

de la qualité de l'air

Etude de la qualité de l'air en proximité automobile sur la Communauté Urbaine de Strasbourg

Simulation état 2006

Avec le soutien de la Communauté Urbaine de Strasbourg

Strasbourg

ASPA 07121302-I-D

Décembre 2007





Conditions de diffusion des données :

- Diffusion libre pour une réutilisation ultérieure des données dans les conditions ci-dessous.
- Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence à l'ASPA en terme de « Source d'information ASPA 07121302-I-D».
- Données non rediffusées en cas de modification ultérieure des données AQ 133.
- Sur demande, l'ASPA met à disposition les caractéristiques des techniques de mesures et des méthodes d'exploitation des données mises en oeuvre ainsi que les normes d'environnement en vigueur.
- Rediffusion du document réservée au demandeur.

Intervenants:

Coordination du projet : Emmanuel RIVIERE/Charles SCHILLINGER

Rédaction du rapport : Charles SCHILLINGER

Tiers examen du rapport : Raphaëlle DEPROST

Approbation finale : Emmanuel RIVIERE

Avertissement concernant l'interprétation des résultats

En lien avec l'outil de modélisation mis en œuvre, l'étude porte sur les valeurs annuelles maximales des concentrations observables dans la rue et sur le total des émissions par troncon.

Les résultats présentés dans le rapport doivent donc être interprétés comme suit :

« 10% des tronçons dépassent la valeur réglementaire signifie que 10% des tronçons présentent au moins une zone sur laquelle l'estimation du modèle présente un dépassement de cette valeur réglementaire ».

Les hypothèses de trafics routiers 2006 sont fournies par le service déplacement de la CUS.



Sommaire

I	Cadre et objectif	4
II	Méthodes et moyens mis en œuvre	
Α	Méthodes usuelles de caractérisation de la qualité de l'air	
В	Méthode retenue pour la caractérisation de la qualité de l'air sur la zone d'étud	e 7
III	Généralités relatives au modèle et à l'évaluation des niveaux de pollution	11
Α	Normes de qualité de l'air	11
В	Données d'entrée du modèle	11
С	Les émissions	12
D	Les concentrations	13
IV	Qualification du réseau routier structurant dans la zone d'étude	14
V	Evaluation de la pollution de proximité automobile	16
Α	Le benzène	16
В	Le dioxyde d'azote	19
С	Les particules PM10	22
D	Le monoxyde de carbone	25
E	Le dioxyde de soufre	28
F	Récapitulatif des dépassements de valeurs réglementaires	31
VI	Conclusion	32
Annex	xe 1 : Trafic routier Erreur ! Signet non	défini.
Annex	xe 2 : Le benzène Erreur ! Signet non	défini.
Annex	xe 3 : le dioxyde d'azote Erreur ! Signet non	défini.
Annex	xe 4 : Les particules PM10	53
Annex	xe 5 : Le monoxyde de carbone	61
Δnnes	xe 6 : Le dioxyde de soufre	49



LISTE DES ACRONYMES ET SIGLES UTILISES

ASPA: Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en

Alsace

CO: Monoxyde de carbone

COVNM: Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

CUS: Communauté Urbaine de Strasbourg

GPL: Gaz de Pétrole Liquéfié

IGN: Institut Géographique National

NO₂: Dioxyde d'azote

NO_x: Oxydes d'azote (NO + NO₂ exprimés en équivalent NO₂ pour les rejets)

PM₁₀: Particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 µm

PL: Poids Lourds

SIG: Système d'Information Géographique

SO₂: Dioxyde de soufre

TGAP: Taxe Générale sur les Activités Polluantes

VP: Véhicule Particulier

VUL: Véhicule Utilitaire Léger



Cadre et objectif

Pour les polluants issus du trafic routier, les niveaux de pollution mesurés sont plus importants en proximité des axes de circulation. Cette pollution peut être estimée par modélisation sur la majeure réseau routier partie dυ l'agalomération de Strasbourg.

Une telle modélisation a été réalisée pour l'année 2000 avec le logiciel STREET, qui permet d'estimer les niveaux d'émissions et de concentrations en movenne annuelle au niveau des rues d'une agglomération. Cette étude a fait l'objet d'un rapport¹ diffusé en 2001.

Au regard des évolutions réglementaires et technologiques modifiant chaque année le parc routier et ses rejets associés, la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS) a sollicité l'ASPA (Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace) pour mettre à iour les simulations du modèle pour l'année 2006.

L'ASPA dispose dans la zone d'étude de plusieurs stations fixes de mesure de la atmosphérique. Les stations pollution pollution mesurant la urbaine périurbaine de fond ainsi que la pollution de proximité industrielle ne sont pas représentatives des niveaux de pollution observés en proximité automobile dans l'ensemble de la CUS².

Deux stations (Strasbourg Clemenceau située à l'angle du boulevard Clemenceau et du faubourg de Pierre à Strasbourg et Strasbourg Illkirch située rue du 23 novembre à Illkirch-Graffenstaden) en continu la atmosphérique en proximité automobile3. Elles ne permettent toutefois d'appréhender les niveaux de pollution aux abords de chaque tronçon routier situé sur la CUS.

² Typologie des stations

urbaine représentative de la pollution de fond (à laquelle est soumise

la majorité de la population) dans les centres urbains hors proximité automobile

industrielle

périurbaine représentative de la pollution

> de fond à la périphérie des centres urbains et l'exposition maximale à la pollution « secondaire » (ozone)

en zone habitée

rurale représentative de la pollution

de fond en zone rurale peu

habitée

représentative de la pollution trafic

> proximité en d'une infrastructure routière à forte

circulation

industrielle représentative de la pollution

³ Le nombre et choix des sites retenus pour

panache d'une sous le

industrie

surveiller par station fixe la pollution de proximité automobile sont dictés par les réglementations européenne et nationale ainsi que par les recommandations de l'ADEME et du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

¹ Estimation de la qualité de l'air en proximité automobile sur la Communauté Urbaine de Strasbourg pour l'année 2000 ASPA 01102501-I-D



Afin de pouvoir disposer d'une « photographie » cohérente et homogène de la qualité de l'air en proximité automobile sur l'ensemble des tronçons routiers de la CUS, il convient alors de faire appel à des outils de modélisation.

Les travaux mis en œuvre dans cette étude s'attachent :

En préalable

- à présenter les principaux indicateurs de la pollution atmosphérique ayant pour origine le trafic routier, en particulier à travers leurs effets sur la santé et l'environnement:
- à présenter les principales normes de qualité de l'air associées.

Puis, en développement

- à dresser un état 2006 des niveaux de pollution atmosphérique (émissions⁴ et concentrations⁵) pour chaque axe routier de la CUS;
- à analyser et exploiter les données sur l'ensemble de la CUS via l'utilisation d'un SIG (Système d'Information Géographique).



Carte 1 périmètre d'étude

résultent de la <u>transformation</u> et du <u>transport</u> des polluants <u>émis</u>. Le cadastre des concentrations donne la répartition de la pollution de fond avec une résolution de 200 m x 200 m.

⁴ **Emissions** (exprimées en unité de masse) <u>rejets</u> de polluants dans l'atmosphère directement à partir des pots d'échappement ou des cheminées de sites industriels par exemple. Le cadastre des émissions est un inventaire réalisé habituellement avec une résolution de 1 km².

⁵ **Concentrations** (exprimées en unité de masse par volume) concentrations de polluants dans l'atmosphère telles qu'elles sont inhalées. Les concentrations



Il Méthodes et moyens mis en œuvre

A Méthodes usuelles de caractérisation de la qualité de l'air

Plusieurs sources d'information sont disponibles pour réaliser une évaluation de la qualité de l'air :

- l'utilisation des résultats de mesure des stations fixes
 - avantage: fluctuation temporelle des mesures et série historique, comparaison aux normes
 - inconvénient : pas de répartition spatiale de l'information
- l'extraction des données des cadastres d'émissions et de concentrations
 - avantage: toute l'Alsace couverte pour les principaux polluants, comparaison aux normes annuelles
 - inconvénient: ne concerne que la pollution de fond (concentrations hors proximité industrielle ou automobile), incertitude importante sur une échelle géographique fine

- la mise en œuvre d'un logiciel de modélisation à l'échelle d'une rue
 - avantage: mise en œuvre rapide, résultats au niveau de la rue / proximité automobile, comparaison aux normes en vigueur, possibilité de faire des scénarios
 - inconvénient : incertitude sur les facteurs d'émission/parc routier, niveaux de fond non calculés
- la réalisation de campagnes de mesures à l'aise de moyens mobiles
 - avantage: bonne représentativité spatiale (systèmes de prélèvements temporaires) et temporelle (camion laboratoire), évaluation des niveaux de pollution de fond et de proximité
 - inconvénient: mise en œuvre coûteuse en unités d'œuvre et en moyens matériels d'autant plus si l'objectif est d'obtenir une comparaison aux normes (nécessité de multiplier les périodes de mesure)



B Méthode retenue pour la caractérisation de la qualité de l'air sur la zone d'étude

En raison des délais impartis, la mise en œuvre d'une campagne de mesure n'est pas envisageable. En revanche, un logiciel de modélisation à l'échelle de la rue permet de simuler rapidement et dans une première approche les niveaux d'émissions et de concentrations en moyenne annuelle au niveau des rues d'un quartier ou d'une agglomération.

Dans le cadre de cette étude, le logiciel STREET 5 a été utilisé.

Il permet de simuler l'impact annuel moyen sur la pollution atmosphérique d'origine automobile (émissions et concentrations dans l'air) suite à des modifications de voirie, de circulation, etc.

L'ASPA dispose d'une expérience d'utilisation de ce logiciel pour l'avoir appliqué et testé sur l'ensemble des agglomérations mulhousienne, strasbourgeoise et colmarienne.

Données d'entrée pour le modèle

La mise en œuvre du modèle a nécessité de pouvoir disposer des données de comptage automobile (situation 2006) ainsi que des pourcentages de véhicules utilitaires légers (VUL), poids lourds (PL) et bus en circulation, les vitesses de circulation et les pourcentages de bouchon. Elle a également nécessité de disposer d'un fond de pollution extrait des données du réseau de stations de mesure de l'ASPA et de simulations du fond de pollution.



Paramètres étudiés

Les paramètres étudiés correspondent essentiellement aux polluants rejetés par le transport routier.

- NO_x (NO et/ou NO₂) oxydation de l'azote de l'air à températures élevées
- **CO** combustion incomplète des carburants routiers
- **Benzène** présent dans les carburants routiers et libéré lors de la combustion
- Particules PM₁₀ libérées par la combustion incomplète des carburants routiers
- **SO₂**: oxydation du soufre contenu dans les carburants routiers en particulier le diesel + polluant d'origine industrielle

•	cipaux polluants sur la santé	•	ncipaux polluants sur l'environnement
NO ₂	irritant pour les bronches, augmente la fréquence et la gravité des crises d'asthme, favorise les infections pulmonaires	NO ₂	pluies acides, formation d'ozone troposphérique (gaz à effet de serre indirect), altération de la couche d'ozone
СО	chez l'enfant se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang conduisant	CO	formation d'ozone troposphérique, gaz à effet de serre indirect (oxydation en CO ₂)
	à un manque d'oxygénation du système nerveux; l'exposition prolongée à des taux élevés	Benzène PM ₁₀	formation d'ozone troposphérique salissure des bâtiments et des monuments
	(rarement relevé en atmosphère extérieure) peut conduire au coma et à la mort	SO2	Pluies acides, dégradation de la pierre, altération des monuments
Benzène	effets sur le système nerveux, les globules et plaquettes sanguins pouvant provoquer une perte de connaissance; classification CIRC: groupe 1 agent cancérigène pour l'homme.		
РМ10	irritant des voies respiratoires et altération de la fonction respiratoire; certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes		
SO ₂	irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures		



<u>Justification du choix de ces paramètres et</u> répartition des rejets sur la zone d'étude

Les inventaires de rejets de polluants dans l'atmosphère, réalisés par l'ASPA à travers différents projets régionaux et transfrontaliers, permettent d'appréhender la contribution de chaque secteur d'activité aux émissions des polluants dans l'air.

Pour le secteur du transport routier, ces inventaires se basent sur des données de comptages de trafic, de parc de véhicules et de coefficients d'émission par polluant caractéristiques du type de véhicule (essence, GPL ou diesel, catalysé ou non, cylindrée) et de voie (milieu urbain, milieu rural, autoroute) considérés.

Les polluants majoritairement émis par le transport sont les oxydes d'azote, le benzène, les particules et le monoxyde de carbone.

Le transport routier représente respectivement 50, 81, 64 et 89% des émissions d'oxydes d'azote, de benzène, de particules et de monoxyde de carbone sur Strasbourg en 2003. Ces chiffres sont approximativement les mêmes en 2007.

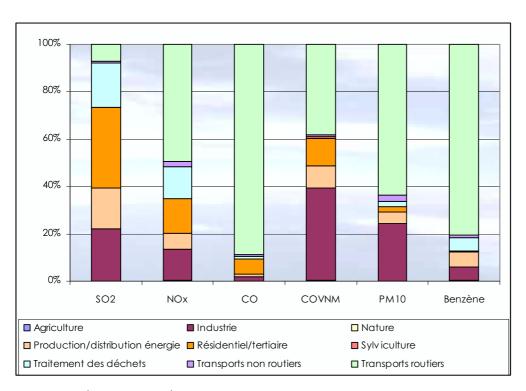


Figure 1 : Répartition des émissions sur Strasbourg en 2003



Limites de l'étude

- La pollution de fond utilisée comme donnée d'entrée du modèle pour l'ensemble des simulations provient soit de stations de mesure, soit d'une extrapolation de ces mesures par géostatistique, soit de résultats de modélisation déterministe. Les valeurs fond aux stations caractéristiques d'un secteur de la ville mais pas forcément de la zone étudiée. Celles provenant de la géostatistique ou de la modélisation déterministe ont une incertitude plus importante par rapport aux données mesurées.
- Le parc automobile utilisé dans cette étude est le parc national, ramené au nombre de véhicules en circulation sur les axes routiers considérés.
- Les résultats fournis par le modèle, en moyenne annuelle limitent les analyses à des comparaisons avec des normes annuelles de pollution.

Limites spécifiques au logiciel

Limite au niveau des résultats :

Le résultat fourni par le logiciel correspond à la concentration polluante maximale observée dans la rue.

Limites au niveau des paramètres d'entrées :

La vitesse de vent prise en compte sur l'ensemble des zones d'étude est de 2 m/s. A noter que la vitesse du vent est celle au-dessus des bâtiments dans un flux non perturbé.

Dans les configurations de rues prédéterminées, celles à sens unique, des rues de type 3 voies de circulation et les ronds points ne sont pas identifiés et sont pris en compte respectivement en trafic équivalent sur deux voies et en carrefour.

Seule la hauteur moyenne des bâtiments le long de la rue est retenue.

Limites sur la typologie des voies :

Le modèle propose 98 types de voies. Cependant, pour être adaptée au mieux au réseau routier français, cette typologie comporte plusieurs lacunes voire des imprécisions.

Elle demande une interprétation de la part de l'utilisateur en ce qui concerne le ratio hauteur des bâtiments/largeur de rues, l'espacement du bâti et la prise en compte des trottoirs mal définis ou encore l'absence d'un "facteur" végétal dans la rue.

Au delà de ces limites, les résultats permettent de fournir une approche réaliste des niveaux de pollution atmosphérique sur les zones concernées.



III Généralités relatives au modèle et à l'évaluation des niveaux de pollution

A Normes de qualité de l'air

L'objectif de qualité de l'air pour le benzène est de 2 µg/m³ par an et la valeur limite est de 5 µg/m³ par an.

Pour les particules PM10, l'objectif de qualité de l'air est fixé à $30 \,\mu g/m^3$ par an et la valeur limite applicable en 2006 est de $40 \,\mu g/m^3$ par an.

L'objectif de qualité de l'air et la valeur limite applicable pour l'année 2010 en dioxyde d'azote sont de 40 µg/m³ en moyenne annuelle. La valeur limite applicable pour l'année 2006 est de 48 µg/m³ en moyenne annuelle.

Il n'existe pas de valeur limite annuelle pour le monoxyde de carbone. L'objectif français de qualité de l'air est de 10 000 µg/m³ en moyenne sur 8 heures. L'objectif de qualité de l'air retenu est 1 000 µg/m³ en moyenne annuelle comme indiqué dans les normes allemandes de qualité de l'air.

L'objectif français de qualité de l'air est de 50 µg/m³ en moyenne annuelle. Aucun tronçon ne dépasse cet objectif de qualité de l'air

B Données d'entrée du modèle

Afin d'optimiser l'utilisation de ce modèle, le maximum d'informations doit être connu, en particulier les paramètres morphologiques (orientation, rapport largeur sur hauteur des bâtiments attenants, densité du bâti, nombre de voies, etc...) et de trafic de chaque rue. Il faut également pouvoir disposer des niveaux de pollution de fond sur la zone.

Les données d'entrée du modèle sont déterminées à partir des outils suivants :

- **Un plan de la zone à modéliser** sert à définir l'orientation et le nom de chaque rue.
- L'état cadastral des communes est une banque de données topographiques géoréférencées où sont représentés les bâtiments. Cet outil sert à définir la morphologie de chaque rue et le nombre de voies. La transformation du fichier sera nécessaire afin de pouvoir être utilisé par un système d'information géographique. La cartographie des résultats sera réalisée grâce à un découpage fin de la voirie afin de mettre en évidence les croisements importants à l'aide de la BD CARTO de l'IGN.
- Les comptages trafic 2005 du service déplacement de la CUS. Par hypothèse, ces trafics n'ont pas évolué pour l'année 2006
- La base POL'AIR de l'ASPA qui fournit les données météorologiques (sens et vitesse du vent) et des données de pollution de fond :
- Les cartographies de pollution 2006 issues de la géostatistique et de la modélation déterministe qui sont utilisées pour la pollution de fond ;
- Un plan du réseau de transport en commun sur la CUS et les horaires associés afin de calculer un pourcentage de bus.



C Les émissions

Les émissions dépendent de trois paramètres principaux :

- le parc automobile,
- le trafic journalier,
- la vitesse de circulation

La vitesse de circulation (différenciée suivant la qualification des axes routiers : centre ville, autoroutes,...) est un facteur déterminant.

