition par la Ville d'Orléans pour cette étude et celles dont nous disposions au préalable.

En novembre 2010, Lig'Air disposait des données suivantes concernant le trafic sur l'agglomération orléanaise :

- Rapport « Orléans - requalification des mails section boulevard Rocheplatte-La Loire » d'Avril 2007 réalisé par INGEDIA (Source ①)
- Rapport « Comptages routiers automatiques sur le boulevard Jean Jaurès des semaines 22 et 23 de l'année 2010 » de Juin 2010 réalisé par IPROCIA (Source ②)

- Rapport « Suppression des trémies sur le boulevard Jean Jaurès : carrefours Saint-Jean et Madeleine - Etude de circulation » d'avril 2009 réalisé par Ceryx Traffic System (Source ③)
- Rapport « Impacts circulatoires sur le corridor en phase de travaux en 2010 et après la mise en service en 2015 - 1<sup>ère</sup> phase calage du modèle de trafic en situation actuelle » d'avril 2009 réalisé par la DDE et le CETE (Source ④)
- Rapport « Impacts circulatoires sur le corridor en phase de travaux en 2010 et après la mise en service en 2015 - 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> phases prévision de trafic en phase de travaux et après la mise en service » de Juillet 2009 réalisé par la DDE et le CETE (Source ⑤)
- Rapport « Etude de circulation insertion CLEO » de février 2009 réalisé par Ceryx Traffic System (Source ⑥)
- Rapport « Etude d'impact Requalification du boulevard Jean Jaurès » de Juillet 2010 réalisé pour le compte de la Ville d'Orléans (Source ⑦)
- Valeurs du TMJA sur les grandes voies pénétrantes de l'agglomération (carte du trafic routier du Conseil Général du Loiret sur les autoroutes, routes nationales et départementales disponibles pour chaque année depuis 2000) (Source ⑧)
- Valeur du TMJA sur certaines grandes voies (Observatoire des Déplacements de l'Agglomération) (Source ⑨)

Les données mises à notre disposition sont sous format papier contenant des cartographies du trafic qu'il fallait géo-référencer (figures 4 à 6).

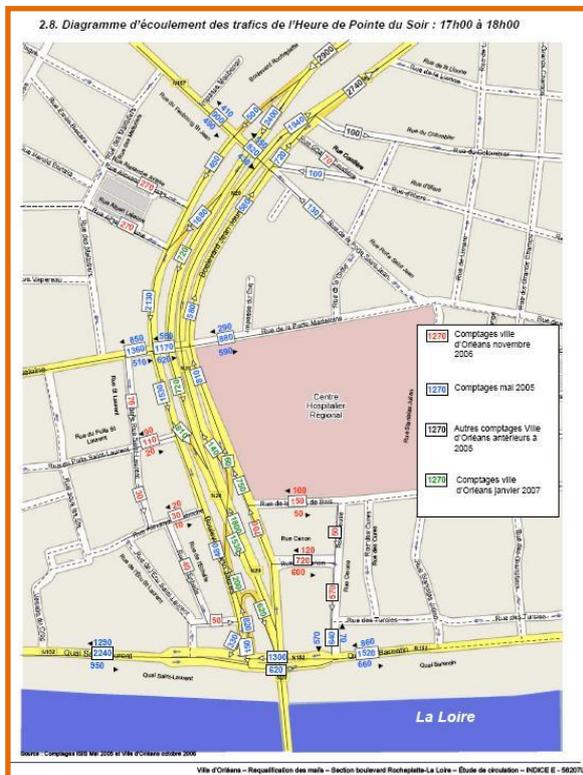


Figure 4 : Répartition du trafic en HPS (Source ④)

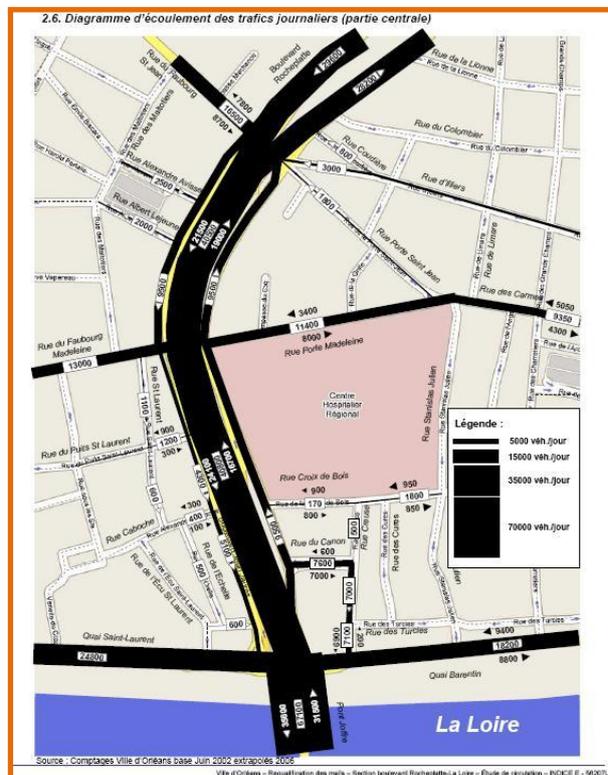
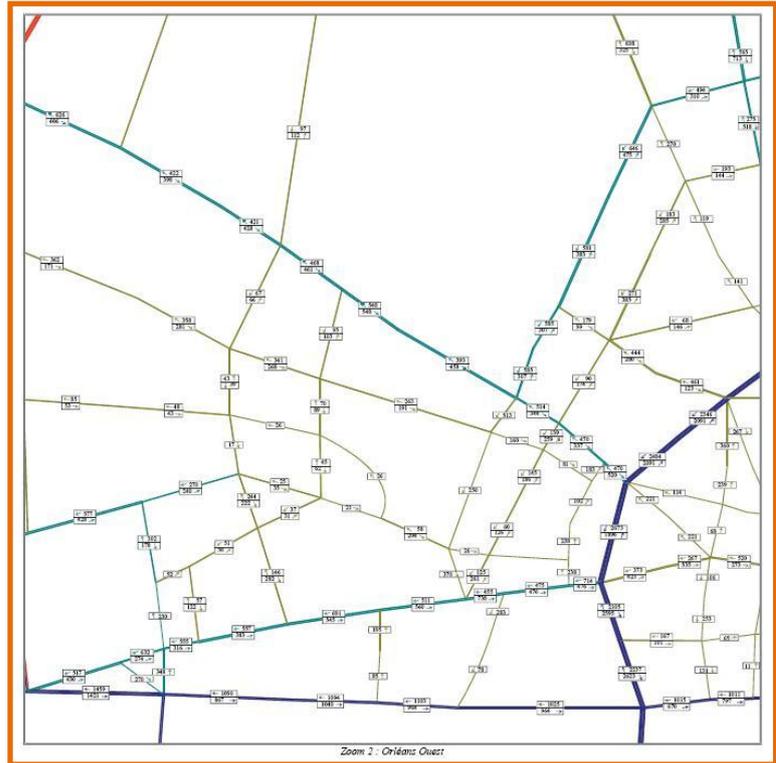


Figure 5 : Répartition du trafic en TMJA (Source ⑤)

