

Élaboration d'un cadastre d'émissions de polluants primaires dans la région Nord-Pas-de-Calais

Les transports automobiles

Primary pollutants cadastral emission development in the Nord-Pas-de-Calais French area

Road transport

Valérie NOLLET, Corinne SCHADKOWSKI, Stéphanie HUE,
Yannick FLANDRIN, Jean-Claude DECHAUX

Résumé

Pour représenter à l'aide d'un modèle informatique la qualité de l'air d'une région choisie il faut disposer d'un grand nombre de données de trois types : les émissions de polluants précurseurs du smog photochimique, les paramètres météorologiques ainsi que les données des réseaux de mesure de la zone considérée. Il est aisé de disposer assez rapidement des deux derniers types de bases de données en contactant Météo-France et les réseaux de mesures. En revanche, il existe encore peu de données concernant les cadastres d'émission français. Il a donc été nécessaire d'établir un cadastre pour la région que nous avons étudiée. Ce travail très lourd d'élaboration d'un cadastre d'émissions primaires de polluants a été scindé en deux parties : d'une part l'élaboration du cadastre d'émissions anthropiques lié aux activités humaines, et la partie concernant les émissions des sources automobiles est développée dans cet article ; d'autre part celle du cadastre d'émission biogéniques dites aussi « émissions naturelles », qui donnera lieu à une prochaine publication.

Dans ce travail a été réalisé un inventaire des sources mobiles (trafic automobile) de la région prenant en compte les véhicules particuliers, les utilitaires légers ainsi que les poids lourds.

L'inventaire des sources automobiles nécessite diverses données telles que la représentation du trafic régional, la connaissance du parc automobile de la région ainsi que l'utilisation de coefficients unitaires d'émissions véhiculaires, fournies par l'INRETS dans notre cas. L'estimation du trafic automobile est réalisée ici en utilisant : pour les grands axes de circulation le modèle de trafic POLEMI, mis au point par notre équipe, alimenté par des données DDE ; pour les unités urbaines soit des données de trafic fournies par les services transports des communautés urbaines et des grandes villes de la zone considérée lorsqu'elles sont disponibles, soit une méthodologie de type CORINAIR reliant les émissions à un « facteur d'activité ».

Dans une publication ultérieure, nous verrons que les bases de données ainsi obtenues ont été introduites dans le modèle UAM IV, appliqué à l'étude d'un épisode de pollution photochimique dans la région Nord-Pas-de-Calais. Le modèle a donné des résultats satisfaisants, particulièrement au niveau de l'agglomération lilloise.

Abstract

In a given area, in order to address the study of air quality by using a computer model, it is necessary to have a large number of input data of three types : photochemical smog precursors emissions, meteorological parameters, monitoring networks data. It is easy to have quite rapidly the two last mentioned data by contacting Météo-France and the regional monitoring networks. Nevertheless at the moment few emission inventories are available in France. Thus we had to make out a cadastral grid in the region we are studying. This sizeable work has been divided in two parts : on one hand the development of a man-made emissions data base of which the part concerning mobile sources is presented in this paper ; on the other hand the cadastral biogenic emissions to be presented in a forthcoming paper.

In this work we fulfilled an inventory including the biggest industrial sources and the road vehicles emissions in the region. The mobile sources inventory requires the detailed knowledge of the regional traffic, of the car fleet, and of the vehicles emissions factors. The evaluation of vehicles traffic has been made by using, for the main roads, the POLEMI software developed by our team and supplied with DDE data ; for the urban units, either traffic data from city transportation services when available or the european CORINAIR methodology.

In a forthcoming paper we will state that the data thus obtained have been used as input data in the UAM IV model concerning the modelling of a photochemical smog episode in the Nord-Pas-de-Calais area. A fairly good agreement has been obtained, namely concerning the Lille city conurbation.

* Laboratoire de Cinétique et Chimie de la Combustion, UMR CNRS 8522, Université des Sciences et Technologies de Lille, 59655 Villeneuve-d'Ascq Cedex.

Introduction

La pollution atmosphérique est de nos jours une des inquiétudes majeures, en termes d'environnement et de qualité de vie. Or, l'un des gros problèmes de pollution de l'air qui se pose à nous en cette fin de siècle est la pollution photochimique. On désigne généralement sous le terme « oxydants photochimiques » les polluants secondaires qui se forment sous l'action du rayonnement UV solaire à partir du mélange de polluants primaires, principalement oxydes d'azote et hydrocarbures issus de sources anthropiques et biogéniques. Le plus connu de ces photo-oxydants est l'ozone, dont les concentrations dans la troposphère ont plusieurs fois dépassé les niveaux d'information dans différentes villes françaises cet été 1999.