La combustion met en jeu un carburant (hydrocarbures) et un comburant (l'air). Les 6 polluants ou familles de polluants étudiés sont émis différemment par le moteur mais il est possible de regrouper ces polluants en 2 groupes bien distincts :

 Les polluants majoritairement émis à bas régime: le CO, les COV (composés organiques volatils dont le benzène) et les particules.

Pour ces polluants, les maxima d'émissions s'obtiennent à bas régime suite à la combustion incomplète qui entraîne une plus forte formation de benzène, de CO, de COV et de particules. Nous distinguons tout de même des vitesses optimales du point de vue pollution atmosphérique différentes pour les polluants. Pour le monoxyde de carbone (CO) et les

particules, cette vitesse se situe aux alentours de 80 km/h, alors que pour les composés organiques volatils (dont fait partie le benzène) et le dioxyde de soufre, elle est de 90 km/h (figure 2).

 Les polluants majoritairement émis à haut régime : les NO_x

Pour ces polluants, les maxima d'émissions s'obtiennent à haut régime suite à une plus grande oxydation de l'azote de l'air favorisée par les hautes températures. La vitesse optimale pour le dioxyde d'azote se situe aux alentours de 50 km/h.

Les émissions de CO, COV, benzène, particules et SO_2 ont des profils identiques et sont localisées sur les grands axes et croisements à forte circulation mais également sur des tronçons où la circulation est moins dense mais la vitesse est faible.

Pour les oxydes d'azote, les maxima d'émissions s'observent surtout sur les grands axes à forte circulation (plus de 20 000 véhicules/jour) et les axes à grandes vitesses.

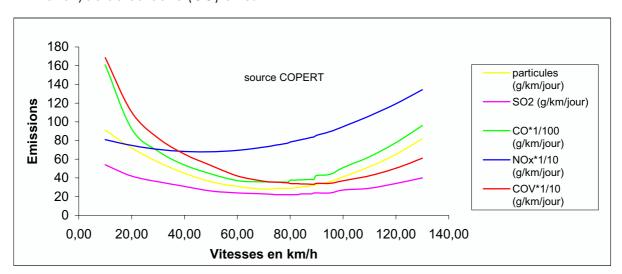


Figure 2: Emissions en fonction de la vitesse de circulation (pour 1000 véhicules en 2000)



D Les concentrations

Rappelons que les valeurs guides ou objectifs de qualité de l'air définis par les réglementations européennes et nationales servent de référence à des fins de comparaison avec les niveaux observés sur les tronçons routiers des zones étudiées.

Lorsque les concentrations en polluants sont inférieures aux objectifs de qualité de l'air, les pouvoirs publics mettent en œuvre une politique de prévention de tout accroissement de la pollution atmosphérique; lorsqu'elles sont supérieures à ces valeurs, des politiques de réduction de la pollution doivent être mises en place.

Le dépassement des valeurs limites, quant à lui, entraîne la prise de mesures radicales à moyen terme.

Les niveaux de pollution de fond intégrés dans le modèle sont issus :

- De données provenant d'une modélisation déterministe effectuée sur la CUS pour l'année 2006 pour les particules, le benzène et le NO₂;
- de la moyenne annuelle mesurée au centre ville de Mulhouse (350 µg/m³) pour le CO;
- de la moyenne annuelle mesurée sur la station STG Ouest de l'ASPA (6 μg/m³) pour le SO₂.

A noter que les résultats issus du modèle représentent la concentration maximale en polluant sur le tronçon routier considéré.



IV Qualification du réseau routier structurant dans la zone d'étude

Les trafics utilisés dans cette étude proviennent de sorties du modèle de trafic CUBE du service déplacement de la CUS. Ces trafics ont été modélisés pour l'année 2005 et, par hypothèse, ils n'ont pas évolué pour l'année 2006.

Une classification du réseau routier structurant est réalisée en terme de trafic pour l'année 2006 (figure 3 et tableau 1).

Le trafic journalier de chaque tronçon est présenté sous forme de carte (carte 2 et cartes 13 à 16 en annexe 1).

Sur un total de 1 476 km de voirie, 8% présentent un trafic journalier dans les 2 sens de plus de 20 000 véhicules. Il s'agit :

- des autoroutes A35, A4, A350 et A351;
- des routes nationales N4, N83, N283, N353 et N63;
- du contournement sud
- des grands axes de la zone d'étude de Strasbourg, d'Illkirch Graffenstaden, de Schiltigheim et des croisements entre axes importants de Strasbourg.

La même opération de classement a été réalisée pour la configuration de rue de chaque tronçon et il est possible de déterminer:

- le kilométrage de tronçons à 4 voies ou plus : 9% de la voirie totale ;
- le kilométrage de rues canyons (rue dont la hauteur des bâtiments est supérieure ou égale à sa largeur avec une configuration très dense du bâti): 1% de la voirie. Ces rues de type canyon sont surtout rencontrées au centre ville (hypercentre de Strasbourg par exemple).

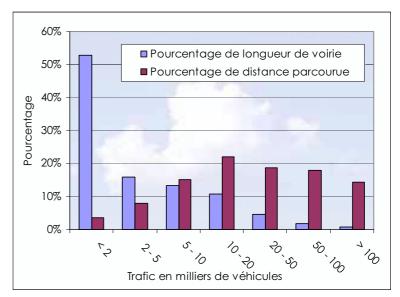
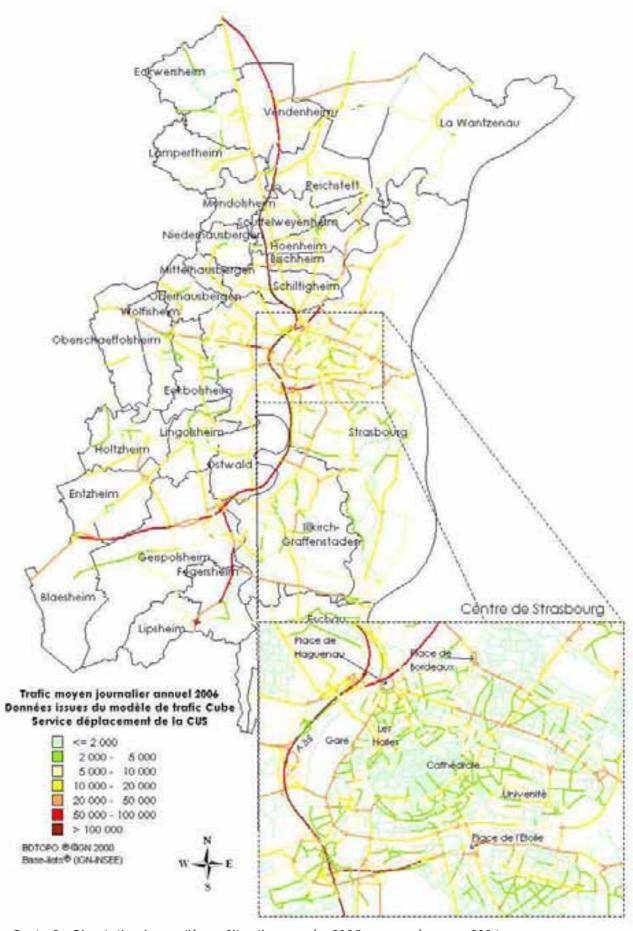


Figure 3 : Répartition du trafic sur le réseau routier de la CUS

Trafic en milliers de véhicules/jour	Nombre de tronçons	Longueur en km	% de longueur de voirie	Distance parcourue en véh.km	% de distance parcourue
≤ 2	2867	779	53%	357 973	4%
2 - 5	812	236	16%	779 392	8%
5 - 10	582	199	13%	1 477 522	15%
10 - 20	549	158	11%	2 164 884	22%
20 - 50	250	67	5%	1 830 124	19%
50 - 100	55	26	2%	1 760 650	18%
> 100	29	12	1%	1 414 916	14%
total	5144	1476	100%	9 785 462	100%

Tableau 1 : Répartition du trafic journalier sur le réseau routier de la CUS





Carte 2 : Circulation journalière – Situation année 2005 conservée pour 2006



V Evaluation de la pollution de proximité automobile

A Le benzène

Emissions...

Les émissions de benzène du réseau routier de la CUS représentent 69 tonnes en 2006. A titre de comparaison, les émissions de benzène en Alsace en 2003 s'élevaient à 332 tonnes. Les émissions les plus fortes sont situées sur les axes à fortes circulations, ainsi que dans les rues où les conditions de circulations sont difficiles et induisent une vitesse faible et donc un bas régime moteur favorisant les rejets de benzène (carte 3 et cartes 17 à 20 en annexe 2).

Concentrations...

L'objectif de qualité de l'air pour le benzène est de 2 µg/m³ par an et la valeur limite est de 5 µg/m³.

L'objectif de qualité de l'air pour le benzène est dépassé sur un quart des axes de la zone étudiée (figure 4). Ces axes sont pour la plupart situés dans la zone fortement urbanisée de la CUS. Ce résultat est à mettre en relation avec le réseau de trafic dense, composé des structurants du quartier, qui entraîne, en particulier dans la zone fortement urbanisée de la CUS, une forte pollution de fond, aui est proche de la valeur obiectif (résultats en accord avec ceux de la campagne de mesures effectuée en 20046).

Les axes à fortes circulations (autoroutes et nationales) présentent également un dépassement de l'objectif de qualité de l'air.

Aucun troncon ne dépasse la valeur limite (carte 4 et cartes 21 à 24 en annexe 2).

Validation du modèle...

Les directives européennes exigent que l'incertitude sur les résultats en movenne annuelle du modèle en benzène n'excède pas 50%. Ce critère est respecté pour cette étude (tableau 2). Une surestimation systématique du modèle par rapport aux données mesurées est observée principalement due au fait que le modèle STREET donne la valeur maximale dans la rue.

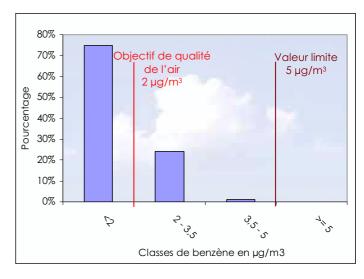


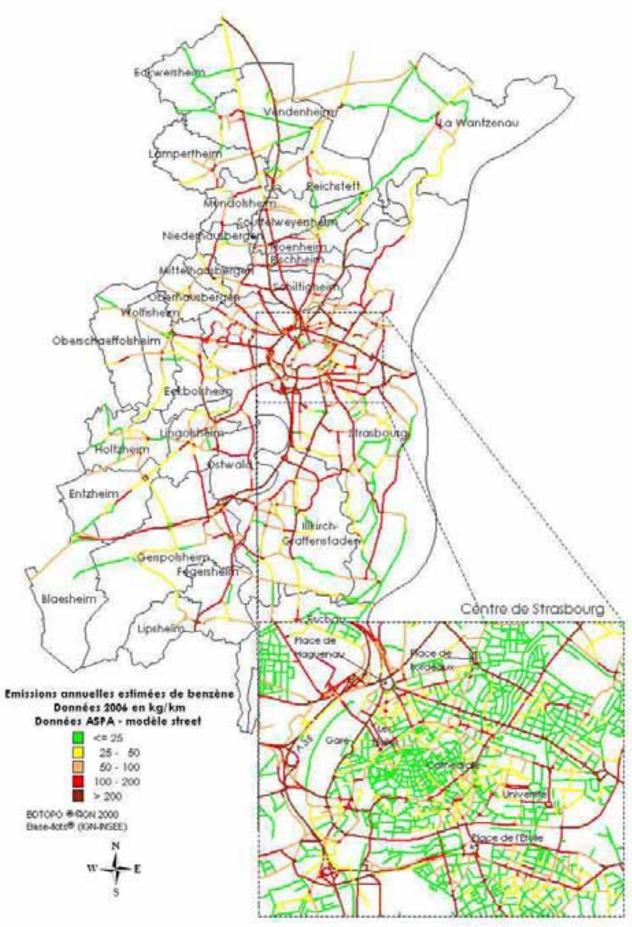
Figure 4 : Pourcentage de voirie pour chaque classe de concentrations de benzène

Station	Mesure 2006 en µg/m³	Simulation 2006 en µg/m³	Différence en %
STG Clemenceau	2,3	3,4	48%
STG Est	1,9	2	5%
STG Ouest	1,1	1,4	27%

Tableau 2 : Comparaison modèle/mesure en benzène sur les stations de mesure ASPA de la CUS

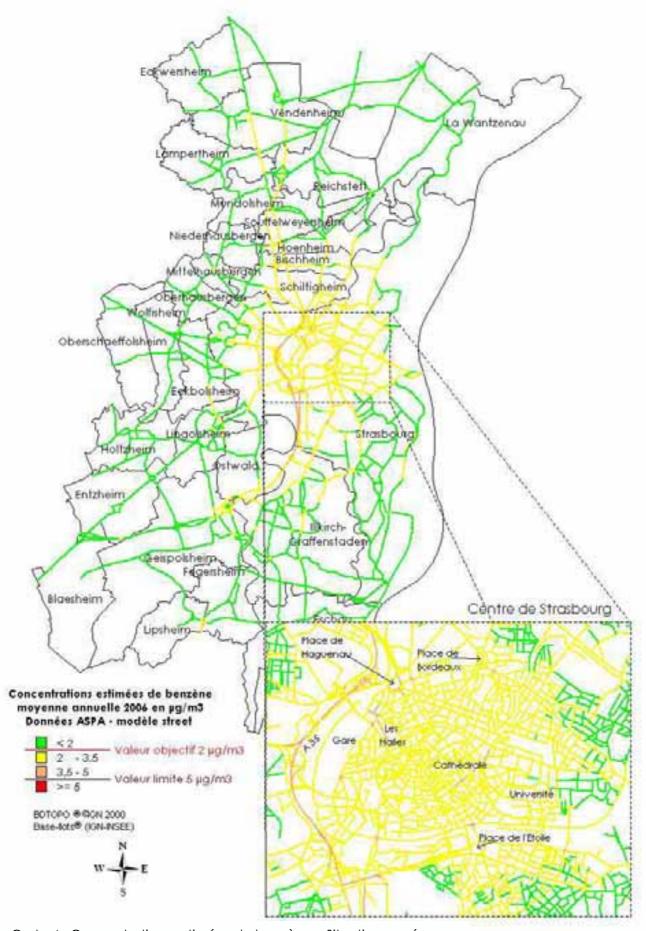
⁶ ASPA-05020802-ID Campagne de mesure régionale 2004





Carte 3: Emissions estimées de benzène – Situation année 2006





Carte 4 : Concentrations estimées de benzène – Situation année



B Le dioxyde d'azote

Emissions...

Les émissions d'oxydes d'azote du réseau routier de la CUS représentent $8\,570\,$ tonnes. A titre de comparaison, les émissions de NO $_{\rm x}$ en Alsace en 2003 s'élevaient à $38\,660\,$ tonnes. Les émissions les plus fortes sont situées sur les axes à fortes circulations (carte $5\,$ et cartes $25\,$ à $28\,$ en annexe 3).

Concentrations...

L'objectif de qualité de l'air et la valeur limite applicable pour l'année 2010 en dioxyde d'azote sont de 40 µg/m³ en moyenne annuelle. La valeur limite applicable pour l'année 2006 est de 48 µg/m³ en moyenne annuelle.

La valeur limite 2010 pour le NO_2 est dépassée sur un quart des axes de la zone étudiée (figure 5). Ces axes sont pour la plupart situés dans la grande ceinture de Strasbourg. Des dépassements sont également simulés sur les voies à fortes circulations (autoroutes et nationales).

Environ 8% des tronçons de la zone d'étude présentent un dépassement de la valeur limite 2010. Il s'agit des autoroutes, nationales et axes à fortes circulations et des voies directement influencées par ces artères (carte 6 et cartes 29 à 32 en annexe 3).

Validation...

Les directives européennes exigent que l'incertitude sur les résultats en moyenne annuelle du modèle en dioxyde d'azote n'excède pas 30%. Ce critère est respecté pour cette étude (tableau 3). Une surestimation du modèle par rapport aux données mesurées est observée. Elle est principalement due au fait que le modèle STREET donne la valeur maximale dans la rue. Seule la station Clemenceau présente un résultat de modélisation inférieure à la mesure. Pour cette station située à l'angle du boulevard Clemenceau et de la rue du Faubourg de Pierre, il se peut que la pollution de fond utilisée ait été sous estimée.