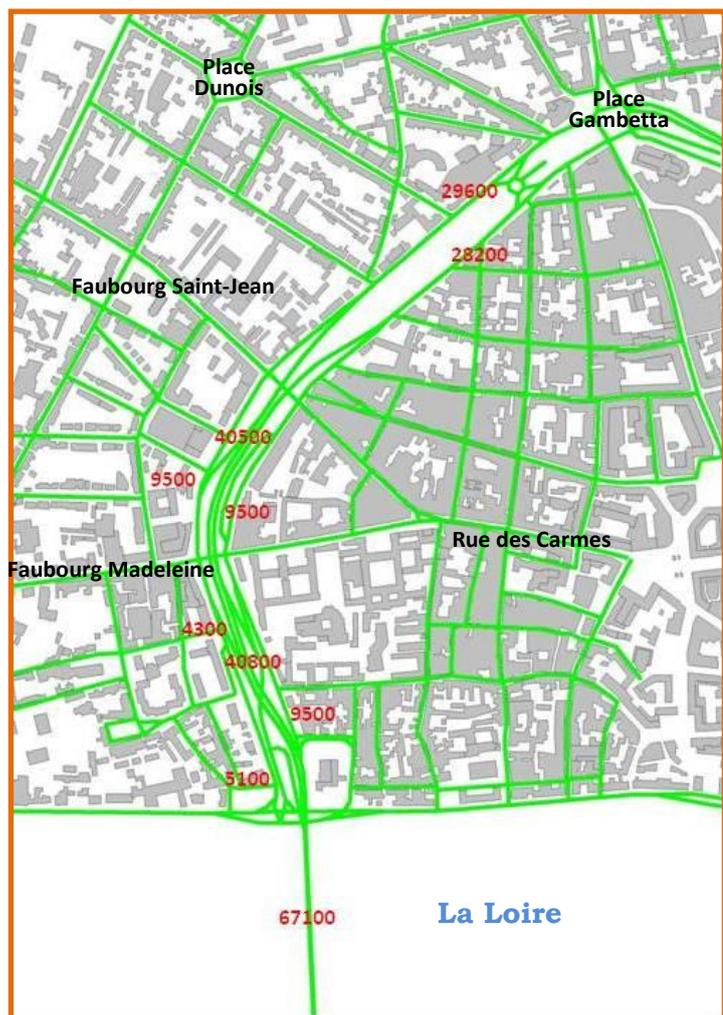


*Figure 6 : Répartition du trafic en HPS (sortie de modèle de trafic) sur la zone d'Orléans Ouest (Source @)*

Ce travail de création de la base de données a été effectué sous MapInfo en s'appuyant sur la base de données BD Topo de l'IGN et sur les photos aériennes (site Google Earth sur internet).

Le résultat de ce travail est une carte géo-référencée regroupant l'ensemble des données trafic sur la zone d'étude (figure 7).

Cette table comporte 780 brins routiers répartis en 455 sources distinctes, c'est-à-dire avec un trafic différent ou une configuration différente, ce qui constitue un réseau routier très complet.



*Figure 7 : Réseau routier pris en compte dans la modélisation.*

### II-1-1-c Mise à jour des champs de cette table pour chaque brin

Pour chaque brin :

- les 4 coordonnées et la longueur ont été obtenues par calcul à partir du SIG
- le nombre de voies a été déterminé avec le champ Nombre\_Voies de BD Topo qui a été corrélé et corrigé par la vue des photos aériennes de Google Earth
- la largeur a été déterminée avec le champ Largeur\_Chaussée de BD Topo qui a été corrélé et corrigé par la vue des photos aériennes de Google Earth
- la hauteur par rapport au sol (pour les ponts) a été estimée car le champ Position\_sol de BD Topo (renseigné par des -1, 0, 1) n'indique pas la hauteur du brin mais seulement sa position !
- la hauteur moyenne des bâtiments adjacents a été déterminée par le champ Hauteur de BD Topo qui a été corrélé et corrigé par la vue des photos aériennes de Google Earth.
- la pente en % à été obtenue par la formule :

$$\frac{(Z_{Fin} - Z_{Ini})}{longueur\_en\_metres} \times 100$$

à partir des champs Z\_Fin et Z\_Ini de BD Topo.

Le TMJA de chaque brin a été déterminé à partir de plusieurs documents et hypothèses.

Les TMJA donnés page 13 du rapport INGEDIA Avril 2007 (source ①) (figure 5) ont été intégralement reportés et ont servi de base de référence pour le calcul des TMJA sur les autres brins.

Pour les autres brins, les comptages à l'heure de pointe du soir HPS donnés page 17 (figure 4) ont été utilisés comme coefficient de distribution des TMJA aux intersections de 2 voies. Par exemple, dans le sens Nord-Sud au niveau du pont Joffre, le TMJA est de 24100 véhicules et de 35600 véhicules sur le pont ce qui induit que la bretelle d'accès à cette voie au niveau du pont doit apporter  $35600 - 24100 = 11500$  véhicules avec une HPS de 620. La partie du boulevard Jean Jaurès dans les sens Sud-Nord alimentant cette bretelle possède une HPS de 820, pour laquelle on calcule le TMJA de la façon suivante :  $11500 \times 820 / 620 = 15215$ . Cette voie remontant vers le nord avec une HPS de 200 par rapport à 820 ce qui donne un TMJA de  $15215 \times 200 / 820 = 3711$ . Faute de TMJA, cette méthodologie a été appliquée à chaque intersection quand cela était possible.

Pour les voies connexes en dehors de celles renseignées par ces figures, les HPS de la figure 6, issues de sortie de modèle de trafic ont été utilisées en considérant que ces valeurs représentaient 10,5% du TMJA.

Enfin pour les autres voies, les TMJA ont été estimés.

Le pourcentage des PL du rapport d'IPROCIA contenant les comptages ont été utilisés en faisant une moyenne sur les 2 semaines de mesure. Pour les autres voies dont cette variable était inconnue, elle a été estimée à 5% pour les grandes voies et de 0,5% à 1% sur les voies étroites.

Le pourcentage de bus a été calculé en utilisant les données disponibles sur le site internet de la SETAO (<http://www.reseau-tao.fr/images/plans/plan/index.html>).

Sur chaque tronçon de voie empruntée par les lignes de bus, on a sommé le nombre de bus de chaque ligne pour chaque type de jour (jours semaine hors vacances, samedi, dimanche et fêtes, vacances scolaires avec samedi). Ensuite une moyenne annuelle du nombre de bus a été calculée en tenant compte des vacances scolaires et de la typologie du jour en utilisant la formule suivante :

$$\text{Nb bus annuel} = \frac{170 \times \text{nb bus semaine hors vacances} + 38 \times \text{nb bus samedi} + 62 \times \text{nb bus dimanche} + 95 \times \text{nb bus vacances avec samedi}}{365}$$

Dans le cas d'une utilisation d'un pourcentage de PL mesuré, le pourcentage de bus calculé a été soustrait à ce pourcentage de PL mesuré afin d'éviter les doubles comptes dans le pourcentage PL introduit dans la modélisation.

Faute de données disponibles, le pourcentage d'autocars de tourisme a été supposé nul et il n'a pas été tenu compte des bus d'autres réseaux que la SETAO (par exemple Ulys, Transbeauce, ...).

Le pourcentage de véhicules utilitaires légers (VUL) ainsi que le pourcentage de 2 roues introduits dans le calcul des émissions est celui du parc roulant (en milieu urbain) national en 2008.

La vitesse autorisée qui sera la vitesse maximale a été prise généralement à 50 km/h sauf pour la zone 30 km/h du Faubourg Saint-Jean et fixé aussi à 30 km/h à l'approche des feux des carrefours importants (place Gambetta, Carrefour Saint-Jean, Carrefour Madeleine, quai Barentin et quai Saint-Laurent, entrée/sortie de parking et voie uniquement réservée aux bus à la sortie de la gare routière Place d'Arc).

La part des véhicules circulant à froid qui est une donnée nécessaire pour le calcul des émissions a été fixée à 41% (part généralement admise en ville) sauf pour les voies réservées aux bus (circulant moteurs chauds) où la part est fixée à 0%.