À l'échelle internationale comme locale, les modèles physico-chimiques sont indispensables pour étudier, interpréter et prédire le comportement spatial et temporel des oxydants photochimiques et de leurs précurseurs, et ainsi gérer au mieux l'environnement atmosphérique. Dans le but d'obtenir des résultats fiables, il est primordial d'initialiser et d'alimenter les modèles avec des données d'entrée de grande qualité.

Parmi les données à connaître avec précision figurent en bonne place les émissions dues aux transports (sources mobiles) qui représentent une part non négligeable des émissions globales des précurseurs de la pollution photochimique. La résolution en huit arrondissements des inventaires régionaux Nord-Pas-de-Calais provenant du CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique) n'est pas assez fine pour une modélisation de qualité. Or, si la directive-cadre sur l'air ambiant réclame des inventaires, il existe encore peu de travail de ce type en France [1].

Suite à un premier travail effectué par notre équipe sur la ville de Mexico en collaboration avec l'INRETS et l'École des Mines de Douai [2, 3], un modèle baptisé POLEMI a été développé, afin d'estimer le plus précisément possible les émissions automobiles sur les grands axes de circulation. La part des émissions dites « diffuses », à savoir les émissions liées au trafic dans les zones urbaines est estimée soit à partir de la méthodologie CORINAIR, soit à partir de données de trafic provenant de la communauté urbaine ou de la ville. Ces deux contributions sont ensuite sommées afin d'obtenir un cadastre d'émissions véhiculaires de la zone considérée.

La zone d'étude

En terme de modélisation du smog photochimique, la taille et la localisation géographique de la zone étudiée définissent les données d'entrée dont il faut disposer pour la modélisation.

Ainsi divers paramètres influent sur le choix de la taille de la zone sélectionnée tels que les phéno-

mènes météorologiques locaux, la localisation des sources majeures de polluants, des stations des réseaux de surveillance de la qualité de l'air et des récepteurs (la population) ou le besoin de minimiser les effets de l'incertitude sur les conditions aux limites du domaine sélectionné.

Dans notre région, il aurait été logique de choisir une entité géographique « complète », à savoir inclure dans le domaine non seulement toute la région Nord-Pas-de-Calais mais également les côtes belge et anglaise, et de ce fait la Manche. Cela permettrait de tenir compte des phénomènes de transport transfrontaliers et transmaritimes, ainsi que des phénomènes météorologiques fréquents dans les zones côtières, à savoir les brises de mer et de terre.

Cependant, il nous a été nécessaire de faire dans un premier temps un compromis entre taille du domaine et possibilités techniques. En effet, prendre en compte un domaine trop grand se révèle très « gourmand » au niveau de la collecte des données, d'autant que lesdites données risquent de ne pas être facilement et rapidement accessibles si elles se situent hors de nos frontières, sans le soutien d'un programme de recherche transfrontalier de type INTERREG. De plus, nous utilisons une résolution assez fine ($2 \times 2 \text{ km}^2$), et un domaine trop important peut excéder nos capacités actuelles de calcul.

Nous avons donc tenté d'inclure dans le domaine d'une part les sources majeures présentes dans la région, d'autre part un maximum de stations de mesures des différents réseaux de surveillance.

Le domaine finalement choisi, présenté dans la figure 1, p. 111, comporte une partie importante en territoire belge. Cela répond à une attente de nos voisins, notamment curieux de connaître les répercussions des émissions de la région de Lille sur la qualité de l'air en Belgique. Il s'étend sur $14\,136 \text{ km}^2$: 124 km d'est en ouest et 114 km du sud au nord. Son origine (extrémité sud-ouest) est située dans la zone UTM n° 31 ($X_{\text{UTM}} = 426,75 \text{ km}$; $Y_{\text{UTM}} = 5\,551 \text{ km}$). Il englobe la majeure partie des stations des quatre réseaux de surveillance de la région (OPAL'AIR, AREMA Lille Métropole, AREMARTOIS et AREMASSE), ainsi que le réseau belge CELINE.