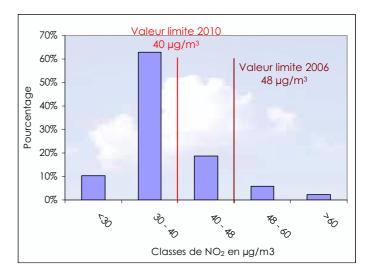
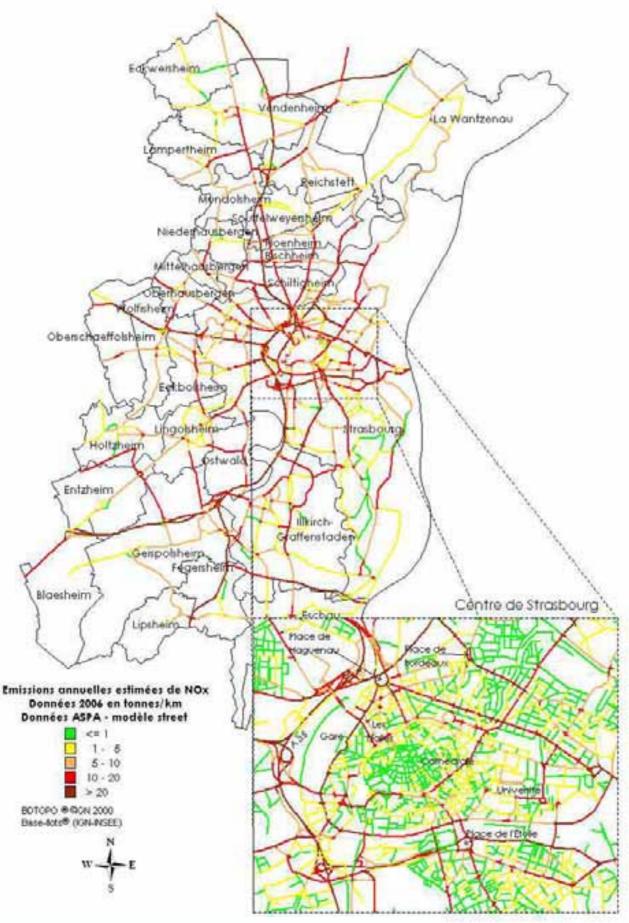


Figure 5 : Pourcentage de voirie pour chaque classe de concentrations de NO₂

Station	Mesure 2006 en µg/m³	Simulation 2006 en µg/m³	Différence en %
STG Clemenceau	60	51	15%
STG Centre	38	39	3%
STG IIIkirch	38	40	5%
STG Nord	31	34	10%
STG Est	36	38	6%
STG Ouest	26	32	23%

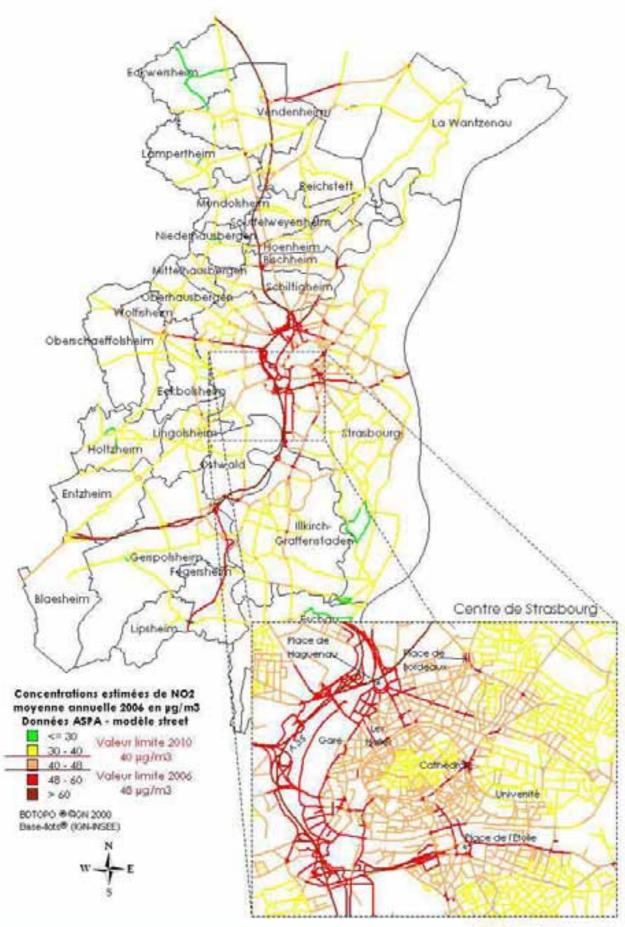
Tableau 3 : Comparaison modèle/mesure en NO2 sur les stations de mesure ASPA de la CUS





Carte 5: Emissions estimées de NO_x – Situation année 2006





Carte 6: Concentrations estimées de NO2 – Situation année 2006



C Les particules PM10

Emissions...

Les émissions de particules du transport routier se divisent en plusieurs catégories :

- Les émissions à l'échappement
- Les émissions dues à l'usure du véhicule
- Les émissions dues à l'abrasion de la route
- Les émissions dues à la remise en suspension

On ne s'intéressera ici qu'aux émissions à l'échappement mais le logiciel STREET calcule également les autres émissions de particules et en tient compte dans ses simulations de concentrations.

Les émissions de PM10 à l'échappement du réseau routier de la CUS représentent 580 tonnes. A titre de comparaison, les émissions de particules en Alsace en 2003 s'élevaient à 4 000 tonnes. Les émissions les plus fortes sont situées sur les axes à fortes circulations (carte 7 et cartes 33 à 36 en annexe 4).

Concentrations...

Les résultats présentés intègrent l'ajustement appliqué au 1^{er} janvier 2007

Pour les particules PM10, l'objectif de qualité de l'air est fixé à 30 µg/m³ par an et la valeur limite applicable en 2006 est de 40 µg/m³ par an.

L'objectif de qualité de l'air est dépassé sur une grande majorité des axes de la zone étudiée (figure 6, carte 8 et cartes 37 à 40 en annexe 4).

La valeur limite est dépassée sur environ 3% des axes de la zone d'étude. Il s'agit des autoroutes (A35, A350 et A4), de la voie de contournement sud et de croisements à fortes circulations.

Validation...

Depuis le 1^{er} janvier 2007, les mesures de PM10 sont ajustées afin de prendre en compte la fraction volatile des PM (elle représente environ 10 µg/m³ pour l'année 2007). Hors, pour l'année 2006, cette fraction n'était pas prise en compte dans la mesure. De ce fait, la comparaison mesure/modèle est faite sur des valeurs de PM10 non ajustées à la fois pour les meures et la simulation.

Les directives européennes exigent que l'incertitude sur les résultats en moyenne annuelle du modèle en PM10 n'excède pas 50%. Ce critère est respecté pour cette étude (tableau 4)

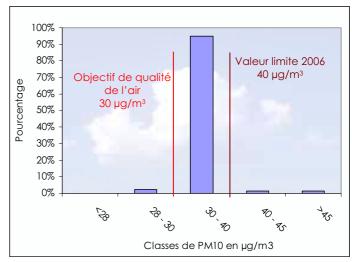
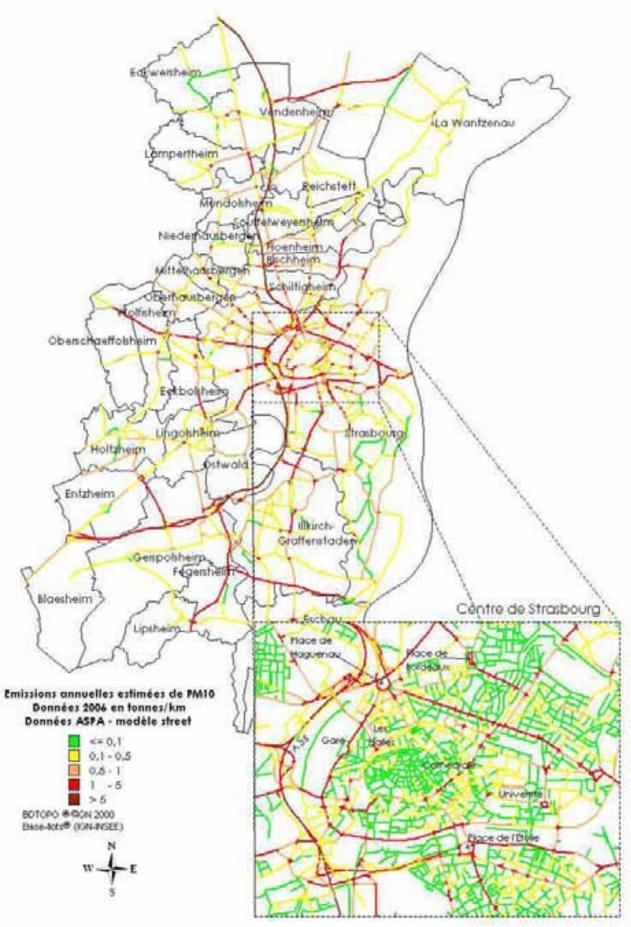


Figure 6 : Pourcentage de voirie pour chaque classe de concentrations de PM10

Station	Mesure 2006 en µg/m³ (non ajusté)	Simulation 2006 en µg/m³ (non ajusté)	Différence en %
STG Clemenceau	25	28	11%
STG Centre	24	22	9%
STG Nord	20	22	10%
STG Est	24	22	9%

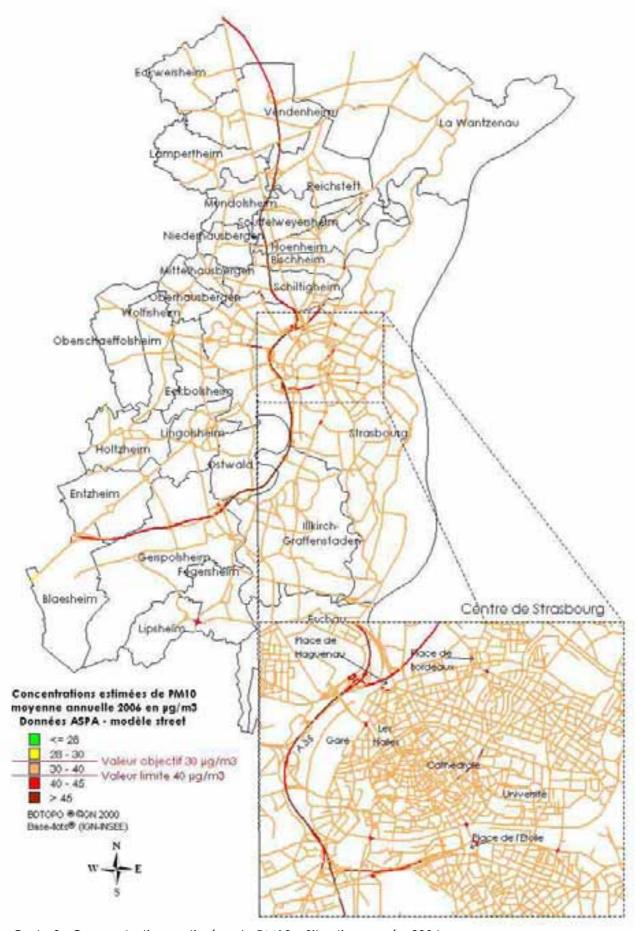
Tableau 4 : Comparaison modèle/mesure en PM10 sur les stations de mesure ASPA de la CUS





Carte 7: Emissions estimées de PM10 – Situation année 2006





Carte 8 : Concentrations estimées de PM10 – Situation année 2006



D Le monoxyde de carbone

Emissions...

Les émissions de monoxyde de carbone du réseau routier de la CUS représentent 20 500 tonnes. A titre de comparaison, les émissions de monoxyde de carbone en Alsace en 2003 s'élevaient à 100 000 tonnes. Les émissions les plus fortes sont situées sur les axes à fortes circulations (carte 9 et cartes 41 à 44 en annexe 5).

Concentrations...

Il n'existe pas de valeur limite annuelle pour le monoxyde de carbone. L'objectif français de qualité de l'air est de 10 000 µg/m³ en moyenne sur 8 heures. L'objectif de qualité de l'air retenu est 1 000 µg/m³ en moyenne annuelle comme indiqué dans les normes allemandes de qualité de l'air.

Aucun tronçon ne dépasse cet objectif de qualité de l'air (figure 7, carte 10 et cartes 45 à 48 en annexe 5).

Validation...

Les directives européennes exigent que l'incertitude sur les résultats en moyenne annuelle du modèle en monoxyde de carbone n'excède pas 30%.

Ce critère est respecté pour cette étude (tableau 5). La modélisation sous-estime la mesure en raison de l'incertitude sur la pollution de fond issue d'une moyenne de mesures effectuées sur des stations de mesure allemandes.

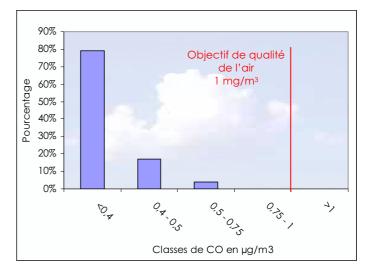
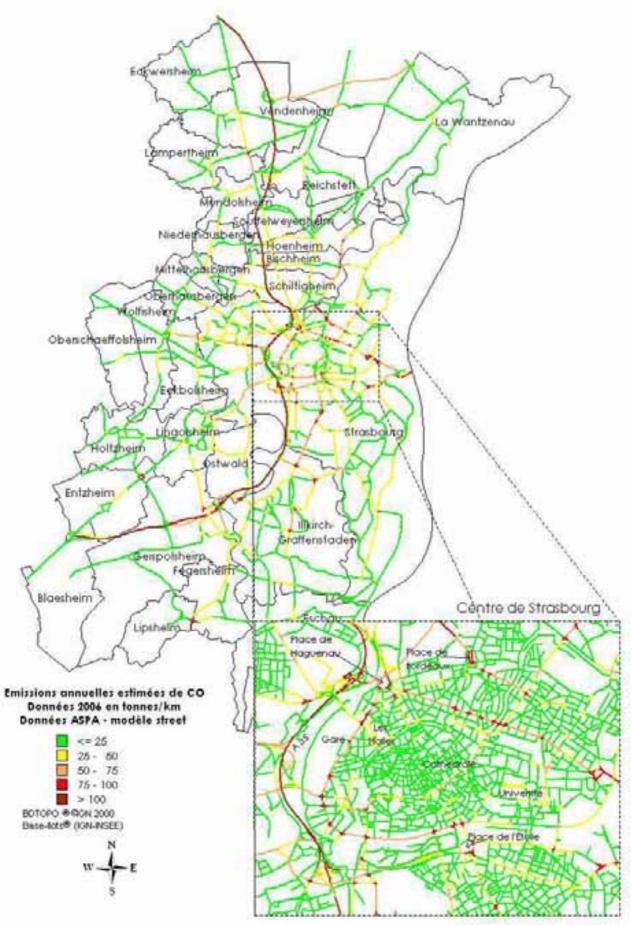


Figure 7 : Pourcentage de voirie pour chaque classe de concentrations de CO

Station	Mesure 2006 en mg/m³	Simulation 2006 en mg/m³	Différence en %
STG Clemenceau	0,6	0,5	17%

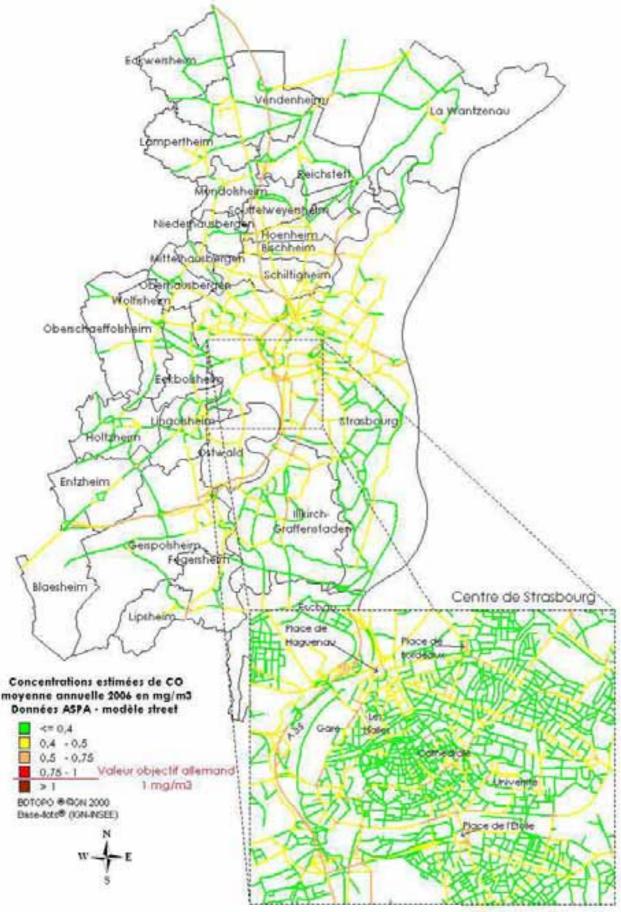
Tableau 5: Comparaison modèle/mesure en CO sur les stations de mesure ASPA de la CUS





Carte 9: Emissions estimées de CO – Situation année 2006





Carte 10: Concentrations estimées de CO - Situation année 2006



E Le dioxyde de soufre

Emissions...

Les émissions de dioxyde de soufre du réseau routier de la CUS représentent 60 tonnes. A titre de comparaison, les émissions de dioxyde de soufre en Alsace en 2003 s'élevaient à 10 000 tonnes. Les émissions les plus fortes sont situées sur les axes à fortes circulations (carte 9 et cartes 49 à 52 en annexe 6).

Concentrations...

L'objectif français de qualité de l'air est de $50 \, \mu \text{g/m}^3$ en moyenne annuelle. Aucun tronçon ne dépasse cet objectif de qualité de l'air (carte 12 et cartes 53 à 56 en annexe 6).

Validation...

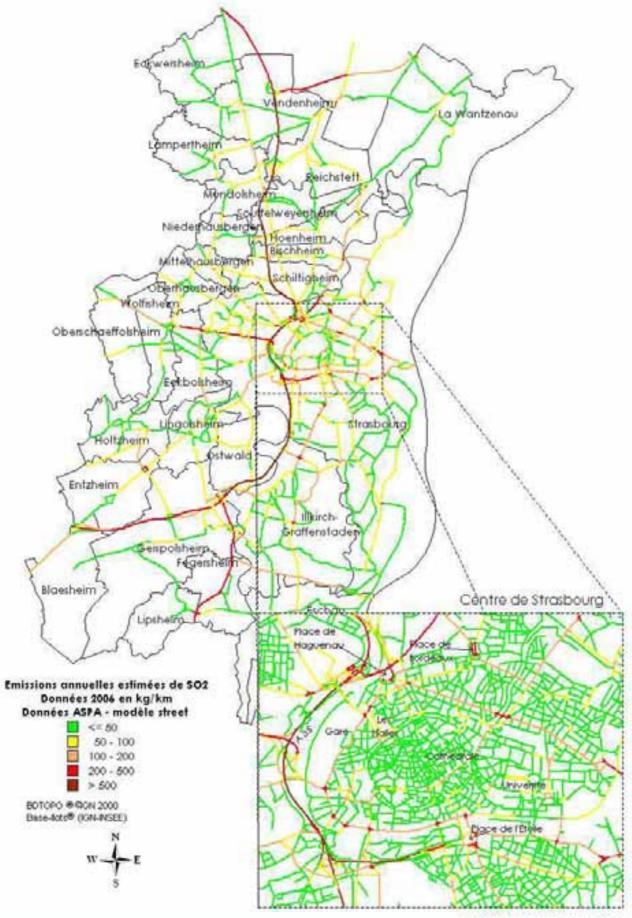
Les normes européennes exigent que l'incertitude sur les résultats en moyenne annuelle du modèle en dioxyde de soufre n'excède pas 30%.

Ce critère est respecté pour cette étude (tableau 6).