#### - Calcul des émissions routières

COPERT (Computer Program to calculate Emission from Road Transport <http://lat.eng.auth.gr/copert/>) est une méthodologie européenne permettant le calcul des émissions issues du transport routier. Les quantités de polluants émis par les véhicules sont évidemment liées aux valeurs limites qui leur sont imposées par la réglementation en vigueur lors de leur mise sur le marché mais aussi de nombreux facteurs comme la vitesse moyenne, la composition du carburant, la température extérieure (nous avons utilisé les données de 2009), le type de voie (Urbaine, Rurale, Autoroutière). Des résultats de mesures expérimentales sur bancs à rouleaux permettent d'établir des formules d'émissions unitaires ce qui conduit à la formule suivante pour les émissions totales pour chaque polluant :

$$\text{Emission totale} = \text{émission unitaire} \times \text{longueur du brin routier} \times \text{nombre de véhicules}$$

La méthodologie européenne COPERT version IV a été introduite dans l'outil Circul'Air développé par l'ASPA qui permet le calcul des émissions issues du transport routier avec un recalcul pour chaque source d'une vitesse horaire en fonction de la saturation de la circulation générée par la variation temporelle et la catégorie de la voie.

Le parc de véhicule utilisé est le parc national roulant en 2008 fourni par le CITEPA (parc le plus récent disponible) qui donne le pourcentage de véhicules roulant par type de voie sur 241 classes de véhicules selon une gamme d'années de mise en service, la catégorie, la motorisation, .... (les principales caractéristiques de ce parc en annexe 4).

Le calcul de cette variation temporelle est donné dans le paragraphe suivant.

#### - Calcul des variations temporelles d'émissions routières

Nous avons utilisé les profils des comptages horaires annuels (soit 8760 valeurs) pour quelques grandes voies de l'agglomération orléanaise fournis par le Conseil Général du Loiret pour les profils mensuels ainsi que les comptages réalisés par IPROCIA (Source ②) pour les profils horaires dont la méthodologie de calcul est donnée ci-dessous.

Le taux d'émission de la source mobile subit des variations horaires conditionnées par le flux de circulation. Cette variation temporelle a été prise en compte en déterminant un profil moyen journalier calculé à partir des données annuelles enregistrées sur les grandes voies de circulation de l'agglomération. On peut remarquer qu'une distinction a été faite sur les profils journaliers pour les jours ouvrés, les samedis et veilles de fêtes ainsi que pour les dimanches et fêtes. Ces profils ont été appliqués à l'ensemble des axes routiers simulés dans la zone d'étude.

Ceci permet de calculer pour chacune des 24 heures de la journée ( $H_i$ ) selon le type de jour (Jour Ouvré JO, Samedi et Veille de Fêtes SVF, Dimanche et Jour Férié DF), le ratio  $R_{H_i, Type Jour}$  du nombre de véhicules par rapport à la valeur du TMJA en appliquant la formule suivante pour un jour ouvré :

$$R_{H_i, JourOuvré} = \frac{\sum_{i=1}^{i=nb \text{ heures des jours ouvrés}} \text{Comptage}_{H_i, Jour \text{ ouvré}}}{TMJA_{\text{jour ouvré}}}$$

La figure 8 représente le profil journalier appliqué aux sources routières pour cette étude. Le profil mensuel est présenté sur la figure 9

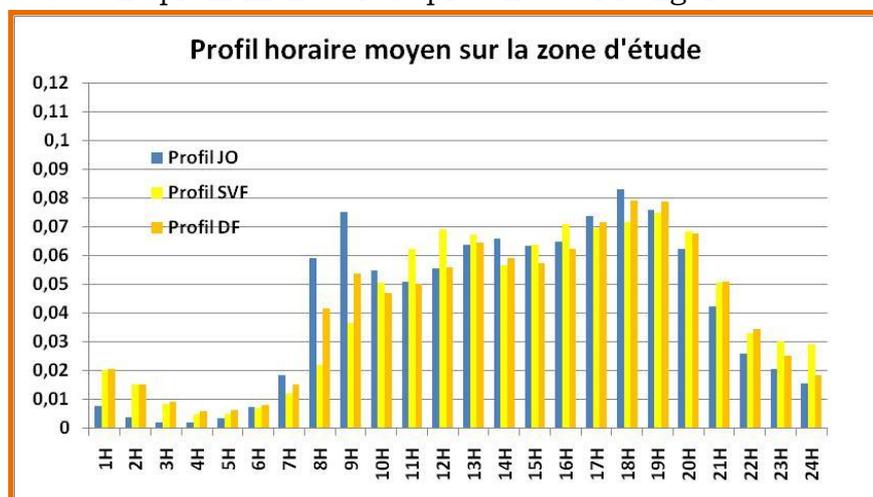


Figure 8 : Profil d'évolution horaire des émissions du trafic routier pour chaque type de jour

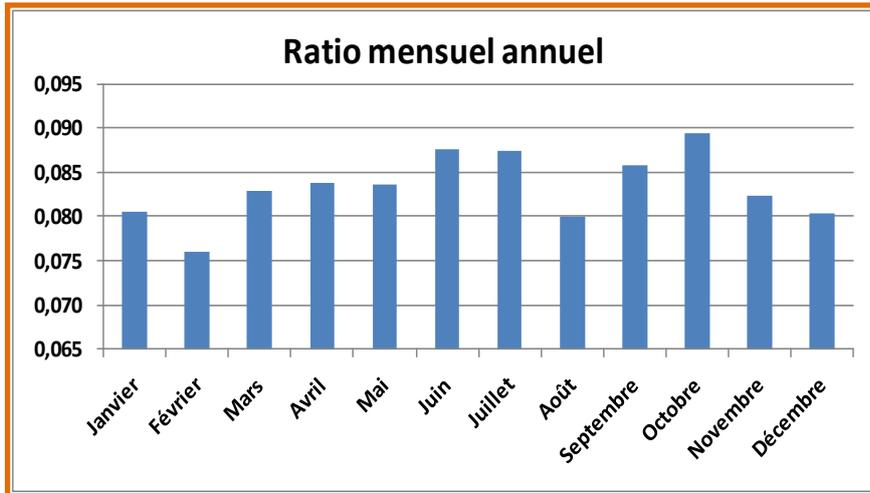


Figure 9 : Profil d'évolution mensuel des émissions du trafic routier.

## II-2 Méthodologie dans la situation après travaux

Le dessin des voies a été effectué à partir du plan général d'aménagement fourni par la Source ③ visible sur la figure 10 suivante. D'autres éléments proviennent aussi de l'étude d'impact (Source ⑦).