Inventaires des émissions des sources mobiles

Les émissions véhiculaires sont généralement décomposées en deux contributions : les émissions à chaud (moteur chaud) et les émissions à froid (température du moteur inférieure à la température idéale de fonctionnement), auxquelles on ajoute pour les composés organiques volatils les émissions par évaporation.

Chacune de ces contributions dépend de nombreux paramètres eux-mêmes fonction de diverses variables. Cela génère un système très complexe à traiter pour lequel il convient d'établir un compromis

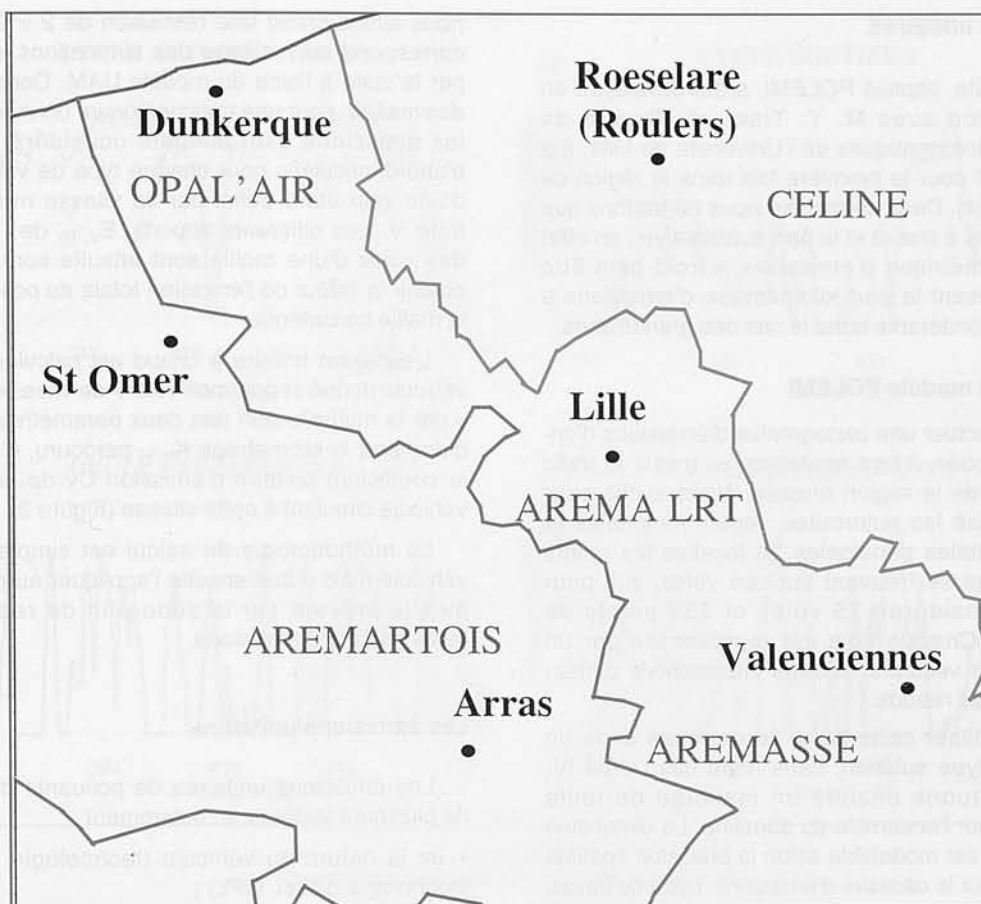


Figure 1.
Domaine de modélisation utilisé au cours de cette étude.
Modelling area of this paper.

entre la prise en compte de toutes les variables dont certaines sont encore mal quantifiées et une estimation par des méthodes simplificatrices qui doit toutefois rester réaliste.

Dans ce travail, les émissions liées aux trafic automobile sont traitées sous deux angles distincts.

Nous considérons d'une part les émissions dues aux grands axes « émissions linéaires » (autoroutes, voies nationales et départementales). Pour ces voies principales de circulation il existe généralement des comptages véhiculaires permanents, disponibles auprès des Directions départementales de l'équipement. Et considérons d'autre part les émissions surfaciques diffuses (petites voies de circulation, centres urbains). Ces émissions se sont avérées les plus délicates à quantifier car en ce qui concerne les petites voies de circulation (départementales secondaires) nous disposons de très peu de données, et pour ce qui est des zones urbaines de nombreuses inconnues existent, telles que la quantification de la part d'émissions à chaud et d'émissions à froid, le nombre de véhicules réellement en mouvement et leur vitesse moyenne, et le nombre de poids lourds en livraison, entre autres...