Station	Mesure 2006 en µg/m³	Simulation 2006 en µg/m³	Différence en %
STG Clemenceau	5	6	16%
STG Est	5	6	16%
STG Ouest	6	6	0%

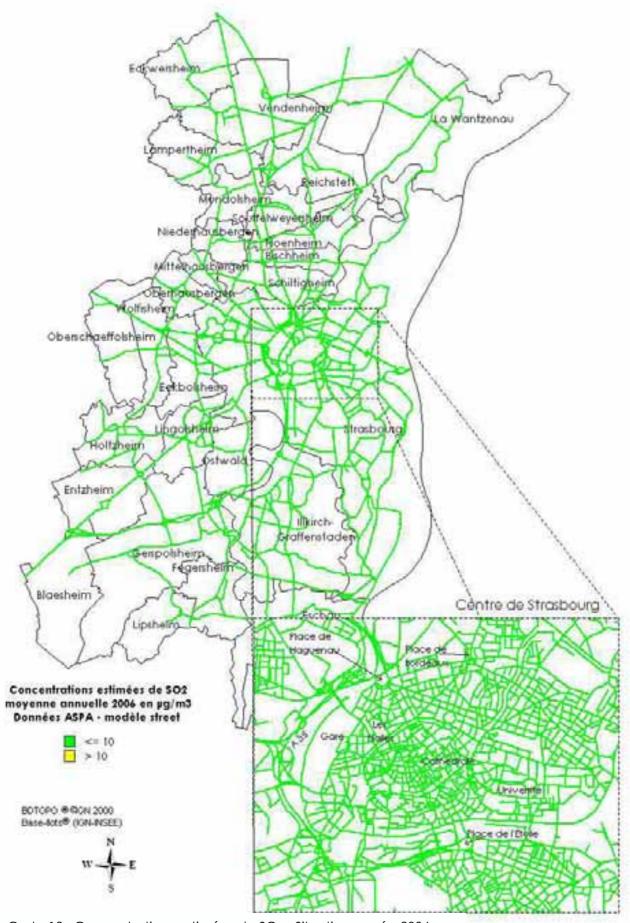
Tableau 6 : Comparaison modèle/mesure en CO sur les stations de mesure ASPA de la CUS





Carte 11: Emissions estimées de SO₂ – Situation année 2006





Carte 12: Concentrations estimées de SO₂ – Situation année 2006



F Récapitulatif des dépassements de valeurs réglementaires

Polluants	Objectif de qualité	Valeur limite	% de longueur de voirie dépassant l'objectif de qualité	% de longueur de voirie dépassant la valeur limite
Benzène en moyenne annuelle	2 μg/m³	5 μg/m³	25%	0%
CO en moyenne annuelle	1 mg/m³		0%	
NO ₂ en moyenne annuelle		40 µg/m³ (valeur limite 2010)		27%
NO ₂ en moyenne annuelle		48 µg/m³ (valeur limite 2006)		8%
Particules en moyenne annuelle	30 µg/m³	40 μg/m³	98%	3%



VI Conclusion

Cette étude a permis d'estimer, sur le territoire de la CUS, l'état 2006 des niveaux de pollution atmosphérique en proximité automobile à travers une double caractérisation :

- des niveaux d'émissions, la base mise en place pouvant être utilisée ultérieurement pour la mise en œuvre de scénarii de réduction de rejets de polluants atmosphériques;
- des niveaux de concentrations dans l'air relativement aux valeurs réglementaires.

Concernant les axes routiers les plus pollués du réseau structurant de la CUS ...

La situation globale pour l'année 2006 montre que la zone comporte des points noirs au niveau de la pollution de proximité automobile. Les niveaux de polluants les plus élevés se situent sur les autoroutes et les routes nationales mais aussi sur les grands axes urbains aussi bien à Strasbourg (route du Rhin, place de Haguenau, place de l'Etoile, avenue des Vosges...), qu'à Schiltigheim (avenue Pierre Mendès France) ou encore à Illkirch Graffenstaden (avenue de Strasbourg, route de Lyon).

Concernant les dépassements de valeurs réglementaires ...

Ces axes routiers présentent au moins un dépassement d'objectifs de qualité de l'air ou de valeurs limites issus des directives européennes et du décret du 6 mai 1998 modifié.

De façon générale:

- respectivement 25 et 98% des tronçons routiers présentent au moins un dépassement des objectifs de qualité de l'air relatifs au benzène (2 µg/m³) et aux particules fines (30 µg/m³);
- pour le dioxyde d'azote, environ 27% des tronçons routiers présentent au moins un dépassement de la valeur limite 2010 (40 μg/m³) et 8% d'entre eux dépassent la valeur limite 2006 (46μg/m³). La valeur limite de 40 μg/m³ en particules PM10 est dépassée sur 3% des axes de la zone.

Concernant l'utilisation des résultats de cette étude ...

Les résultats de cette étude apportent une aide technique dans la définition des politiques liées aux déplacements dans la CUS.

Ils mettent en évidence les zones géographiques où les efforts doivent être particulièrement portés pour écrêter les niveaux les plus élevés de pollution atmosphérique (considérés en moyenne annuelle).

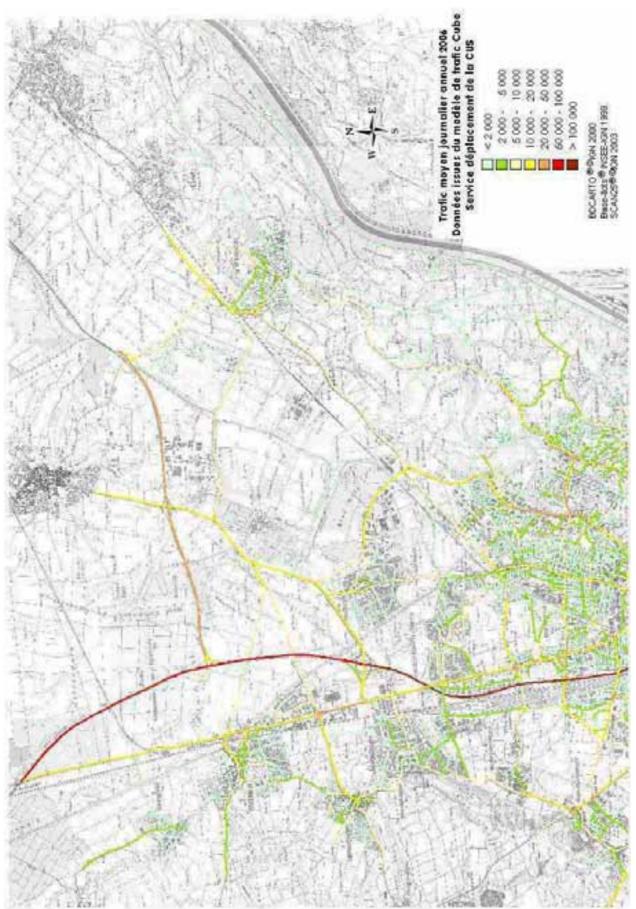
Ils mettent également en évidence à l'échelle d'une agglomération la réciprocité des phénomènes de pollution de fond et de proximité automobile liée notamment à la densité du réseau routier structurant.

Ils pourront également être comparés à des simulations réalisées pour les prochaines années suite à des travaux d'aménagement routier ou urbain sur le territoire de la CUS.

Enfin. cette étude pourra être développée, dans les limites du modèle pour intégrer des éléments permettant, en croisant les données de pollution et des données géoréférencées densité d'habitants par km², d'appréhender l'exposition de la population à la pollution atmosphérique le long des axes routiers du réseau structurant de la CUS.

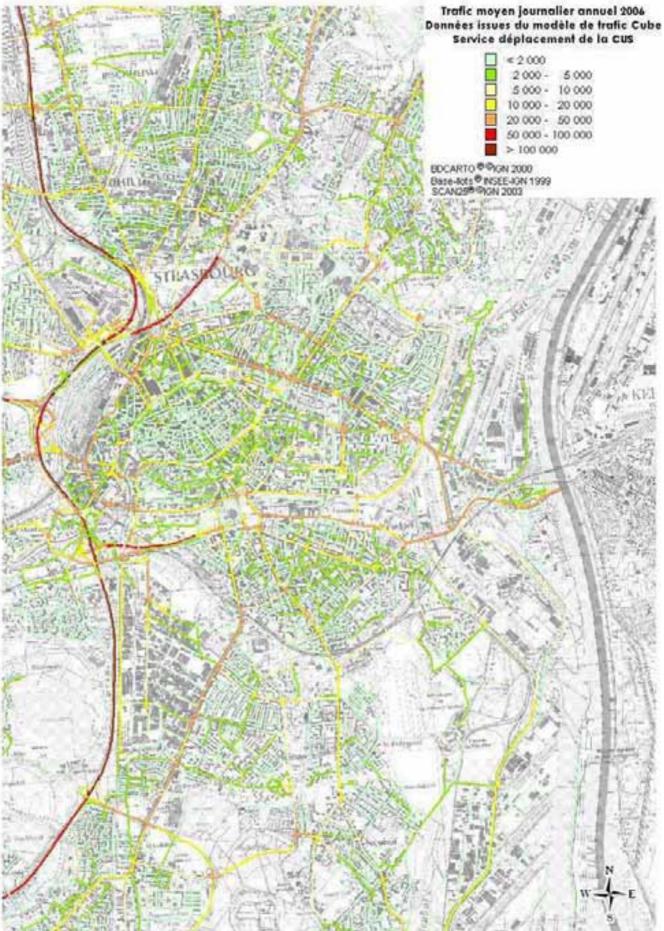


Annexe 1: Trafic Routier



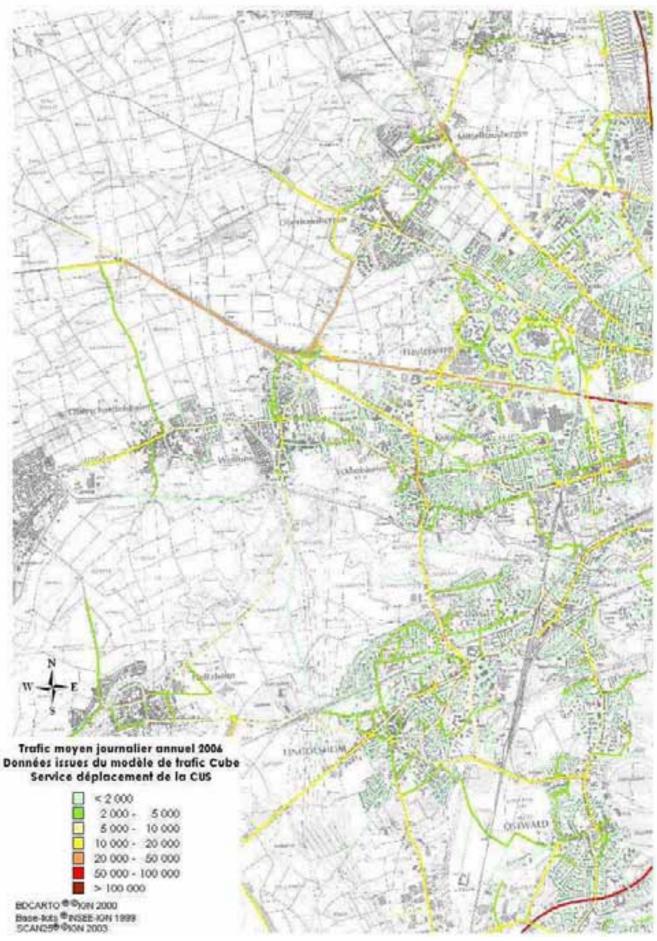
Carte 13 : Circulation journalière sur la partie Nord de la CUS – Situation année 2006





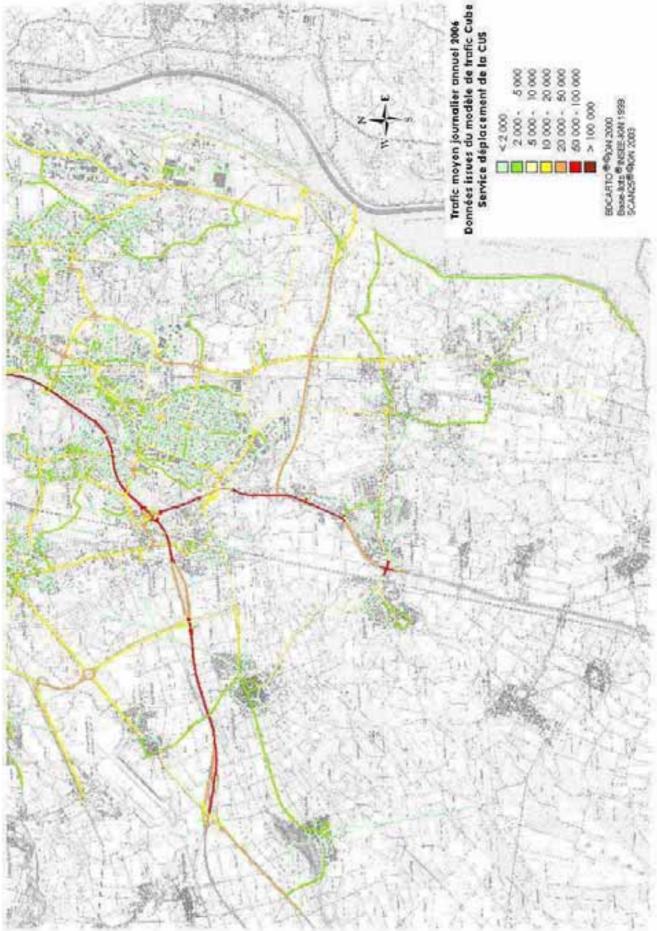
Carte 14: Circulation journalière sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006





Carte 15 : Circulation journalière sur la partie Ouest de la CUS – Situation année 2006

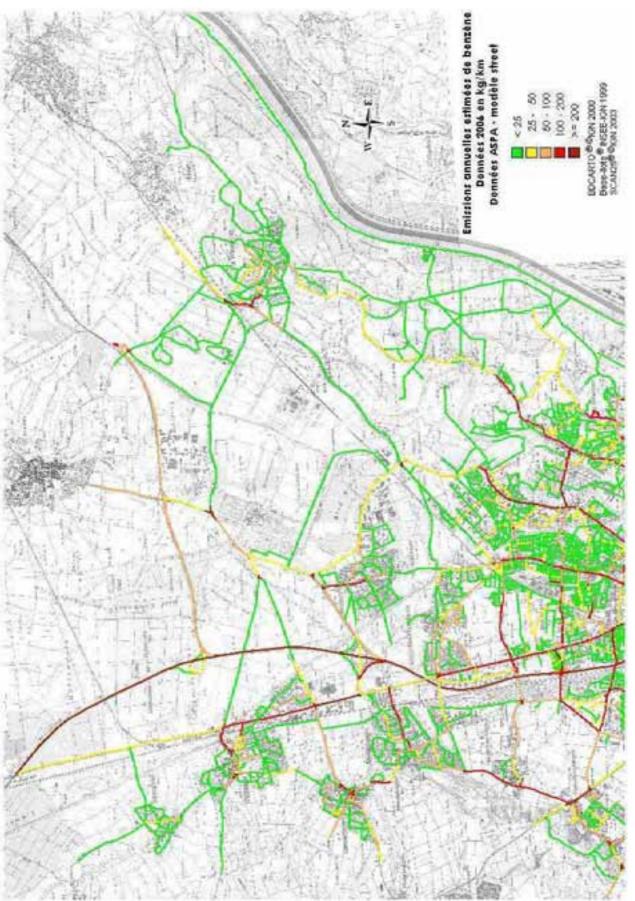




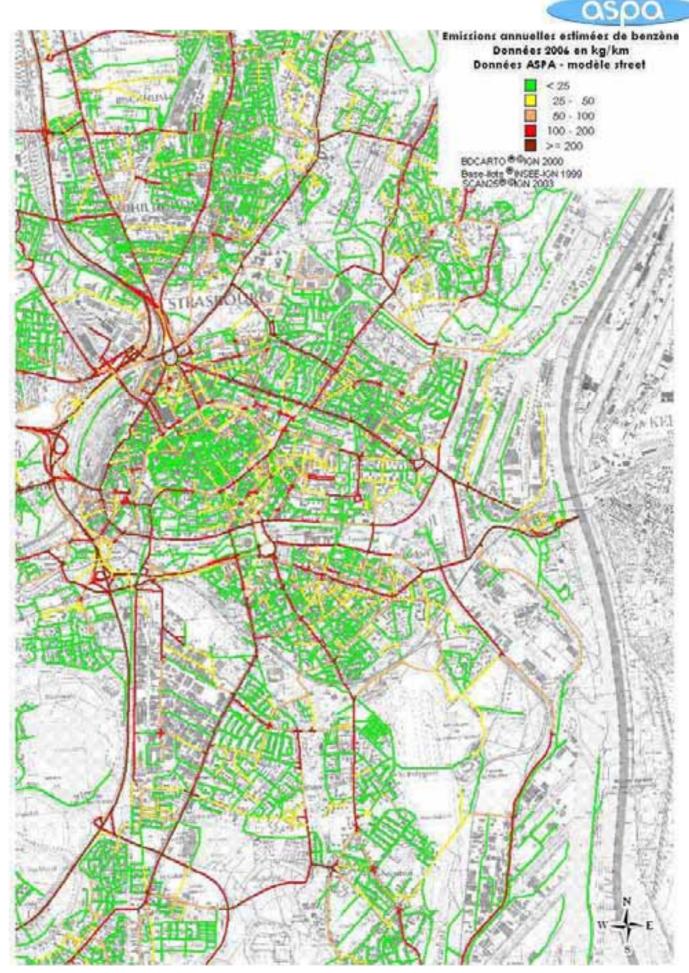
Carte 16 : Circulation journalière sur la partie Sud de la CUS – Situation année 2006



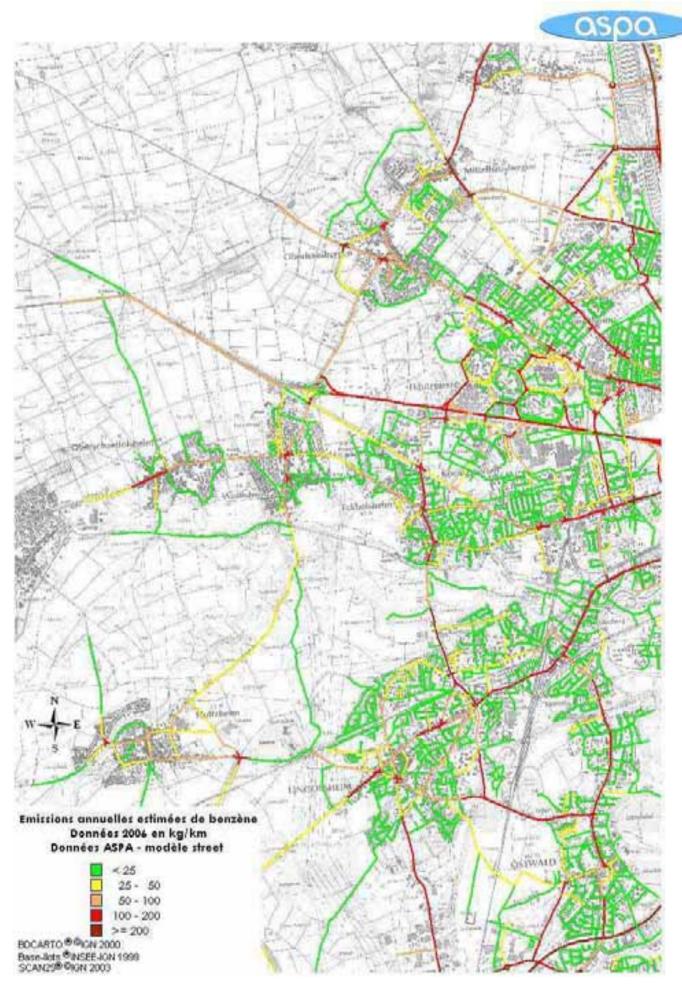
Annexe 2 : Le benzène



Carte 17: Emissions estimées de benzène sur la partie Nord de la CUS – Situation année 2006