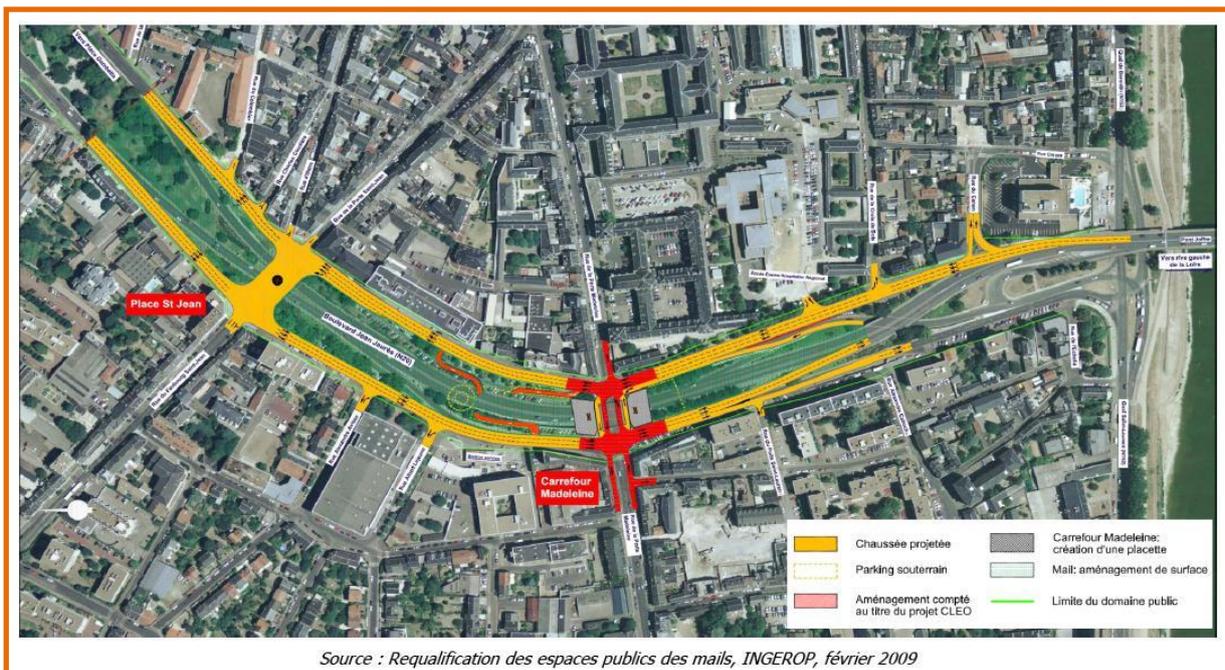
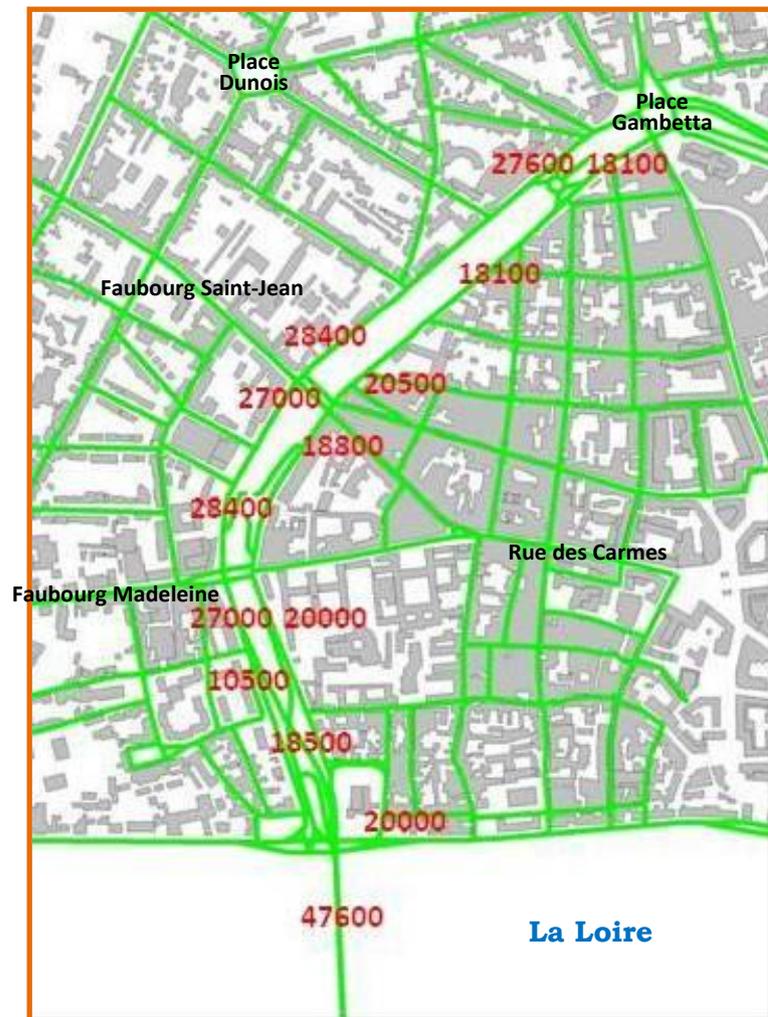


Figure 10 : Schéma d'aménagement des trémies du boulevard Jean Jaurès.

La démarche de création de la base de données « après travaux » a été la même que celle décrite dans le paragraphe précédent « avant travaux ».

Seules les données routières ont été modifiées. Afin de ne pas faire influencer d'autres facteurs, les données d'émissions du chauffage résidentiel et tertiaire et des autres secteurs d'activité contenus dans le cadastre n'ont pas été modifiées dans la partie de cette étude après travaux.

En revanche, il a fallu modifier le dessin dans la table routière puisque certaines voies auront disparu (trémies Jean Jaurès, bretelles des boulevards) après travaux et d'autres notamment l'entrée/sortie du parking souterrain Jean Jaurès et les places Madeleine et Saint-Jean seront créées (figure 11).



*Figure 11 : Réseau routier pris en compte dans la modélisation après travaux.*

Cette table comporte 740 brins routiers répartis en 443 sources distinctes, c'est-à-dire avec un trafic différent ou une configuration différente, ce qui constitue un réseau routier très complet.

Voici toutefois les modifications apportées au tracé initial :

- Nouveau boulevard Jean Jaurès :
  - Sa position a repris la position des boulevards extérieurs
  - Chaque sens a été mis à 3 voies, chacune de 3 m de largeur soit une largeur totale de 9 m
- Création des voies d'accès au nouveau parking souterrain Jean Jaurès
  - Utilisation des voies existantes du parking en contre allée dans le sens Sud-Nord comme entrée et sortie du parking souterrain coté hypercentre et création de 2 petits brins d'entrée de parking
  - Création de la sortie dans le sens NS du nouveau parking souterrain Jaurès

- Modification des rues du faubourg Madeleine, Porte Madeleine, des Carmes et du Baron
  - Rue du Faubourg Madeleine modifiée : 1 seule voie au lieu de 2 ; mise en zone 30 km/h ; réduction à 3 m de la largeur de la voie dans le cas non canyon (laissé identique dans le cas canyon, largeur entre les bâtiments adjacents)
  - Rue Porte Madeleine modifiée : 1 seule voie au lieu de 2
  - Rue des Carmes modifiée : 1 seule voie au lieu de 2
  - Rue du Baron modifiée : mise à 2 sens de circulation (2 voies)
  - En bas pour le tourne à droite du boulevard Jaurès vers le Quai St Laurent : 1 voie supplémentaire (passage à 2 voies)
  - en bas après la rue du Canon pour la Rue Creuse vers le Quai Barentin : 1 voie supplémentaire (passage à 2 voies)
  
- Création des 2 places Saint-Jean et Madeleine.
  - Création de 2 voies (à 2 voies de circulation) séparées pour la traversée de chaque place dans chaque sens Est-Ouest et Ouest-Est

#### **Affectation du trafic aux brins :**

Les données suivantes ont été utilisées pour affecter de nouveaux TMJA aux brins. Tout d'abord, pour les boulevards proprement dits, les données des HPS directionnelles (ou non) (figure 13) ont été utilisées prioritairement.

Ensuite pour les autres brins, les HPS issues de la modélisation du CLEO par le CETE (Source ©) (figures 14 et 15) ou par Ceryx Trafic System (Source ©) à l'horizon 2015 ont été considérées.

Il a été ajouté, comme indiqué dans la Source ©, 150 véhicules à l'HPS de la situation actuelle de la rue Limare, 250 à l'HPS en bas de la rue de Vauquois, et 350 en haut de cette rue.

A chaque fois, le passage de l'HPS au TMJA s'est fait par une multiplication par 10.