Ainsi la menée de notre inventaire d'émissions de sources mobiles s'est effectuée en deux temps : nous nous sommes tout d'abord attachés à quantifier le plus précisément possible les émissions dues aux axes principaux de circulation de la région. Les grands axes routiers (à savoir les autoroutes, nationales et départementales principales) ont été étudiés et les données correspondantes intégrées dans un logiciel mis au point dans notre équipe afin d'évaluer les émissions automobiles correspondantes. Nous avons ensuite tenté d'estimer les sources surfaciques diffuses, et nous avons sommé leur contribution à celle des grands axes. Il est à noter que les axes routiers importants se trouvant en zone urbaine, donc inclus dans l'inventaire CITEPA, sont traités en tant que sources surfaciques diffuses et ne feront donc pas l'objet d'un double comptage.

Nous nous sommes volontairement limités dans cette étude au monoxyde de carbone (CO), aux composés organiques volatils non méthaniques (COVM) et aux oxydes d'azote (NO_x), polluants clés pour l'étude de la formation du smog photochimique.

Émissions linéaires

Un modèle, baptisé POLEMI, a été développé en collaboration avec M. Y. Tinel, du Centre de ressources informatiques de l'Université de Lille. Il a été appliqué pour la première fois dans la région de Dunkerque [4]. Dans ce modèle nous ne traitons que les émissions à chaud et la part évaporative ; en effet la part kilométrique d'émissions à froid peut être négligée devant la part kilométrique d'émissions à chaud, prépondérante dans le cas des grands axes.

Principe du modèle POLEMI

Pour effectuer une cartographie d'émissions d'origine automobile, il faut modéliser au mieux le trafic automobile de la région étudiée. Nous avons pour cela numérisé les autoroutes, routes nationales et départementales principales, et localisé les points de comptage se trouvant sur ces voies, soit pour la zone considérée 75 voies et 233 points de comptage. Chaque voie est représentée par un ensemble de vecteurs, et leurs intersections correspondent à des nœuds.

Afin d'utiliser cette base de données dans un modèle de type eulérien, dans notre cas l'UAM IV, nous effectuons ensuite un maillage de taille homogène sur l'ensemble du domaine. La dimension des cellules est modulable selon la précision spatiale souhaitée pour le cadastre d'émissions. Dans ce travail,

nous avons choisi une résolution de $2 \times 2 \text{ km}^2$, qui correspond au maillage des simulations effectuées par la suite à l'aide du modèle UAM. Dans chacune des mailles, pour une tranche horaire donnée ($H-1, H$), les émissions d'un polluant considéré sont tout d'abord calculées pour chaque type de voie, le type d'une voie étant défini par sa vitesse moyenne de trafic V . Les différents apports, $E_{V,H}$, de l'ensemble des voies d'une maille sont ensuite sommés pour obtenir la valeur de l'émission totale du polluant dans la maille considérée.

L'émission horaire à chaud est calculée pour un véhicule donné et pour une voie V de vitesse moyenne v par la multiplication des deux paramètres que sont d'une part le kilométrage $K_{V,H}$ parcouru, d'autre part le coefficient unitaire d'émission C_v de ce type de véhicule circulant à cette vitesse (Figure 2).

La méthodologie de calcul est simple pour un véhicule mais il faut ensuite l'appliquer au parc automobile présent sur la zone afin de représenter l'ensemble des émissions.

Les émissions unitaires

Les émissions unitaires de polluants dépendent de plusieurs facteurs, et notamment :

- de la nature du véhicule (technologie essence, technologie diesel, GPL) ;