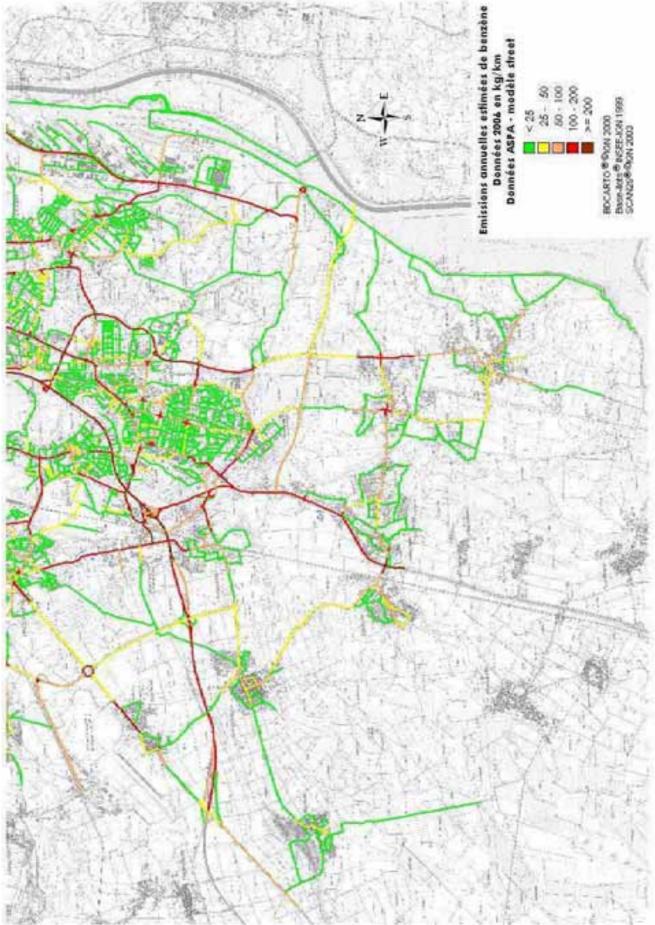


Carte 18 : Emissions estimées de benzène sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006



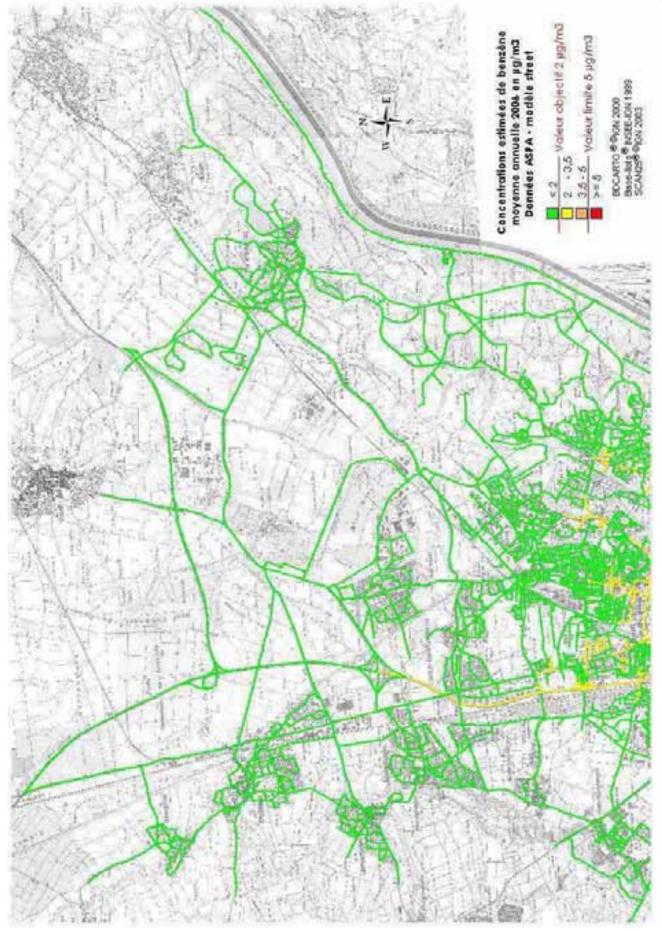
Carte 19 : Emissions estimées de benzène sur la partie Ouest de la CUS – Situation année 2006





Carte 20 : Emissions estimées de benzène sur la partie Sud de la CUS – Situation année 2006





Carte 21 : Concentrations estimées de benzène sur la partie Nord de la CUS – Situation année

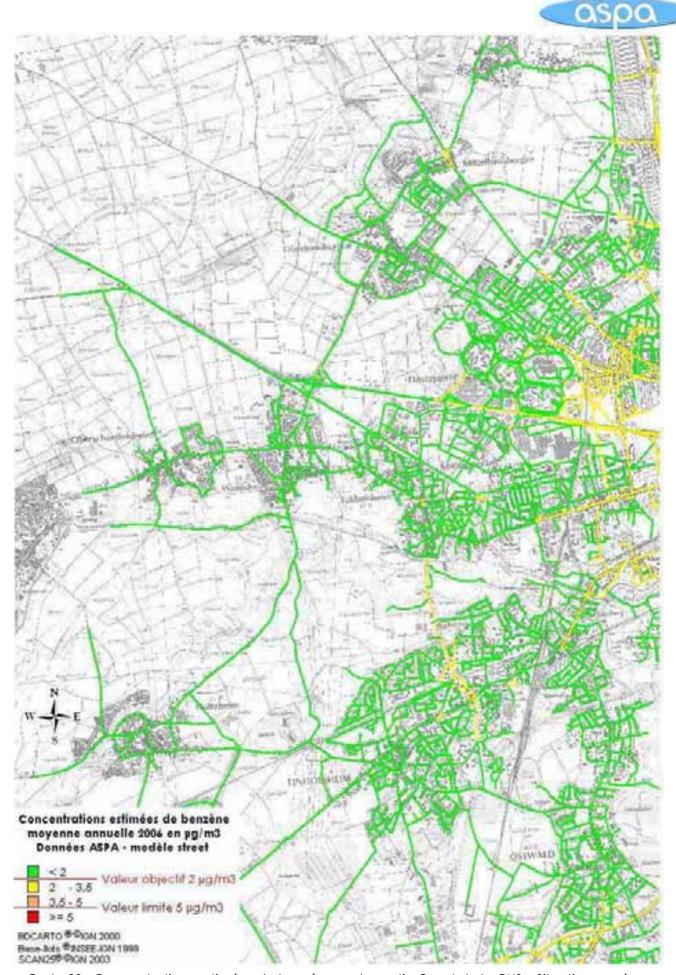




Carte 22 : Concentrations estimées de benzène sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006 Estimation de la qualité de l'air en proximité routière sur la CUS page 42

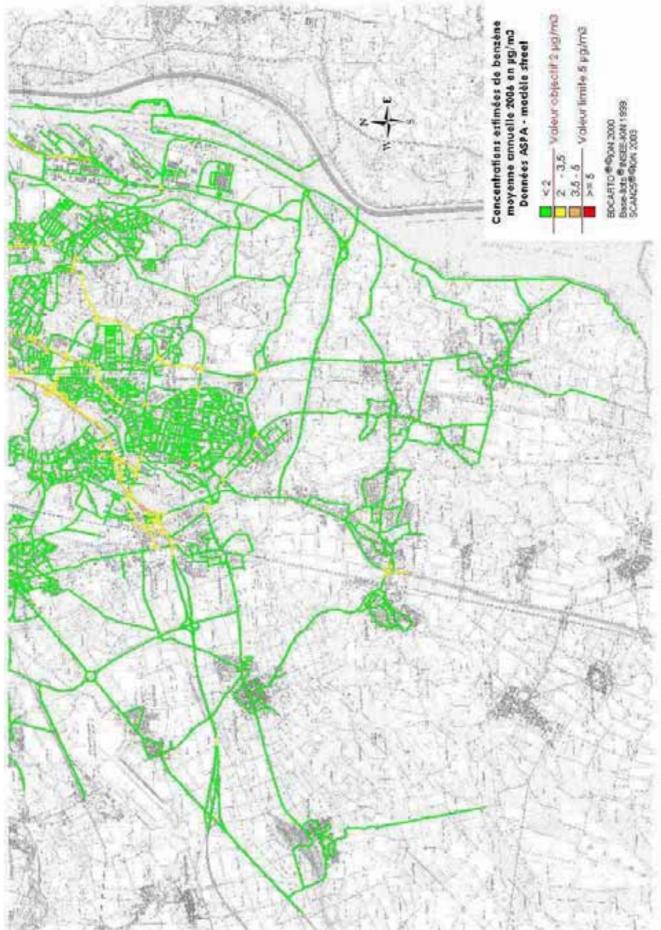
Estimation de la qualife de l'air en proximite routière sur la CUS Contrat 55/07

page 42 ASPA 07121302-I-D



Carte 23 : Concentrations estimées de benzène sur la partie Ouest de la CUS – Situation année

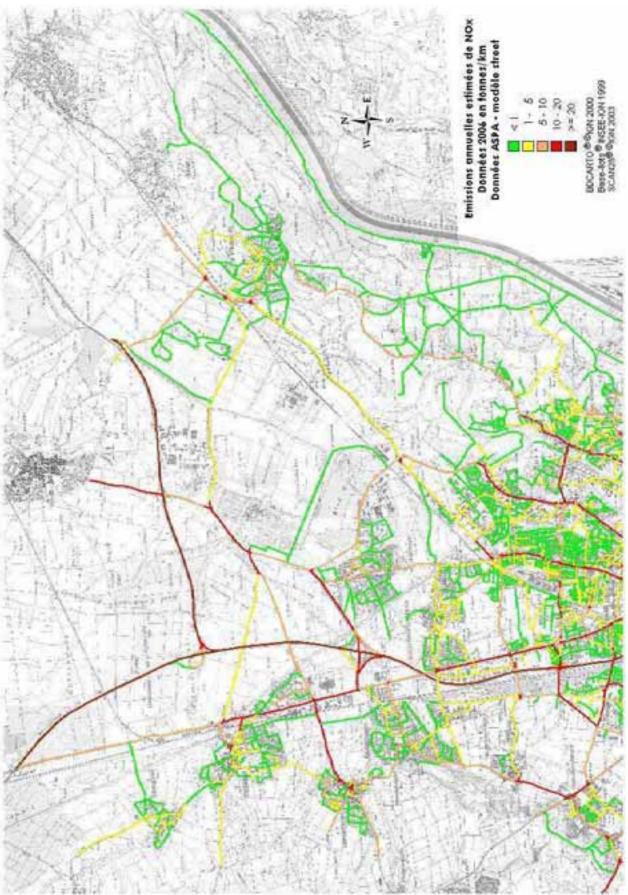




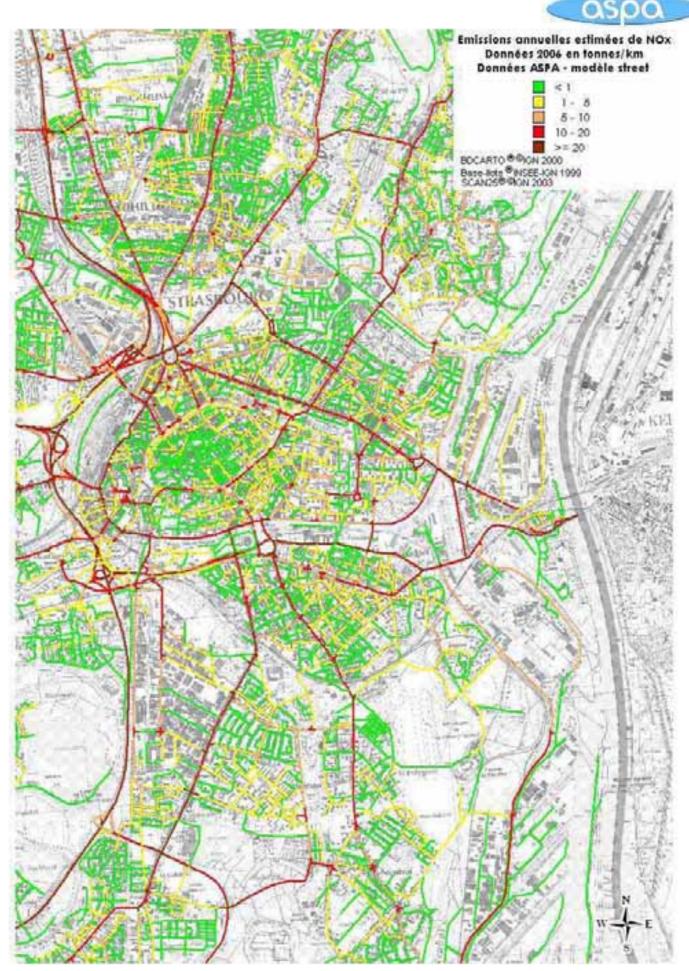
Carte 24 : Concentrations estimées de benzène sur la partie Sud de la CUS – Situation année



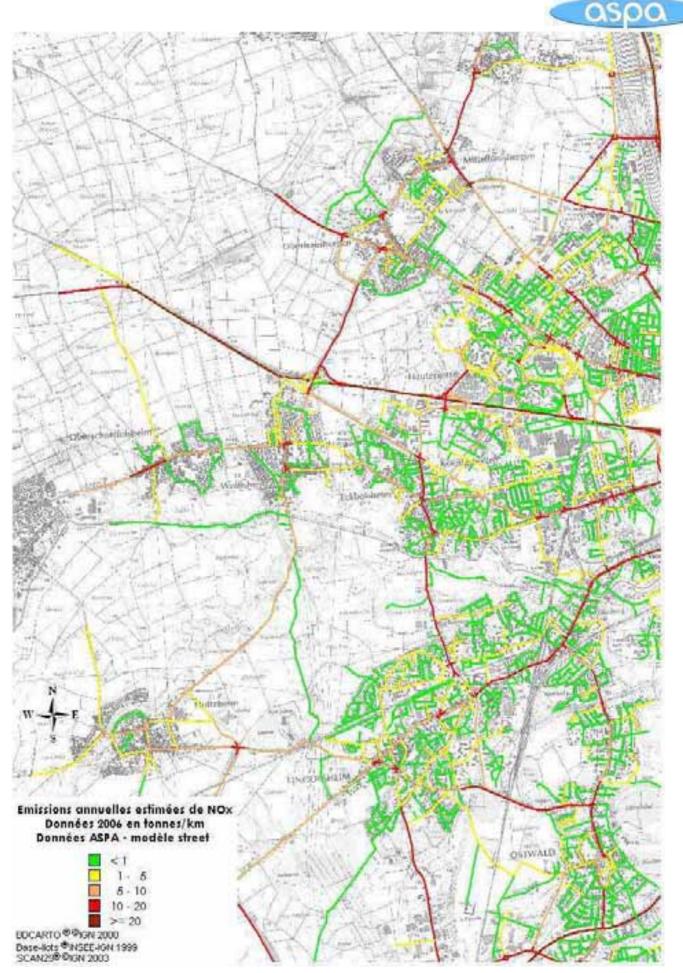
Annexe 3 : Le dioxyde d'azote



Carte 25 : Emissions estimées de NO_x sur la partie Nord de la CUS – Situation année 2006

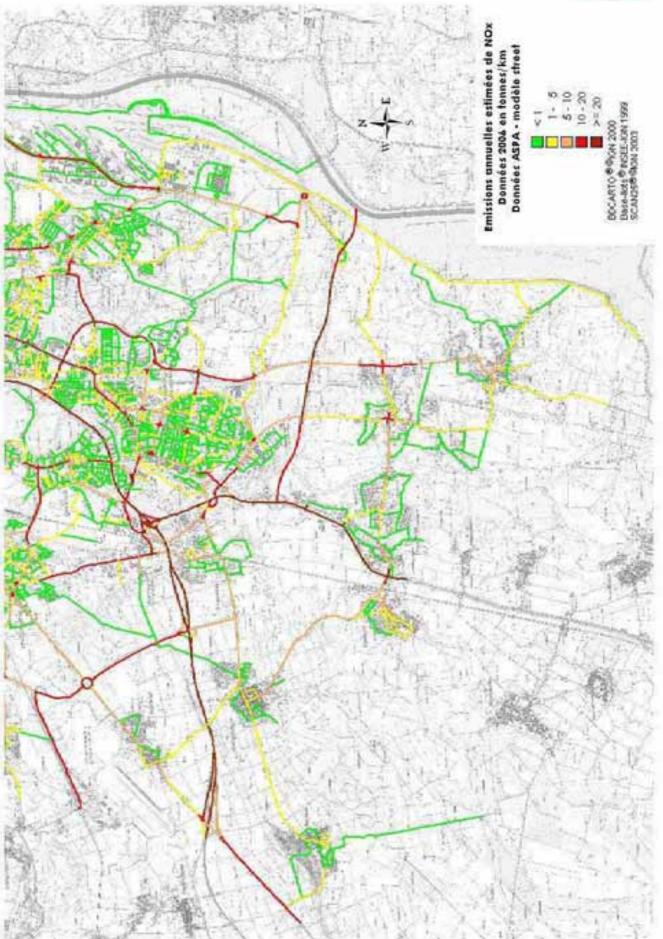


Carte 26: Emissions estimées de NOx sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006