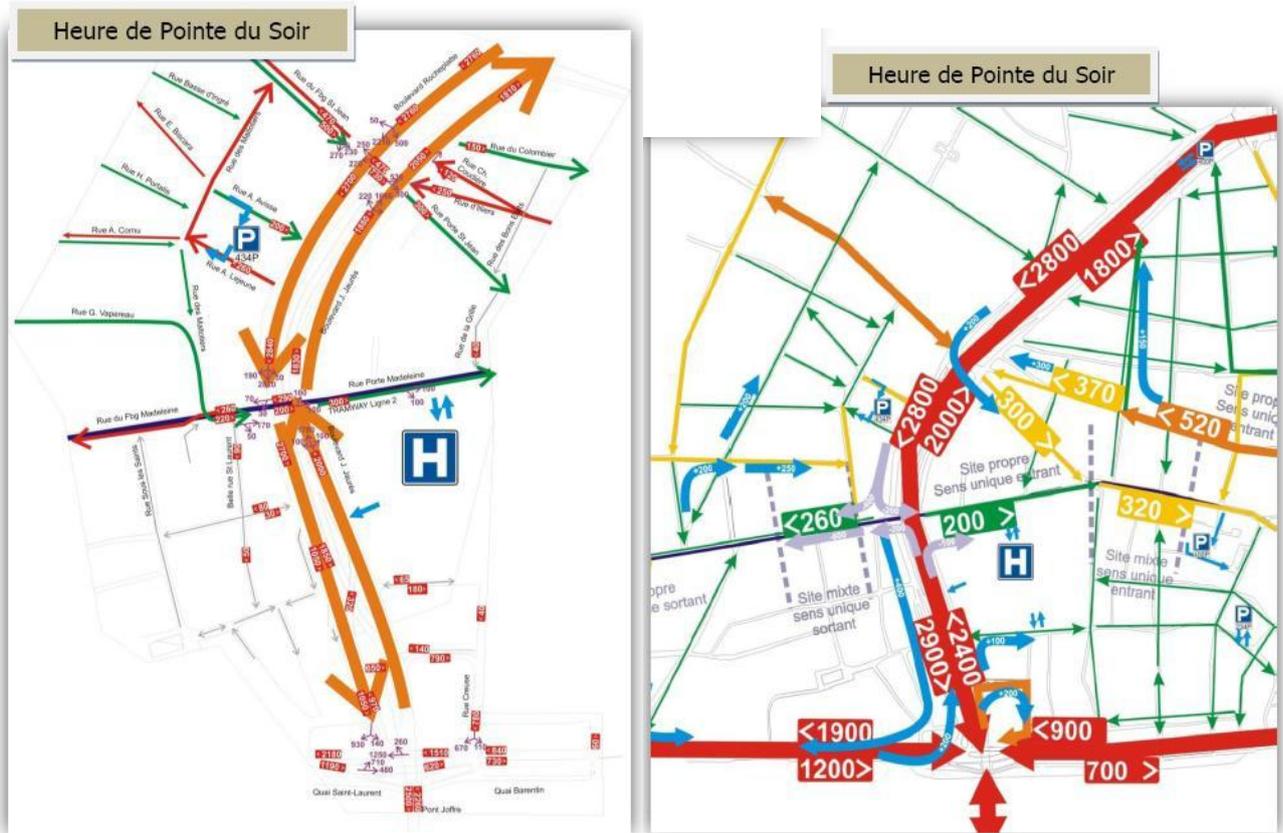


Figure 13 : Simulation des trafics en HPS après travaux (Source ©).

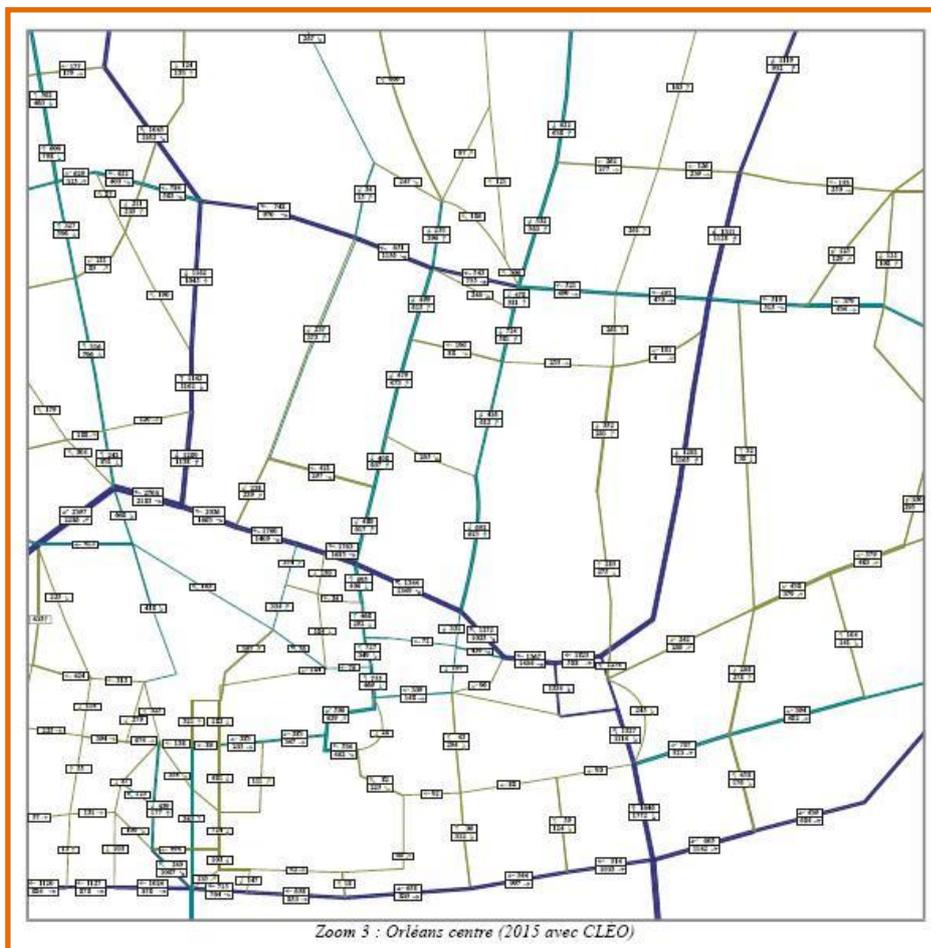
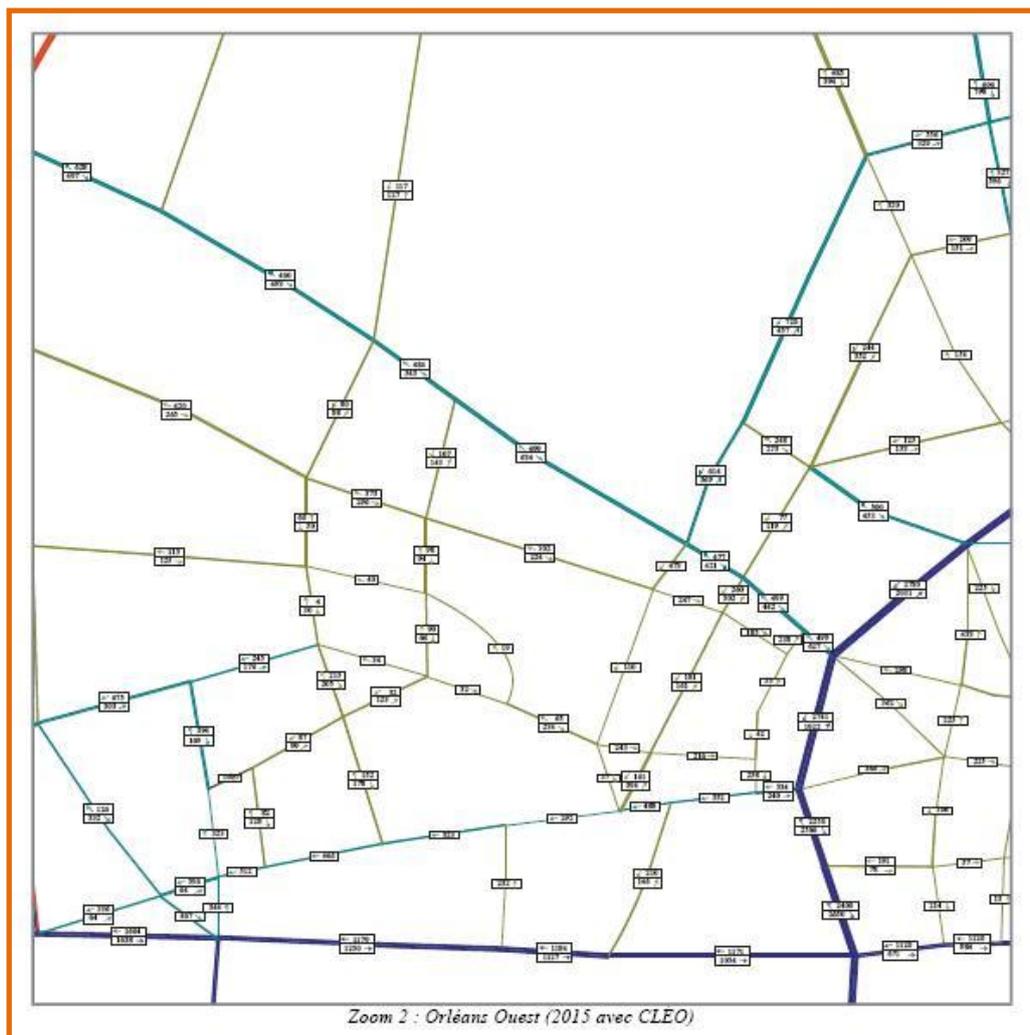


Figure 14 : Répartition du trafic en HPS (sortie de modèle de trafic) sur la zone d'Orléans Centre et Nord (Source ©) après la mise en service de la deuxième ligne du tramway.