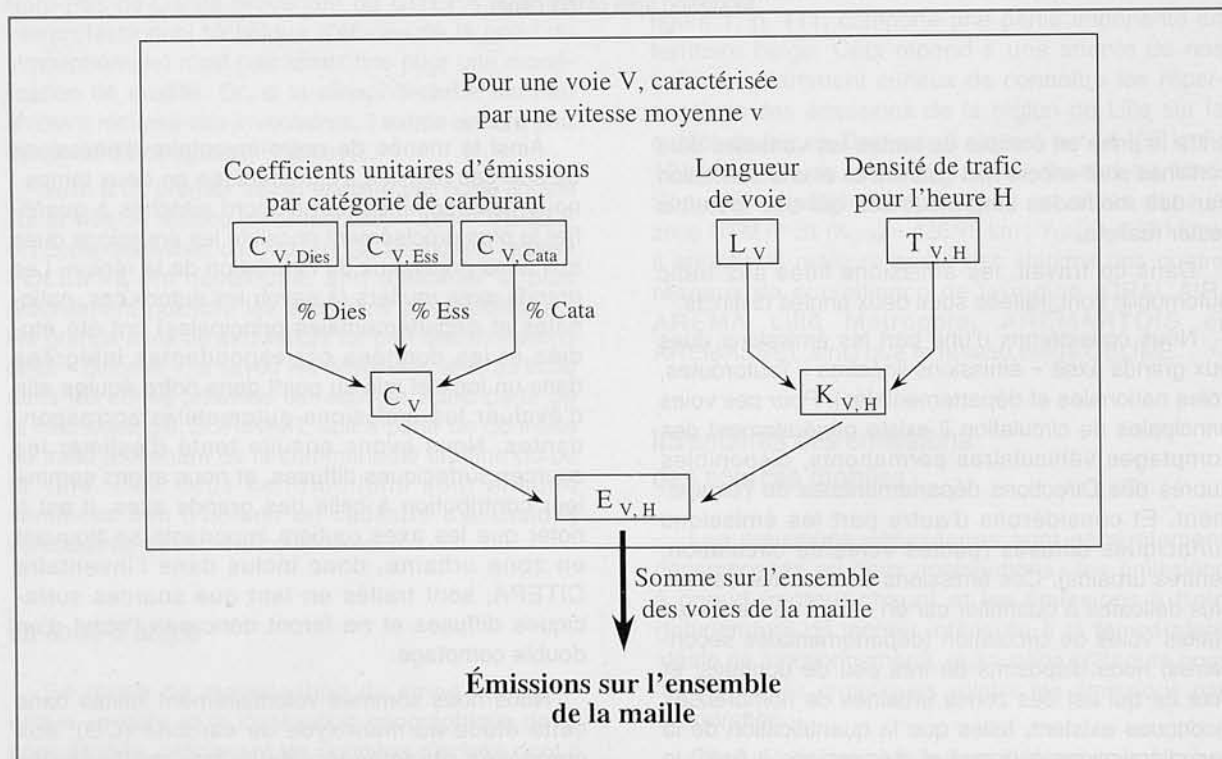


Figure 2.
Principe du logiciel POLEMI.
POLEMI software principle.