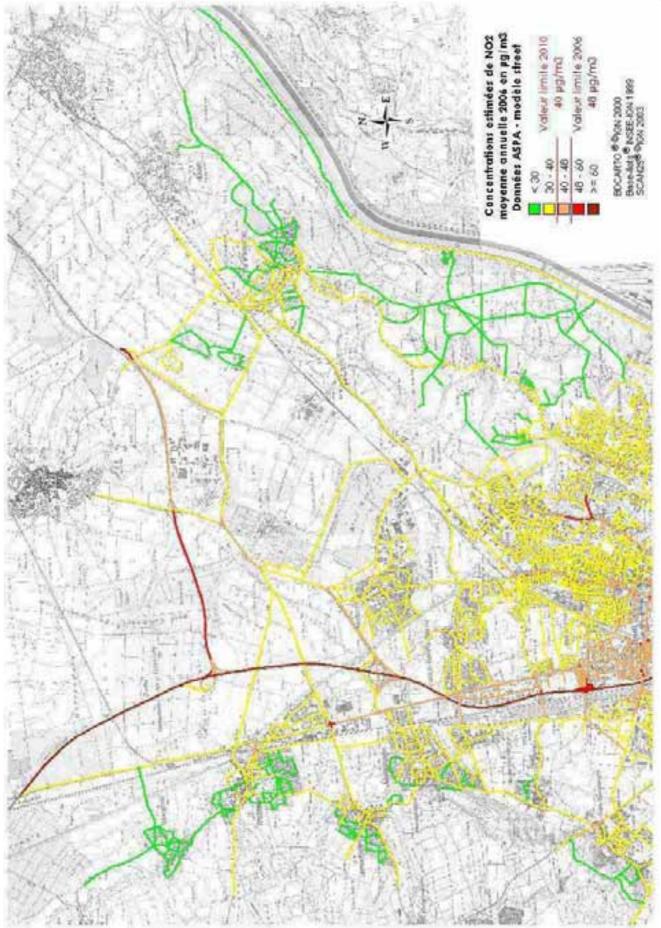
Carte 27 : Emissions estimées de NOx sur la partie Ouest de la CUS – Situation année 2006





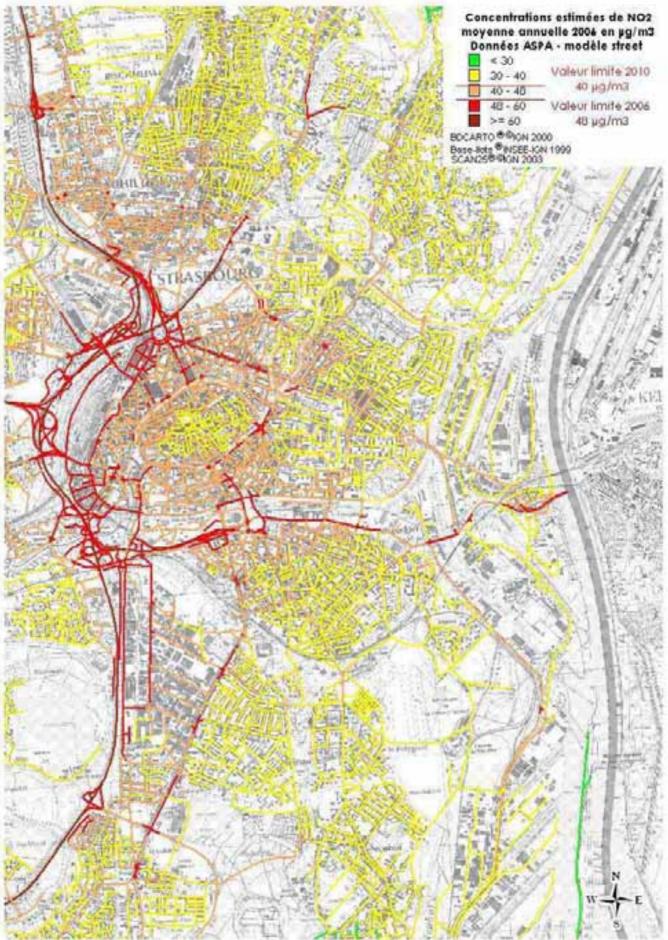
Carte 28 : Emissions estimées de NO_x sur la partie Sud de la CUS – Situation année 2006





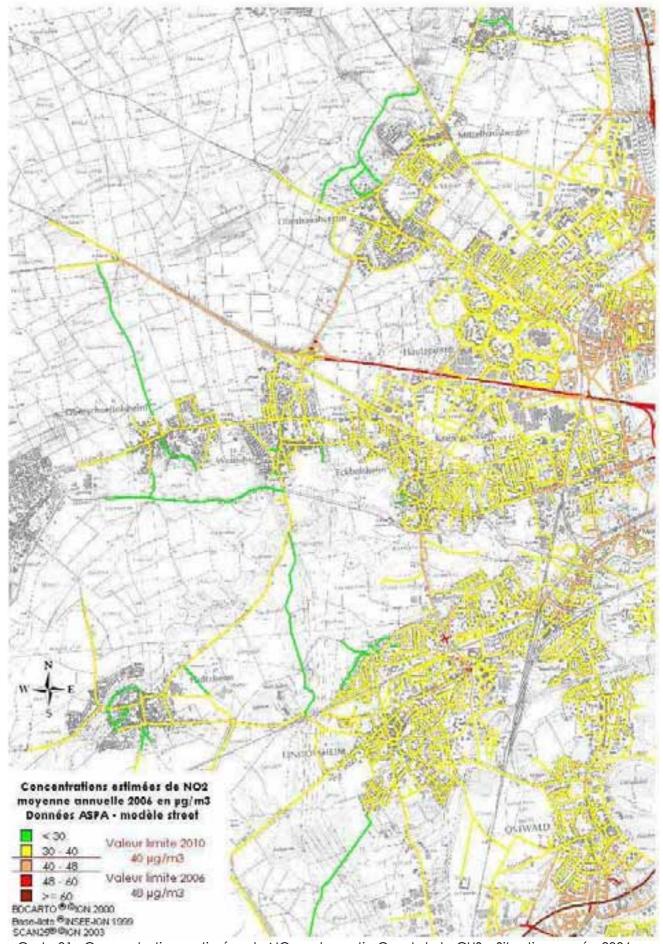
Carte 29: Concentrations estimées de NO2 sur la partie Nord de la CUS – Situation année 2006





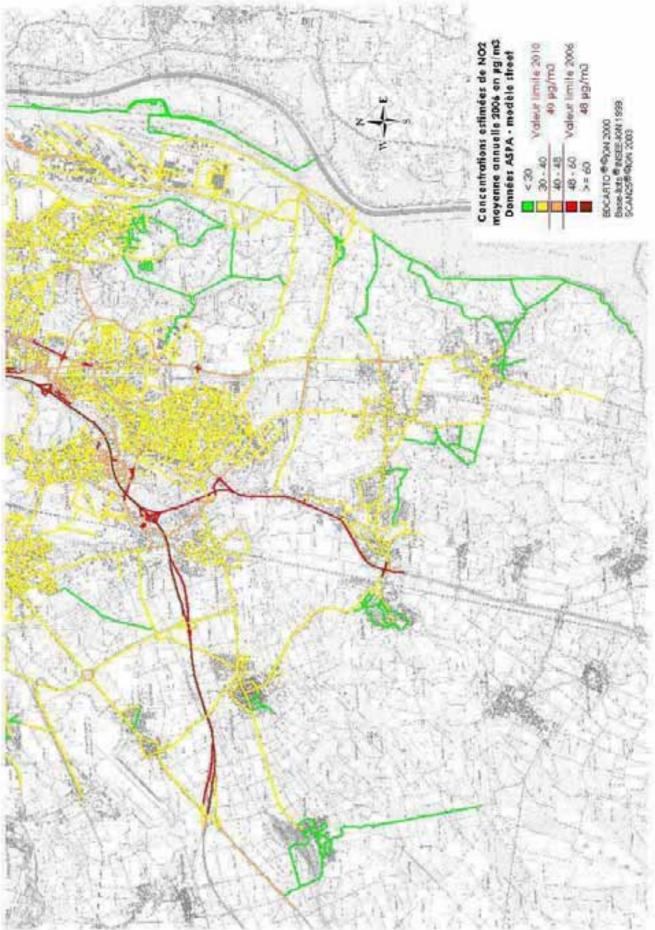
Carte 30 : Concentrations estimées de NO₂ sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006





Carte 31 : Concentrations estimées de NO2 sur la partie Ouest de la CUS – Situation année 2006

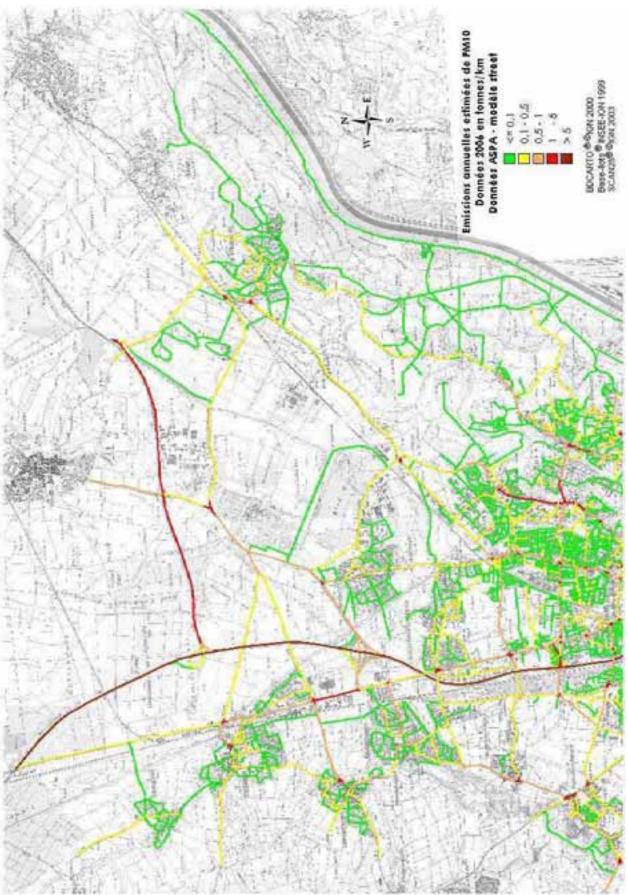




Carte 32 : Concentrations estimées de NO2 sur la partie Sud de la CUS – Situation année 2006

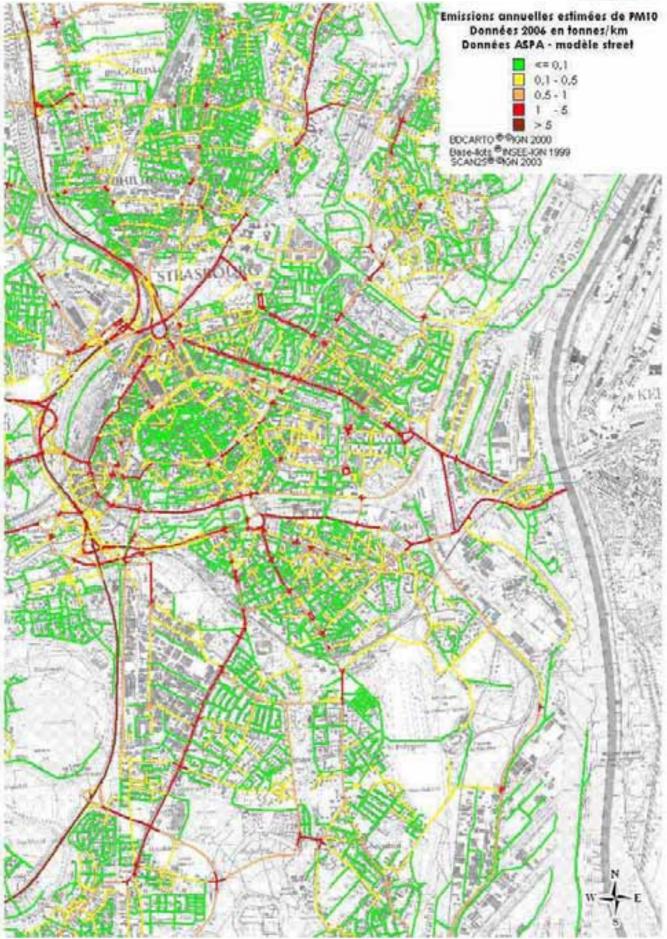


Annexe 4: Les particules PM10

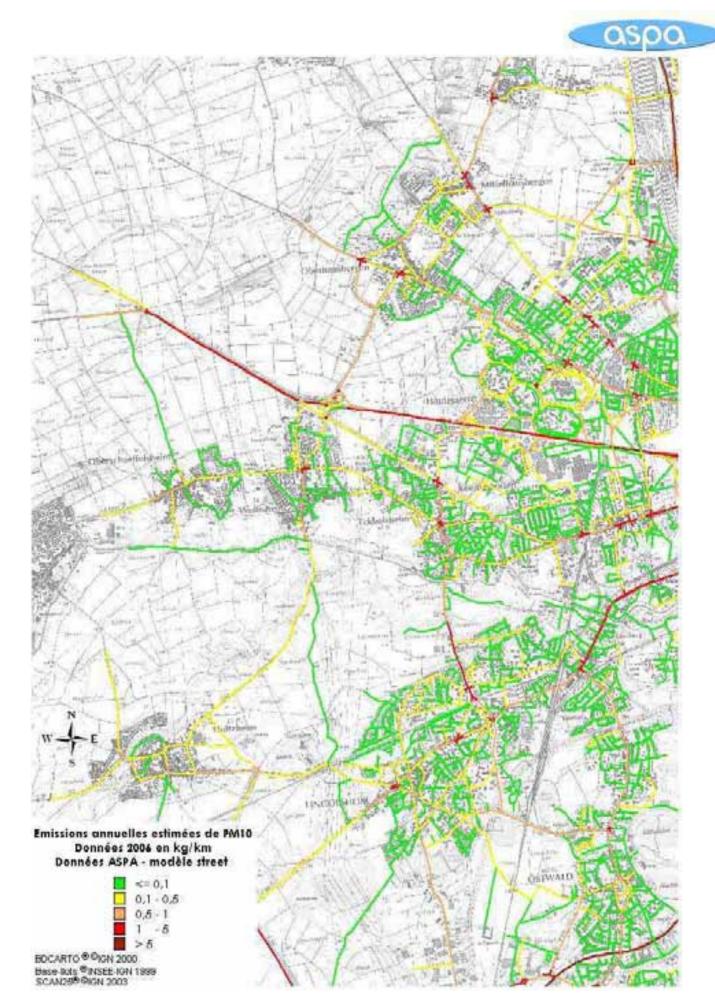


Carte 33 : Emissions estimées de PM10 sur la partie Nord de la CUS – Situation année 2006



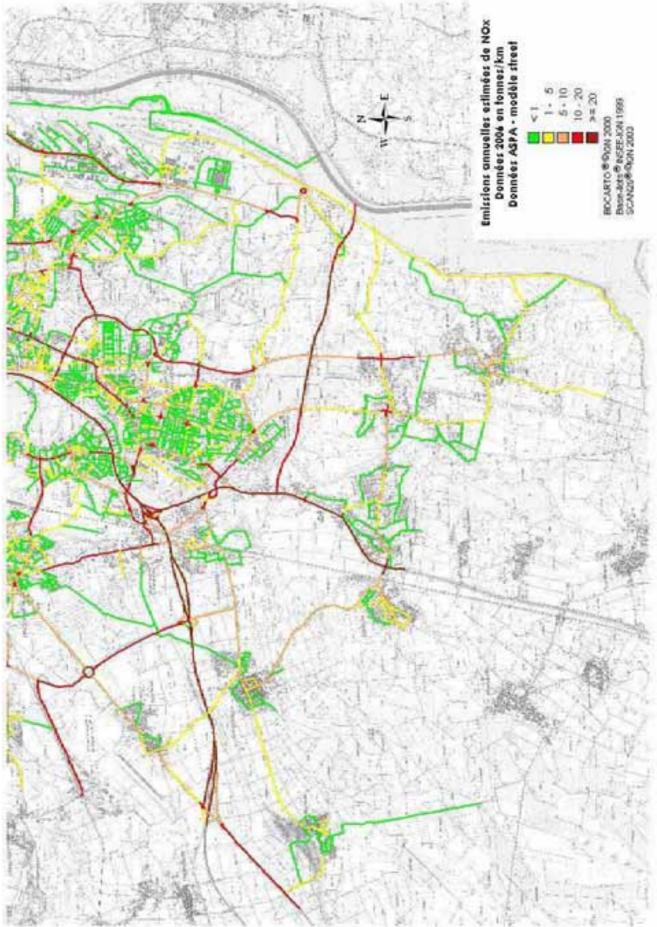


Carte 34 : Emissions estimées de PM10 sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006



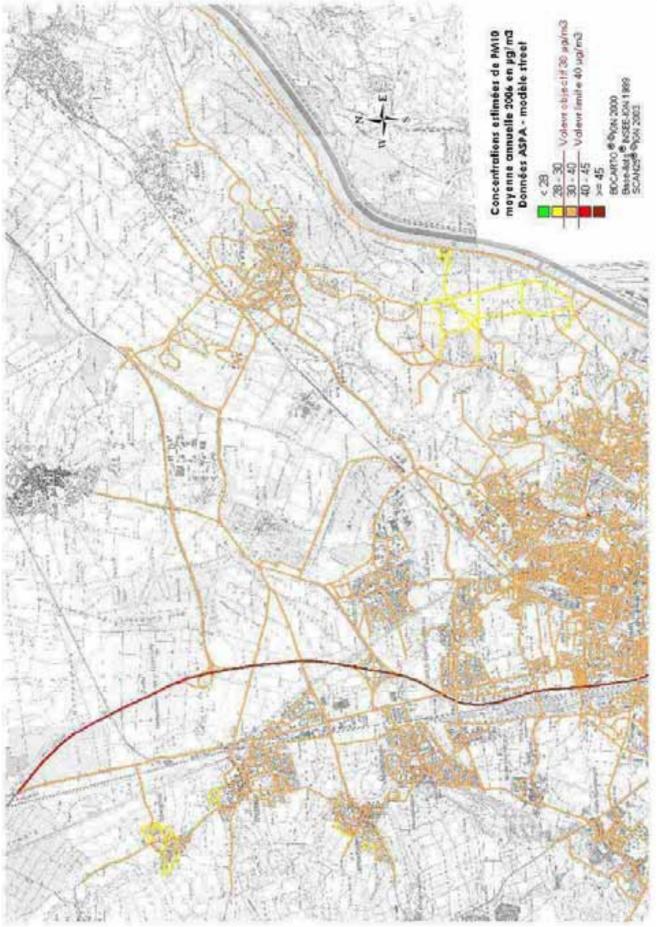
Carte 35 : Emissions estimées de PM10 sur la partie Ouest de la CUS – Situation année 2006