*Figure 15 : Répartition du trafic en HPS (sortie de modèle de trafic) sur la zone d'Orléans Ouest (Source ©) après la mise en service de la deuxième ligne du tramway.*

Les mêmes lignes et le même nombre de bus devrait globalement être conservés. C'est ainsi que le pourcentage de bus a été recalculé avec le nouveau TMJA mais en conservant le même nombre de bus. Cette même disposition a été appliquée pour les poids lourds.

### **Calcul des émissions :**

Les mêmes profils horaires et mensuels ont été conservés dans le calcul des émissions puisque les modifications de trafic ne doivent pas influencer ceux-ci. Le parc automobile de 2008 utilisé pour le calcul de la situation actuelle a été conservé de façon à ne pas influencer sur les résultats finaux ce qui aurait pour conséquence de ne pas pouvoir séparer le rôle de la modification du parc ou des trafics dans l'exploitation des résultats.

### III - Résultats des simulations réalisées sur la zone d'étude

Les simulations ont été réalisées sur toute la zone d'étude en intégrant les différentes données d'entrées et en simulant une année entière.

Les résultats de ces simulations sont présentés dans cette partie sous forme de cartographie de concentrations moyennes annuelles en NO<sub>2</sub> en tous points de la zone d'étude en distinguant les deux phases : avant et après travaux.

Ces cartographies, sont obtenues par interpolation géostatistique à partir de 4000 points constitués par des grilles régulières de 20 m de côté.

#### III-1 Cartographie des concentrations de NO<sub>2</sub> en moyenne annuelle dans la situation actuelle

Les concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> calculées avant les travaux de requalification du boulevard Jean Jaurès sont présentées sur la figure 16.

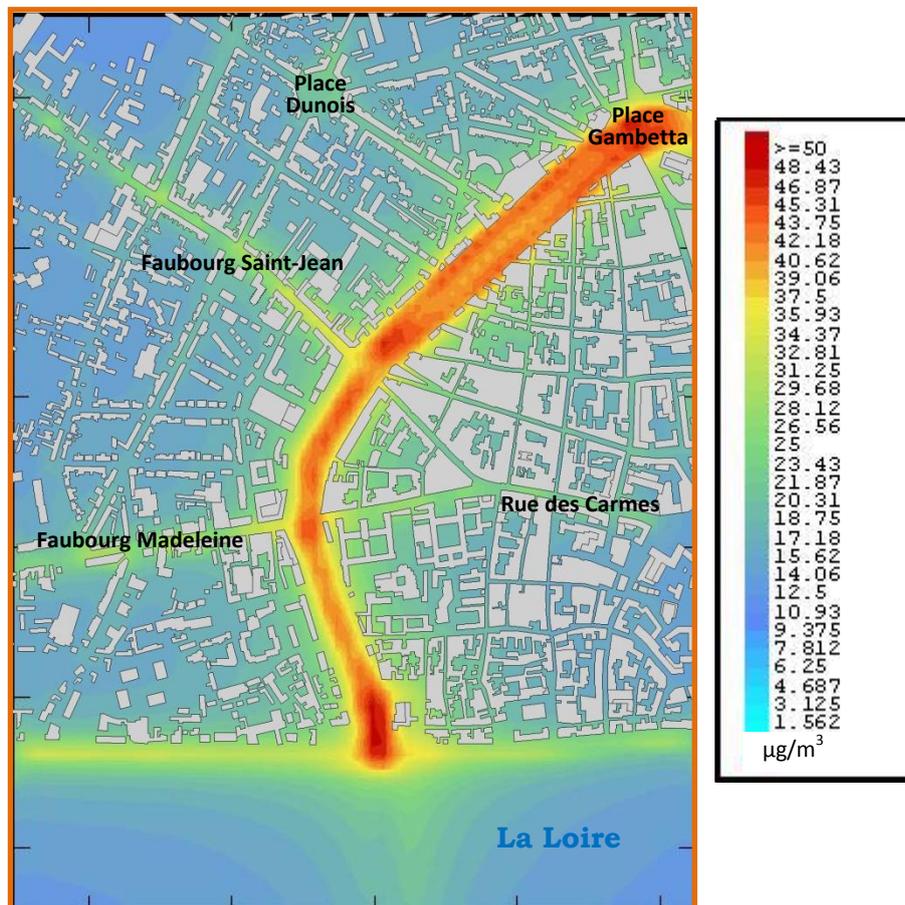


Figure 16 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en µg/m<sup>3</sup>, obtenues par simulation **avant les travaux** de requalification du boulevard Jean-Jaurès.

Les résultats de cette simulation mettent en relief l'existence d'une zone dans laquelle les niveaux en NO<sub>2</sub> risquent de dépasser la valeur limite annuelle en NO<sub>2</sub> (40 µg/m<sup>3</sup>).

Cette zone est constituée par les boulevards Rocheplatte et Jean Jaurès jusqu'au pont Joffre (zone en orange/rouge sur la figure 16).

Cette zone de risque de dépassement couvre une surface d'environ 7,4 hectares incluant les voies de circulation.

La concentration maximale calculée dans cette zone est d'environ 56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

*Rappelons ici, qu'un dépassement de cette valeur limite a bien été enregistré par Lig'Air en 2009 sur la station de proximité automobile située place Gambetta. Ce dépassement confirme directement ces résultats de modélisation.*

En dehors de cette zone, les niveaux en  $\text{NO}_2$  restent relativement faibles et ne présentent pas de risque de dépassement de la valeur limite annuelle.

### III-2 Cartographie des concentrations de $\text{NO}_2$ en moyenne annuelle dans la situation après travaux

Les concentrations annuelles en  $\text{NO}_2$  calculées après les travaux de requalification du boulevard Jean Jaurès sont présentées sur la figure 17.