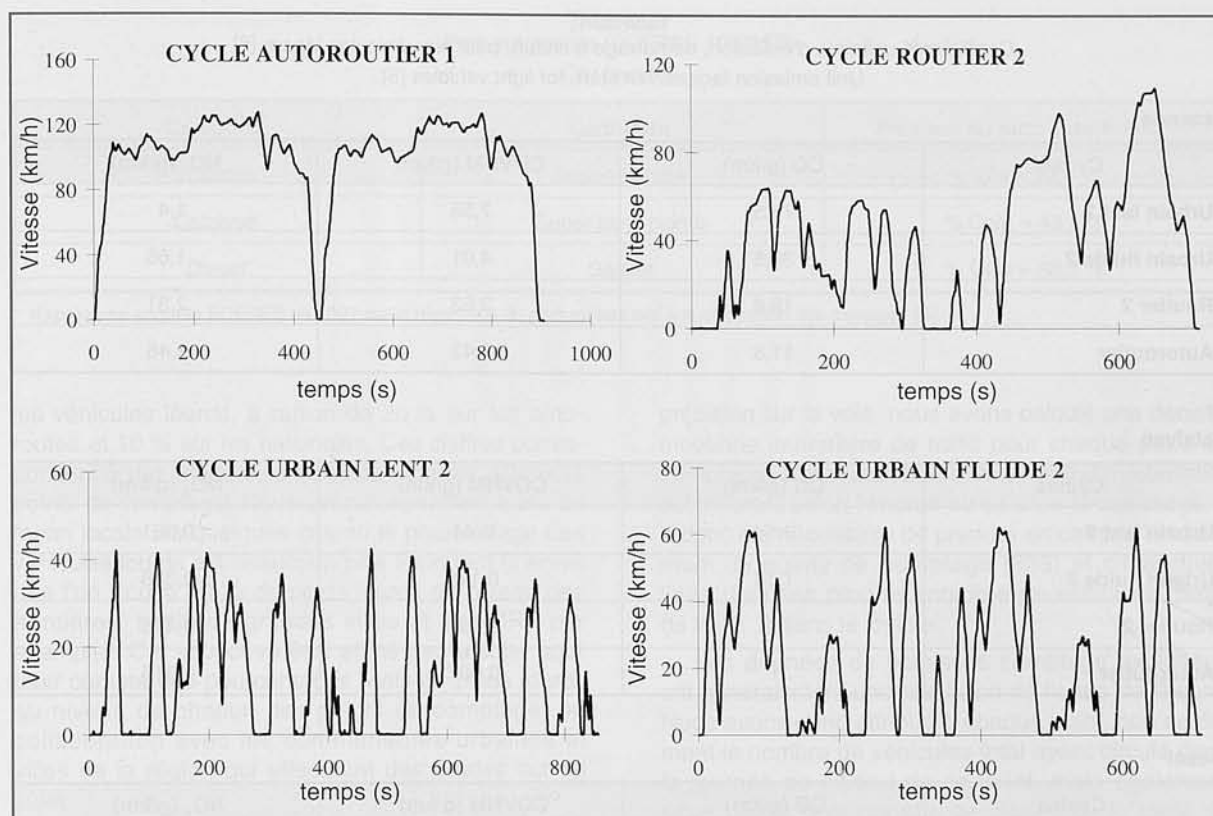


Figure 3.
Cinématique des cycles de conduite sélectionnés.
Kinematics of the selected driving cycles.

- de l'existence éventuelle d'une technique de dépollution ;
- de la vitesse moyenne des véhicules ;

cependant de nombreuses autres variables dont l'impact est encore mal connu doivent être prises en compte, telles que la composition des carburants, les facteurs météorologiques, l'altitude, etc.

L'estimation de ces coefficients se fait à partir de mesures d'émissions unitaires de polluants en grammes, par kilomètre parcouru, pour un type donné de véhicules et pour un cycle de conduite choisi. Ainsi, un petit échantillon de véhicules censé représenter une flotte constituée de plusieurs millions de véhicules est analysé, généralement sur banc à rouleaux, pour quelques cycles de conduites représentatifs en ne considérant pas les multiples effets de notre environnement.

Dans ce travail nous avons distingué les voies en fonction de la vitesse moyenne à laquelle on y circule. L'INRETS, lors de l'Enquête sur l'utilisation réelle des véhicules (EUREV), a classé les voies de circulation en quatre catégories, caractérisées chacune par une vitesse moyenne [5]. Ces catégories sont elles-mêmes divisées en 10 sous-groupes parmi lesquelles nous avons choisi quatre cycles représentatifs des principaux types de conduite de notre domaine et dont les cinématiques sont présentées dans la figure 3. Nous disposons pour ces cycles de conduite de

valeurs de coefficients d'émissions unitaires établis par l'INRETS [6] ainsi que de données provenant du rapport MEET 1999 [7] (Tableaux 1 et 2, p. 114).

Prochainement, ce sont les résultats d'une étude réalisée dans le cadre d'un programme PRIMEQUAL par les équipes de R. Jourmard de l'INRETS-Bron, de F. Cazier de l'Université du littoral et notre équipe qui seront introduits dans le logiciel. Cette étude est réalisée sur 25 véhicules particuliers représentatifs du parc automobile français avec des cycles MODEM-HYZEM. Elle nous permettra d'une part d'alimenter le logiciel avec des données plus récentes et plus représentatives, d'autre part d'introduire des coefficients pour de nouvelles espèces hydrocarbonées : les aldéhydes et les cétones, pour lesquelles nous avons jusqu'alors peu de données.

Le parc automobile

Il n'existe pas actuellement de statistiques réelles précises sur la composition du parc automobile régional. En général, les données qui pourraient servir à l'évaluer (parc statique, parc roulant, enquêtes nationales ou régionales) ne concernent que certaines catégories de véhicules et ne sont pas systématiquement actualisées. Nous avons utilisé les données d'une enquête SOFRES datant de 1997 [8] dans laquelle

Tableau 1.
Coefficients unitaires d'émission, démarrage à chaud, pour les véhicules légers [6].
Unit emission factors, hot start, for light vehicles [6].