Carte 36: Emissions estimées de PM10 sur la partie Sud de la CUS – Situation année 2006

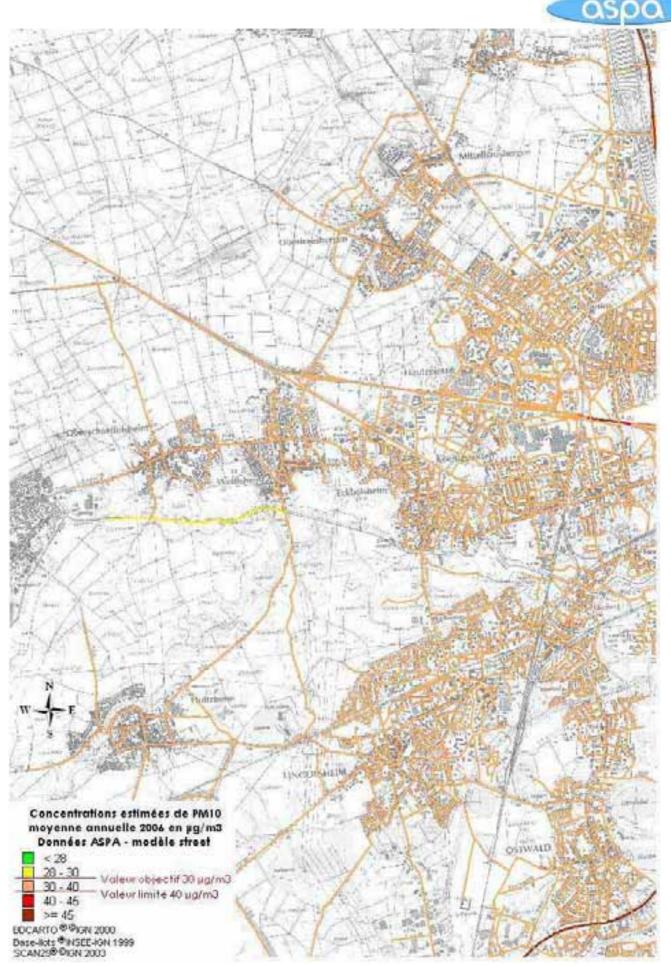




Carte 37 : Concentrations estimées de PM10 sur la partie Nord de la CUS – Situation année 2006

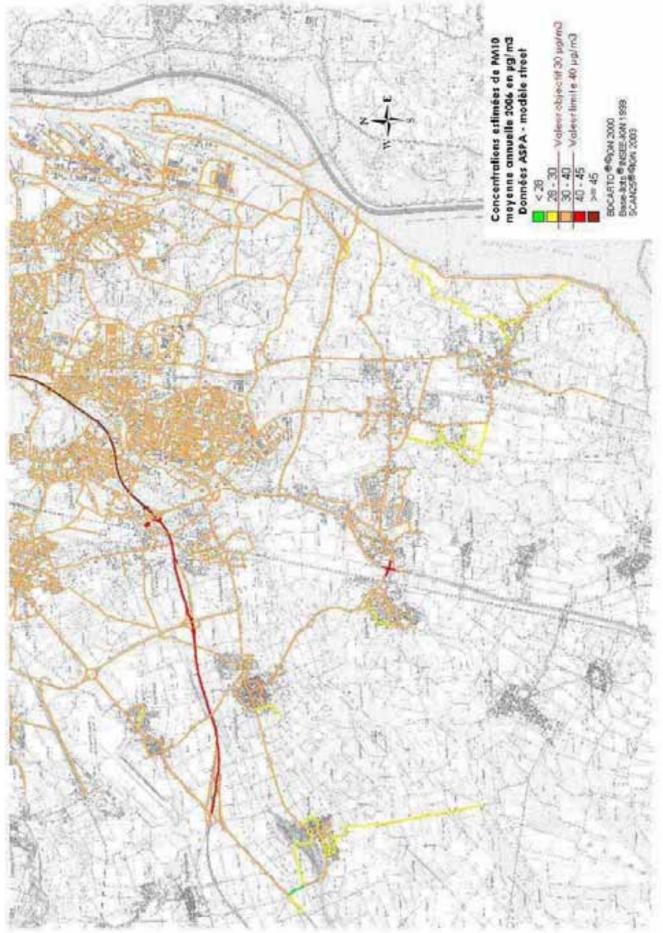


Carte 38 : Concentrations estimées de PM10 sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006



Carte 39 : Concentrations estimées de PM10 sur la partie Ouest de la CUS – Situation année 2006

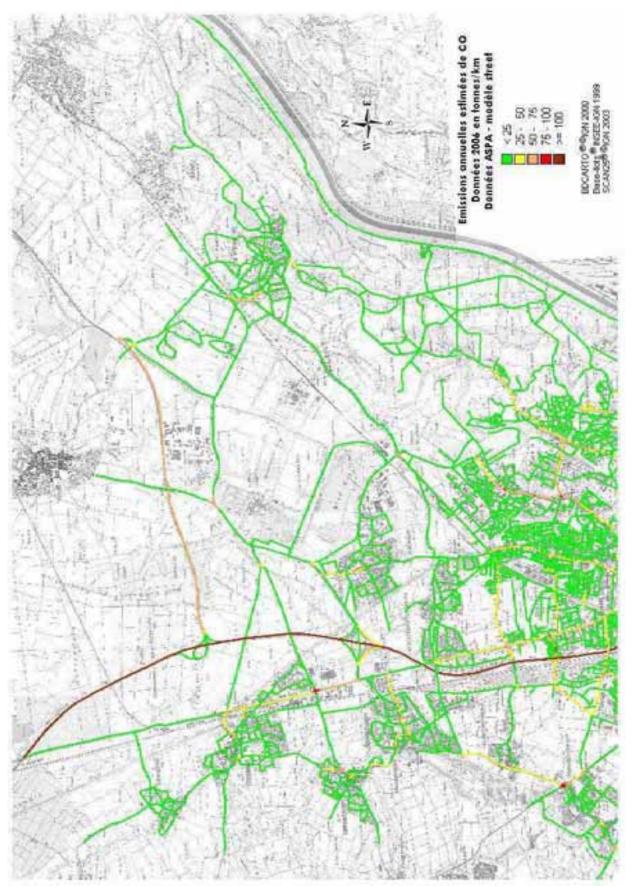




Carte 40 : Concentrations estimées de PM10 sur la partie Sud de la CUS – Situation année 2006



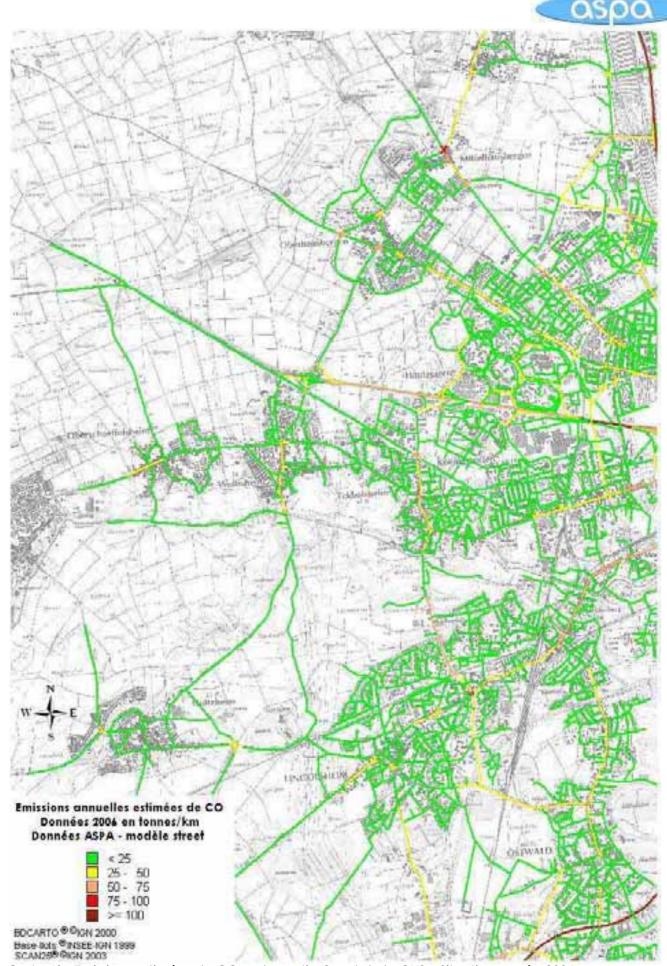
Annexe 5: Le monoxyde de carbone



Carte 41 : Emissions estimées de CO sur la partie Nord de la CUS – Situation année 2006

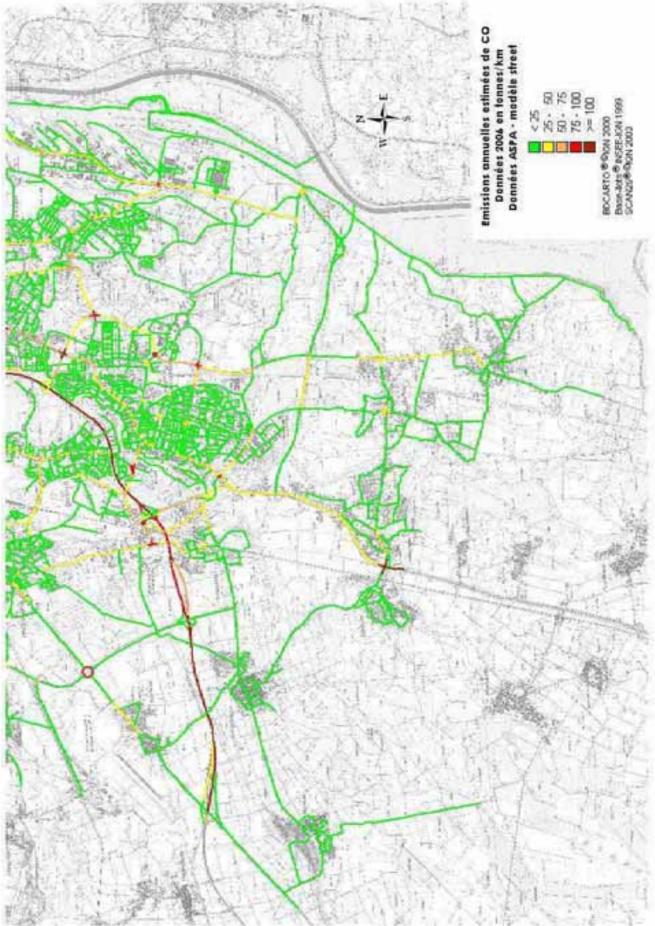


Carte 42: Emissions estimées de CO sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006



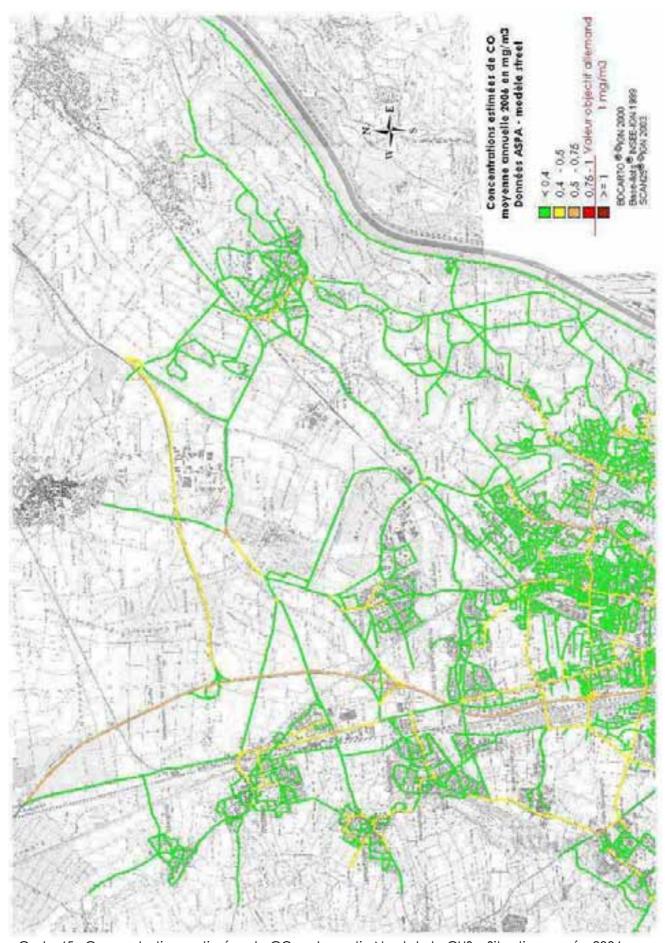
Carte 43: Emissions estimées de CO sur la partie Ouest de la CUS – Situation année 2006



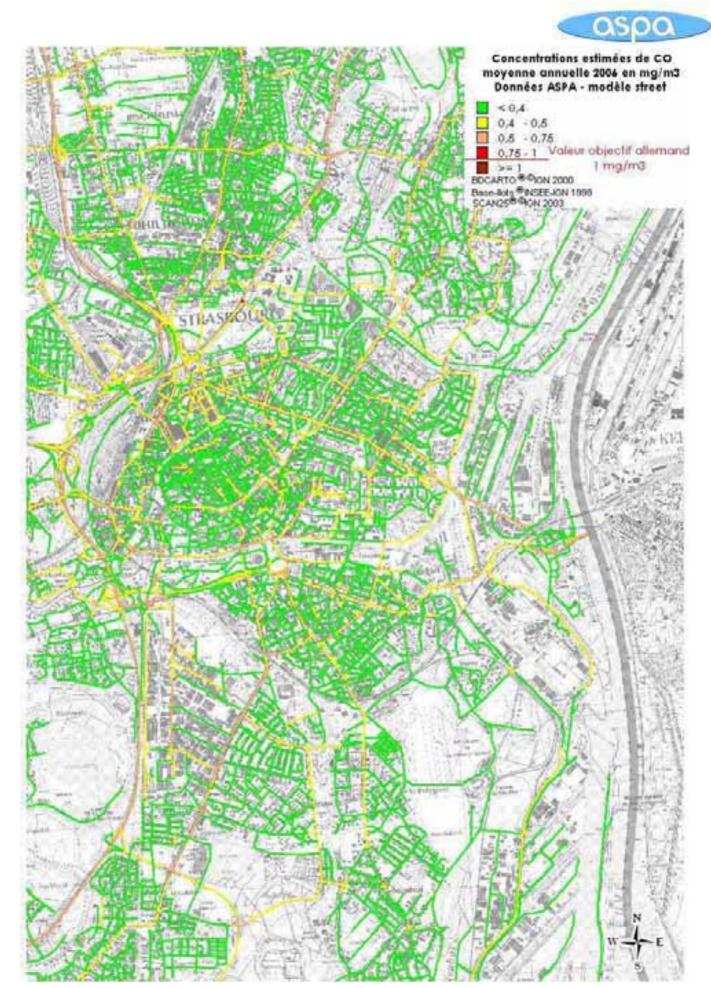


Carte 44 : Emissions estimées de CO sur la partie Sud de la CUS – Situation année 2006

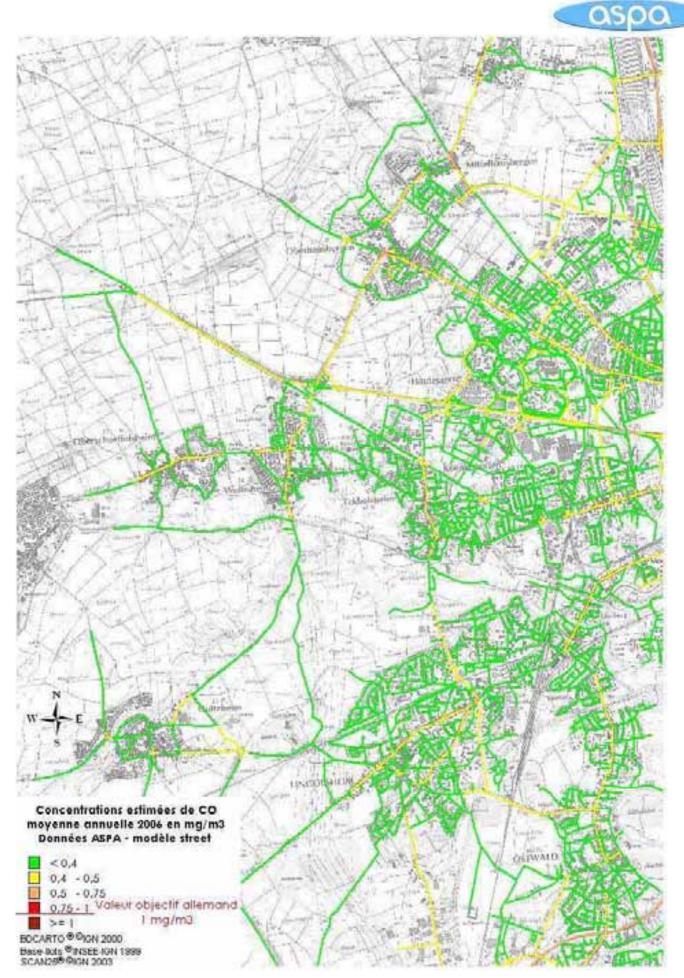




Carte 45 : Concentrations estimées de CO sur la partie Nord de la CUS – Situation année 2006



Carte 46 : Concentrations estimées de CO sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006



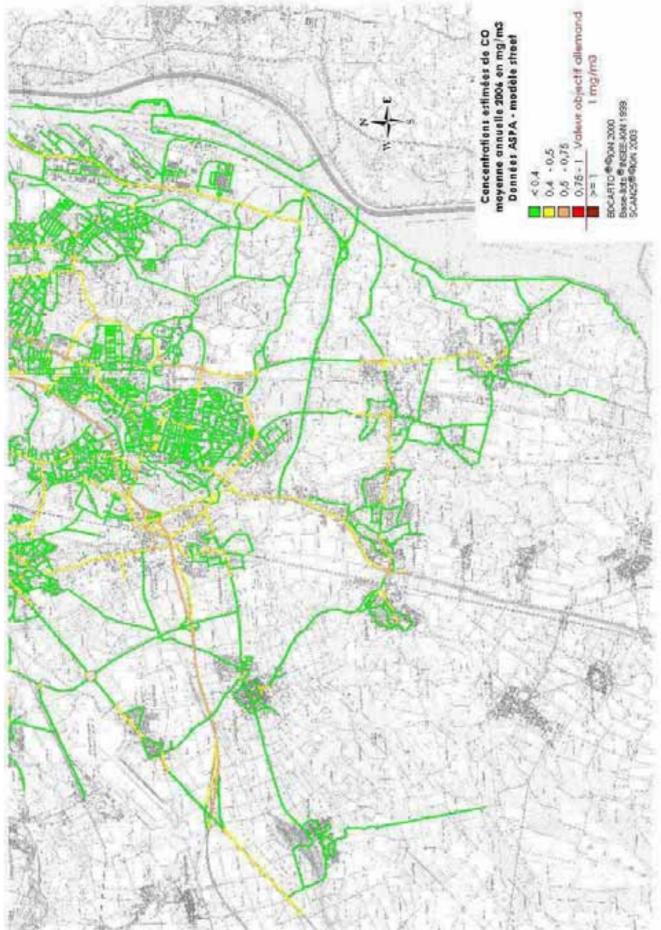
Carte 47 : Concentrations estimées de CO sur la partie Ouest de la CUS – Situation année 2006