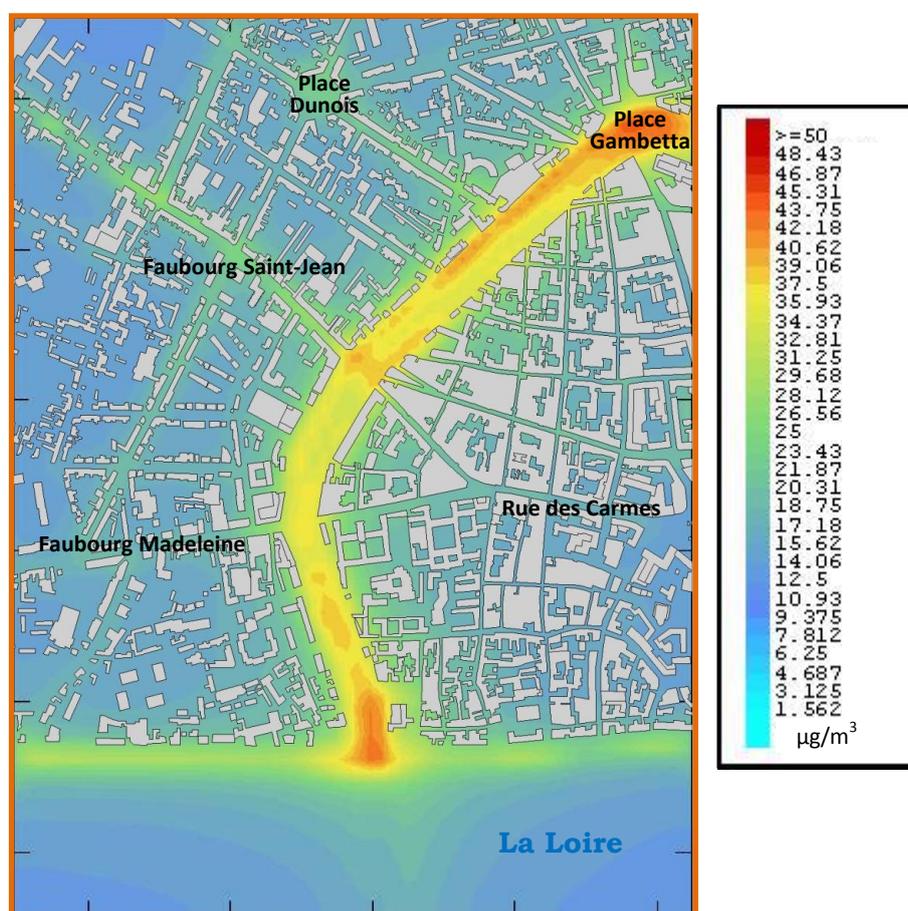


Figure 17 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , obtenues par simulation **après les travaux** de requalification du boulevard Jean-Jaurès

Cette cartographie montre, dans l'état après travaux, qu'il existera encore une zone dans laquelle les concentrations en  $\text{NO}_2$  risquent de dépasser la valeur limite de ce polluant (zone orange à rouge sur la figure 17).

Cependant, la superficie de cette zone de dépassement a nettement diminué par rapport à celle calculée pour la phase avant travaux.

Après travaux, la zone de dépassement couvrira une surface d'environ 1,8 hectares contre 7,4 hectares avant travaux.

Après les travaux, la zone de dépassement est essentiellement localisée sur le boulevard Rocheplatte et au niveau du pont Joffre.

### III-3 Cartographie des écarts de concentrations de NO<sub>2</sub> en moyenne annuelle entre les 2 situations avant et après travaux

Les écarts de concentrations calculés entre la situation avant travaux et après travaux, en tout point de la zone d'étude, sont présentés sous forme de cartographie sur la figure 18.

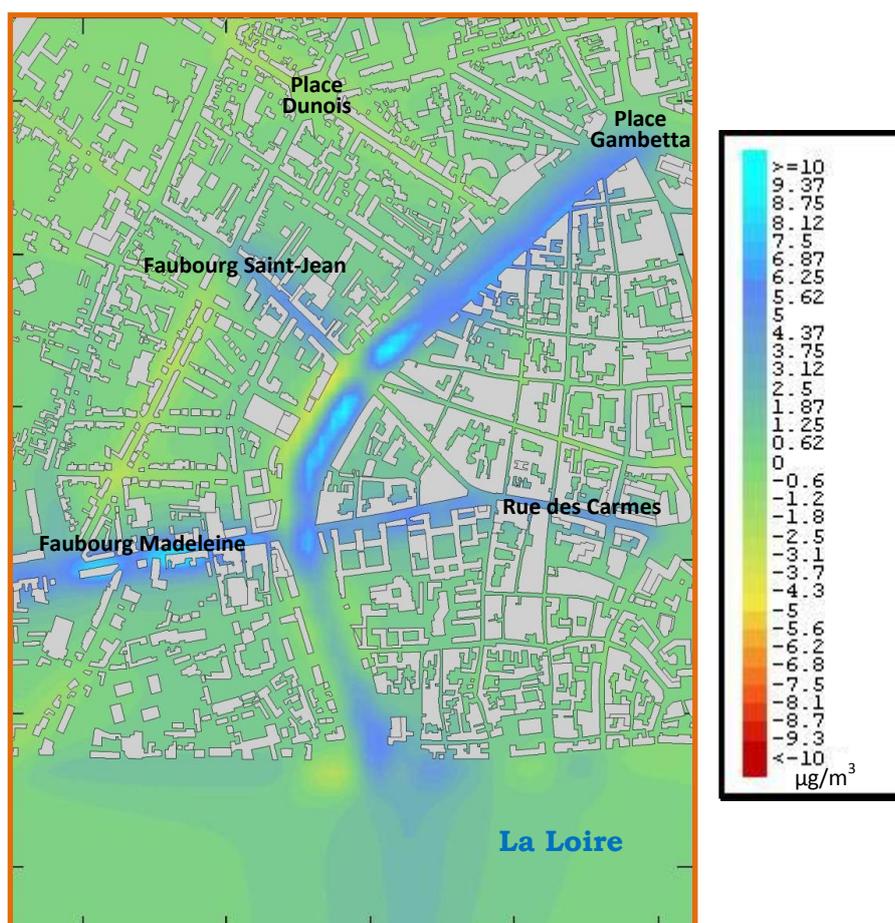


Figure 18 : Cartographie des écarts de concentrations moyennes annuelles du dioxyde d'azote après travaux par rapport à celles simulées avant travaux (µg/m<sup>3</sup>)

D'une manière générale, une nette diminution des concentrations devrait être observée le long des boulevards Rocheplatte et Jean Jaurès ainsi que sur le faubourg Madeleine et le début du faubourg Saint-Jean (en bleu sur la carte 18). Cette diminution des concentrations devrait aussi être observée le long de la rue des Carmes.

La continuité des baisses de concentrations entre la rue des Carmes et le faubourg Madeleine est directement liée à la diminution du trafic inhérent au passage de la nouvelle ligne de tramway.

Sur le boulevard Saint-Jean, entre la porte Saint-Jean et la porte Madeleine, on note à la fois une diminution des concentrations au centre du boulevard et une augmentation des niveaux dans le sens nord-sud. Cette situation est due en particulier à l'élimination de la circulation au centre du boulevard et à son report vers l'extérieur du boulevard dans le sens nord-sud.

Il faut signaler cependant, que la diminution des concentrations (de 4 à 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) semble être bien plus importante que leur augmentation (de 2 à 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Il faut noter aussi que malgré cette légère augmentation, les niveaux simulés restent inférieurs à la valeur limite annuelle de  $\text{NO}_2$ .

De la même façon, une légère hausse des concentrations est notée dans certaines rues comme la rue de Vauquois et la rue du Baron sans pour autant présenter un risque de dépassement de la valeur limite.

## Conclusion générale

Dans le cadre du projet de requalification du boulevard Jean Jaurès au niveau de la trémie, la ville d'Orléans a sollicité Lig'Air pour réaliser une étude sur les effets de cet aménagement sur la qualité de l'air. L'étude a été réalisée par simulation numérique des concentrations en dioxyde d'azote. Ce polluant est l'un des principaux traceurs de la circulation automobile en milieu urbain et ses concentrations peuvent dépasser la valeur limite annuelle ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans la zone d'étude. Cette valeur a été dépassée en 2009 à la station de surveillance de Lig'Air située place Gambetta.

Deux simulations numériques ont été menées, l'une avant et l'autre après les travaux. Chaque simulation a été réalisée à l'échelle annuelle afin d'estimer les concentrations annuelles en  $\text{NO}_2$  qui ont directement été comparées à la valeur limite annuelle de ce polluant.

Globalement, la modification de l'aménagement du boulevard Jean Jaurès conduit à une baisse des concentrations du dioxyde d'azote  $\text{NO}_2$  en moyenne annuelle. Malgré cette baisse, il subsistera encore des zones concernées par un risque de dépassement de la valeur limite annuelle de ce polluant.

Une tendance à la baisse des concentrations moyennes (de  $4$  à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est observée au centre des boulevards ainsi que sur la rue du faubourg Madeleine, rue Porte Madeleine et rue des Carmes. Cette diminution est due aux effets conjugués des travaux d'aménagements et à la diminution du trafic inhérent au passage de la nouvelle ligne de tramway.

Une tendance à la hausse des concentrations moyennes (de  $2$  à  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est notée entre la porte Saint-Jean et la porte Madeleine dans le sens Nord-Sud. Cette hausse est due à l'augmentation du trafic dans ce secteur suite à l'élimination de la trémie. En raison de reports de circulation, une légère hausse est observée sur certaines rues comme la rue de Vauquois et la rue du Baron, sans pour autant présenter un risque de dépassement de la valeur limite annuelle.

Enfin, il faut garder à l'esprit que ces conclusions sont directement liées aux données primaires mises à notre disposition, en particulier les données du trafic automobile TMJA (Trafic Moyen Journalier Annuel). Ces dernières sont des estimations pour la phase après travaux. Toute variation de ces données peut conduire à une variation des concentrations et peut-être des conclusions.

# Annexe 1

## Le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> Origine, effets et réglementation

Origine : les oxydes d'azote sont principalement émis par les véhicules automobiles (60% en région Centre), par l'agriculture et les installations de combustion. Ils résultent principalement de la combinaison à très hautes températures de l'oxygène de l'air et de l'azote. Le monoxyde d'azote (NO) se transforme rapidement en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en présence d'oxydants atmosphériques tels que l'ozone et les radicaux libres RO<sub>2</sub><sup>\*</sup>.

Effets sur la santé : le dioxyde d'azote est un gaz irritant. Il provoque une irritation des yeux, du nez et de la gorge, des troubles respiratoires et des affections chroniques.

Pollution générée : ils contribuent au phénomène des pluies acides (HNO<sub>3</sub>) et sont précurseurs de la formation d'ozone.

Réglementation :

	Valeurs limites pour 2010	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information du public	Seuils d'alerte	Valeurs limites pour les écosystèmes
NO <sub>2</sub>	<p><b><u>En moyenne annuelle :</u></b> 40 µg/m<sup>3</sup></p> <p><b><u>En moyenne horaire :</u></b> - 200 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 0,2 % du temps. - 200 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 2 % du temps.</p>	<p><b><u>En moyenne annuelle :</u></b> 40 µg/m<sup>3</sup></p>	<p><b><u>En moyenne horaire :</u></b> 200 µg/m<sup>3</sup></p>	<p><b><u>En moyenne horaire :</u></b> - 400 µg/m<sup>3</sup> - 200 µg/m<sup>3</sup> si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.</p>	<p><b><u>En moyenne annuelle :</u></b> 30 µg/m<sup>3</sup></p>

Valeur limite : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, [...], dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine [...].

Objectif de qualité : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, [...], dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine [...], à atteindre dans une période donnée.

Seuil d'information et de recommandation : seuil au-delà duquel une information doit être donnée auprès de la population suivant un arrêté préfectoral.

Seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine [...] à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

## Annexe 2

### Caractéristiques du modèle ADMS Urban

Le modèle ADMS-Urban fonctionne sur PC équipé d'un système d'exploitation Windows et utilise une base de données d'émission au format Access 97 et des fichiers d'entrée au format texte. De plus, il est couplé avec un Système d'Information Géographique (SIG MapInfo ou ArcView) qui permet de gérer la base de données des émissions et de visualiser les résultats.

- **ADMS (Atmospheric Dispersion Modelling System) :**
  - développé à partir de la fin des années 1980 par le CERC (Cambridge Environment Research Consultant),
  - en continuelle évolution (version actuelle 2.3),
  - fonctionne depuis **l'échelle de la rue jusqu'à l'échelle d'une agglomération supérieure à 1 million d'habitants,**
  - **modèle gaussien de dispersion couplé avec un modèle lagrangien, intègre un modèle de rue,**
  - permet de calculer les concentrations horaires :
    - **surtout des polluants primaires (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM, CO, ...)**
    - **aussi de polluants secondaires comme l'ozone** grâce à sa chimie très simplifiée,
  - interface (**Windows**) couplée à un système d'information géographique (ici **MapInfo**) :
    - permet de définir toutes les **sources d'émissions de polluants** (routières, industrielles, diffuses),
    - fonctionne à partir de **bases de données Access97** et de **fichiers Texte .csv** (ASCII).

- **Visualisation des résultats :**

Les sorties d'ADMS sont **visualisables** soit :

- sous le système géographique **MapInfo** sous la forme d'une **couche**,
- soit à l'aide d'un **logiciel 2D-3D** de traçage **SURFER**.

## Annexe 3

### Le modèle MM5

#### Description succincte du modèle MM5

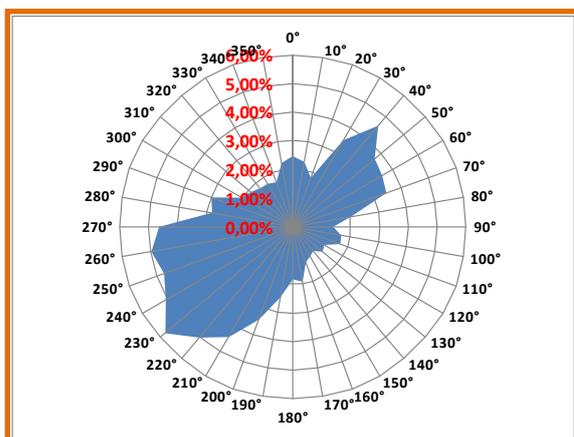
Conçu par la Pennsylvania State University (PSU) et le National Center for Atmospheric Research (NCAR) pour la prévision et la simulation de la circulation atmosphérique, MM5 est basé sur des équations de prévision exprimant la vitesse d'évolution de variables atmosphériques par rapport au temps, et que l'on résout pour prédire l'évolution temporelle du système.

#### Liste des nœuds de sortie du modèle MM5 disponibles

NOM du NOEUD	Latitude (°)	Longitude (°)
AVORD	47,05	2,65
BLOIS	47,67833	1,21
BOURGES	47,06667	2,36667
CHARTRES	48,46167	1,50333
CHATEAUDUN	48,06167	1,38
CHATEAUROUX	46,86	1,72167
ORLEANS	47,98333	1,77667
ROMORANTIN-LANTHENAY	47,31667	1,68333
TOURS	47,445	0,72833

#### Statistiques et rose de vent des données météorologiques de 2009 utilisées dans la modélisation

Données simulées par MM5 2009	Température			Vent		Précipitations
	Minimum °C	Moyenne °C	Maximum °C	Vitesse moyenne m/s	Vitesse maximum m/s	Cumul mm
Janvier	-7,2	1,2	9,9	3,4	10,4	103,9
Février	-2,4	3,5	13,9	3,0	9,1	81,6
Mars	-1,2	6,4	15,6	3,8	9,0	38,9
Avril	2,8	11,2	19,4	3,1	7,5	71,6
Mai	3,5	14,3	28,2	3,1	7,5	50,8
Juin	6,1	16,5	29,8	3,1	8,1	66,0
Juillet	7,6	18,1	31,6	3,2	7,8	20,6
Août	7,3	19,2	33,2	2,6	5,9	7,1
Septembre	6,0	15,1	27,7	3,0	7,4	26,0
Octobre	1,0	11,3	26,2	2,9	6,4	60,9
Novembre	1,9	9,2	17,5	4,3	8,1	114,3
Décembre	-4,5	4,0	12,1	3,8	7,8	132,9
ANNEE	-7,2	10,9	33,2	3,3	10,4	774,5



Rose de vent de l'année 2009

## Annexe 4

### Caractéristiques du parc automobile roulant 2008 utilisé dans la modélisation