Estimation de la qualité de l'air en proximité routière sur la CUS page 67

Contrat 55/07

ASPA 07121302-I-D

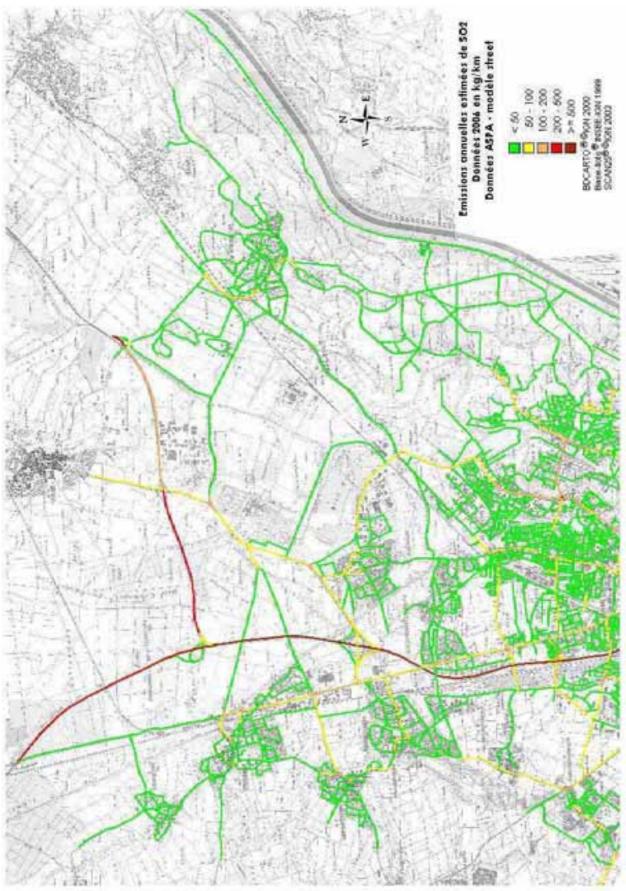




Carte 48 : Concentrations estimées de CO sur la partie Sud de la CUS – Situation année 2006

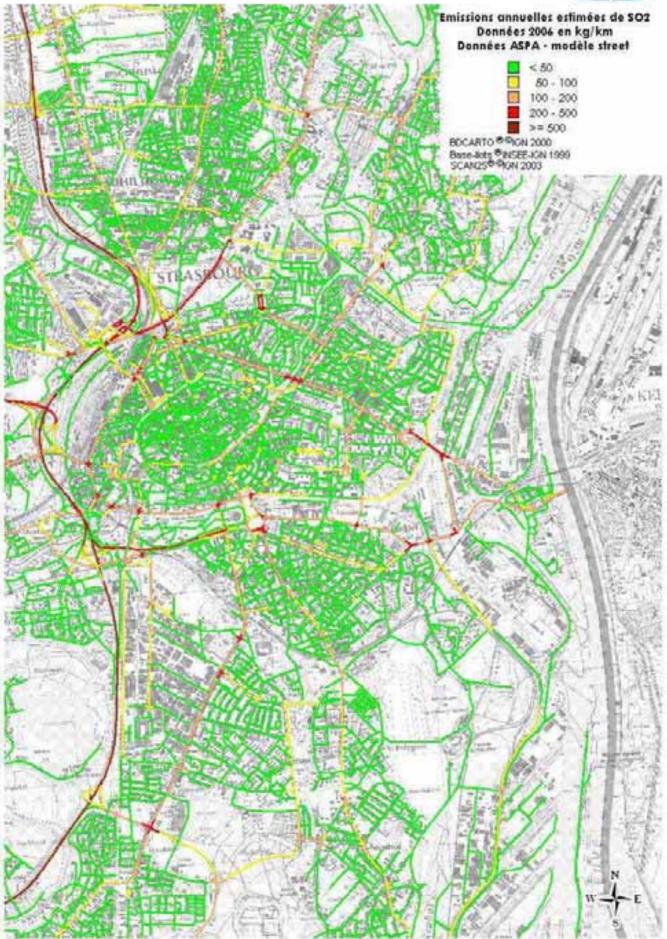


Annexe 6 : Le dioxyde de soufre

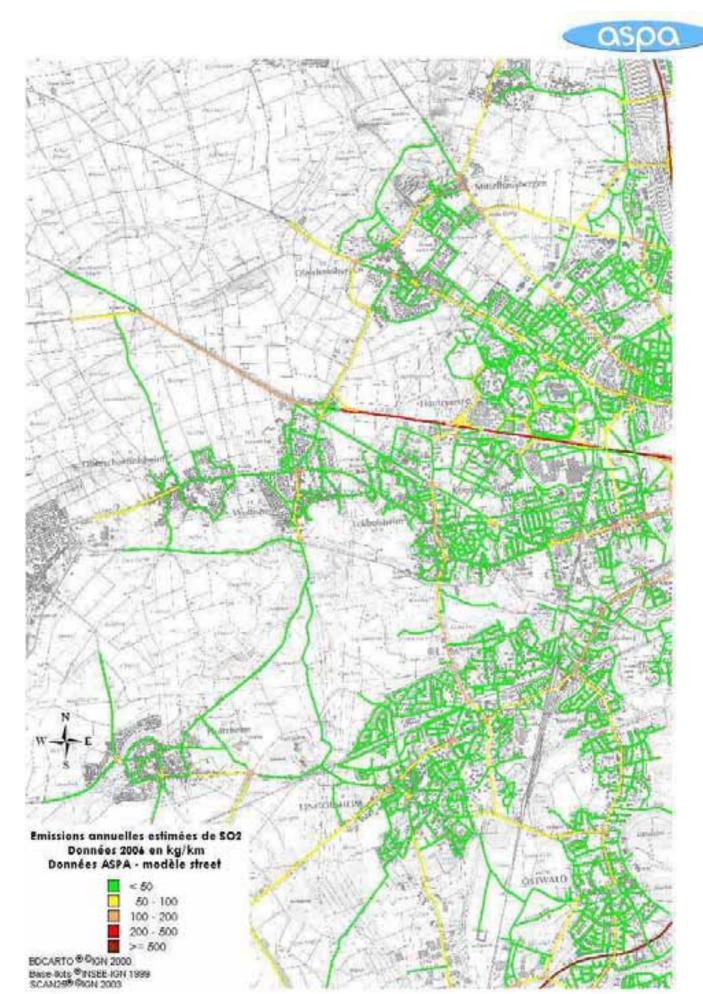


Carte 49: Emissions estimées de SO₂ sur la partie Nord de la CUS – Situation année 2006



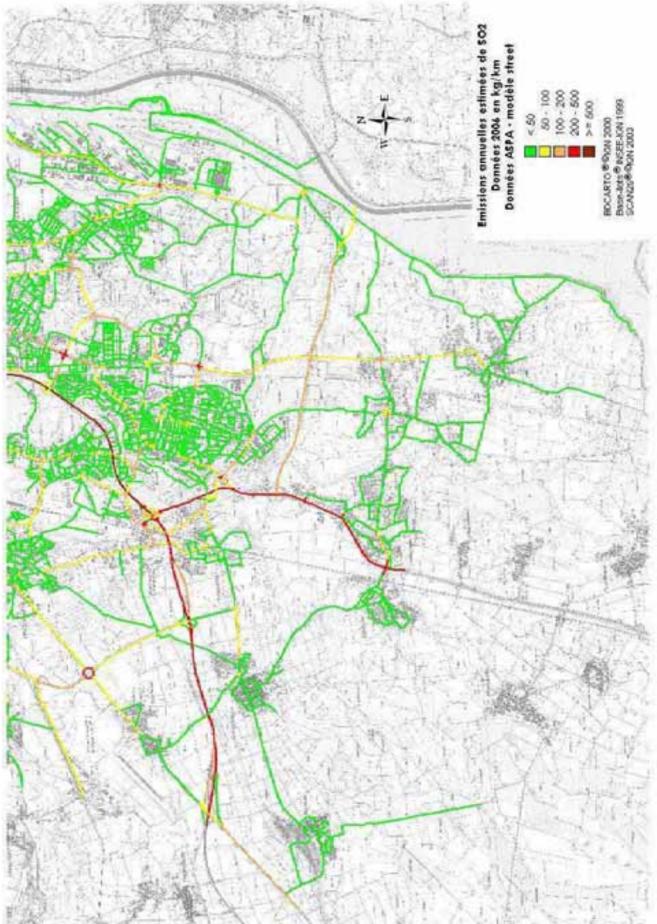


Carte 50 : Emissions estimées de SO₂ sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006



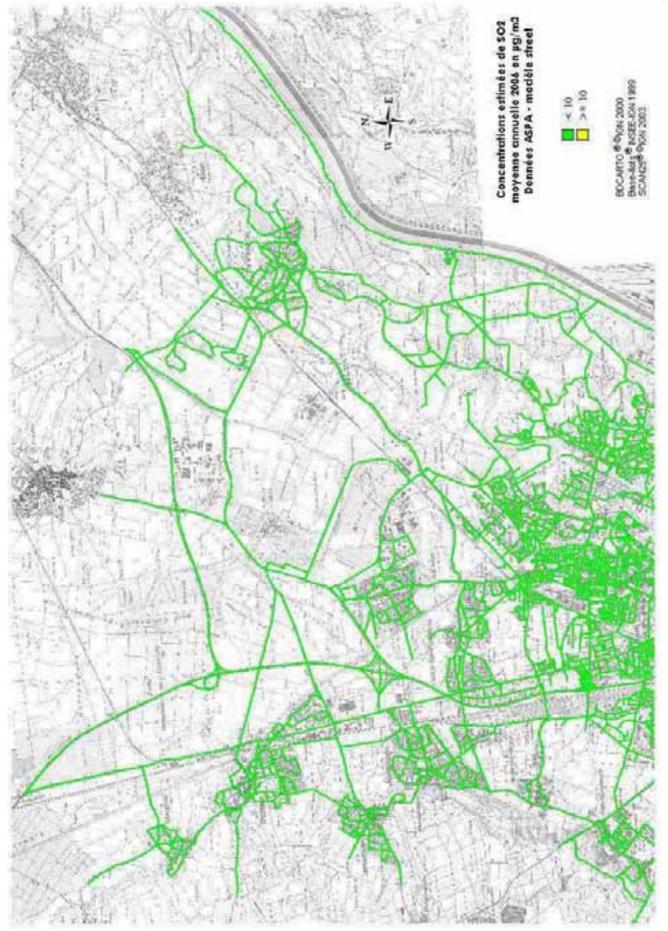
Carte 51 : Emissions estimées de SO₂ sur la partie Ouest de la CUS – Situation année 2006





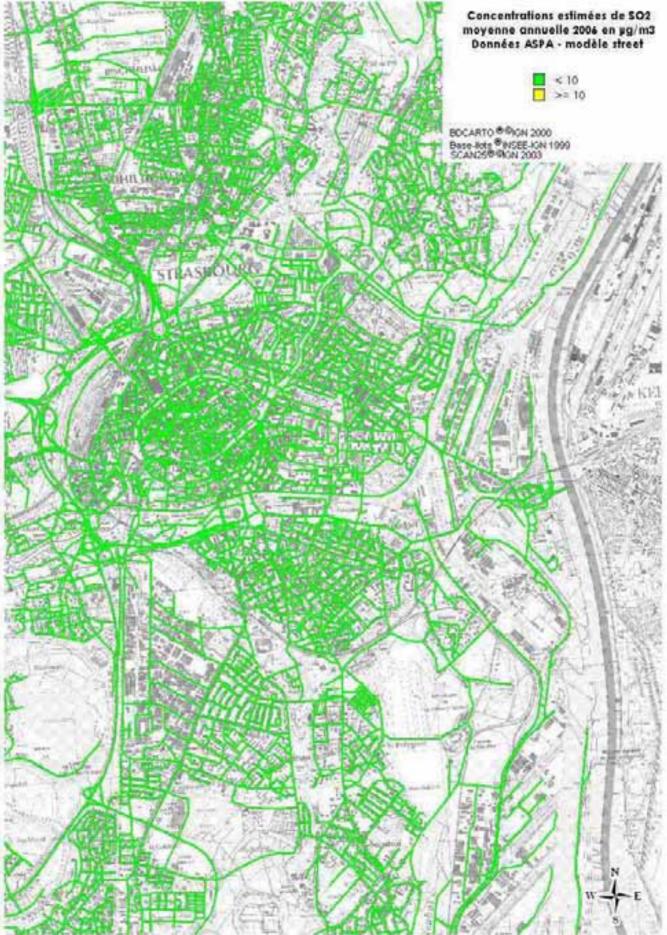
Carte 52: Emissions estimées de SO₂ sur la partie Sud de la CUS – Situation année 2006



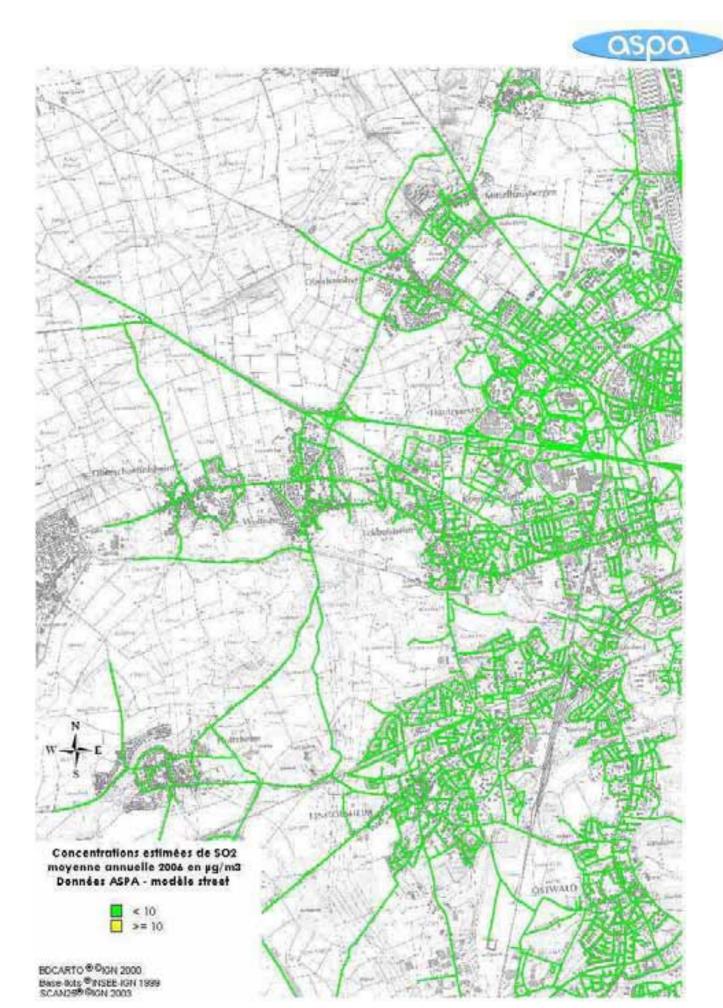


Carte 53 : Concentrations estimées de SO2 sur la partie Nord de la CUS – Situation année 2006



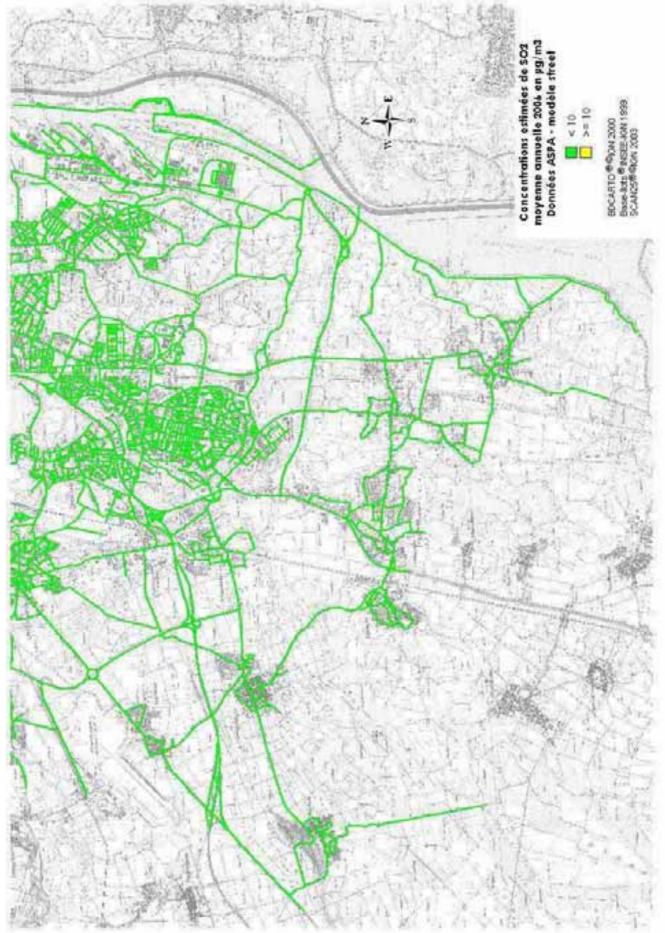


Carte 54 : Concentrations estimées de SO₂ sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006



Carte 55 : Concentrations estimées de SO₂ sur la partie Ouest de la CUS – Situation année 2006 Estimation de la qualité de l'air en proximité routière sur la CUS page 75 Contrat 55/07 ASPA 07121302-I-D





Carte 56 : Concentrations estimées de SO₂ sur la partie Est de la CUS – Situation année 2006