Essence

Cycles	CO (g/km)	COVNM (g/km)	NO _x (g/km)
Urbain lent 2	76,5	7,55	1,4
Urbain fluide 2	36,5	4,01	1,66
Routier 2	19,6	2,53	2,31
Autoroutier	11,6	1,43	3,46

Catalysé

Cycles	CO (g/km)	COVNM (g/km)	NO _x (g/km)
Urbain lent 2	3,54	0,44	0,361
Urbain fluide 2	1,14	0,115	0,388
Routier 2	0,9	0,098	0,445
Autoroutier	1	0,087	0,815

Diesel

Cycles	CO (g/km)	COVNM (g/km)	NO _x (g/km)
Urbain lent 2	2,73	0,425	1,444
Urbain fluide 2	1,09	0,184	0,827
Routier 2	0,65	0,116	0,611
Autoroutier	0,52	0,106	0,611

Tableau 2.
Coefficients d'émissions unitaires pour les véhicules lourds [9].
Unit emission factors for heavy duty vehicles [9].

Catégorie Poids lourds	Cycles	CO (g/km)	COVNM (g/km)	NO _x (g/km)
3,5-15 tonnes	Routier	2,9	0,8	14,4
	Autoroutier	2,9	0,8	14,4
15 tonnes et plus	Routier	3,7	3	24,1
	Autoroutier	3,1	2,4	19,8

les véhicules particuliers sont classés en trois catégories, selon leur technologie (Tableau 3, p. 115).

L'expression du coefficient unitaire d'émission C_v d'un polluant pour un type de voie caractérisée par la vitesse moyenne V sera donc :

$$C_v = C_{\text{Ess}, V} \times \% \text{ Ess} + C_{\text{Cata}, V} \times \% \text{ Cata} + C_{\text{Dies}, V} \times \% \text{ Dies} \quad (1)$$

où :

– $C_{\text{Ess}, V}$; $C_{\text{Cata}, V}$; $C_{\text{Dies}, V}$ sont les émissions unitaires des différents types de véhicules à la vitesse moyenne V , en g/km ;

– % Ess, % Cata, % Dies sont les proportions relatives des différentes catégories dans le parc, en pourcentages.

Nous avons ignoré pour le moment les véhicules fonctionnant au GPL parce qu'ils ne représentent qu'une faible fraction du parc automobile (0,3 % selon la SOFRES).

Disposant de la répartition des véhicules lourds sur l'ensemble du parc automobile et des valeurs de coefficients unitaires d'émissions (Tableau 3, p. 115), nous avons donc pris en compte, dans l'expression du coefficient unitaire des véhicules diesel utilisés,

Tableau 3.
Parc automobile (SOFRES 1997) [8].
Car fleet [8].

Catégorie	Carburant	Fraction du parc automobile*
Essence	Super plombé	% Ess = 22,8 %
Catalysé	Super sans plomb	% Cata = 43,6 %
Diesel	Gazole	% Dies = 33,3 %

* d'après une enquête SOFRES de 1997 sur la répartition du parc roulant mis à la disposition des ménages [8].

les véhicules lourds, à raison de 20 % sur les autoroutes et 10 % sur les nationales. Ces chiffres correspondent à des moyennes calculées sur les différents points de comptage. Nous avons cependant traité de façon locale les quelques cas où le pourcentage des véhicules lourds est beaucoup plus important (il arrive que l'on trouve 40 % de poids lourds au niveau des frontières, sortie de grandes villes et des CRT par exemple). Cet aspect va être affiné par la suite pour tenir compte des pourcentages réels de poids lourds au niveau de chacun des points de comptage, en collaboration avec les communautés urbaines et villes de la région qui effectuent des études sur ce sujet.

La mise à jour du paramètre « parc automobile » dans ce cadastre n'est pas chose aisée ; en effet les données statistiques ne sont pas systématiquement réactualisées. Nous utilisons donc un modèle simulant l'évolution du parc automobile entre 1970 et 2020 [10].

Le kilométrage parcouru par l'ensemble des véhicules

Notre domaine étant vaste et les données nécessaires à traiter importantes, nous avons choisi de nous concentrer sur les grands axes, excluant les voies interurbaines qui sont traitées en tant que sources diffuses.

Les axes choisis pour l'étude sont au nombre de 75 et ont été répartis dans les différentes catégories de voies, comme cela est indiqué ci-dessus. Pour obtenir des données de comptage véhiculaire au niveau de ces voies, divers organismes ont été sollicités. Nous avons ainsi obtenu l'aide gracieuse :

- des Directions départementales de l'équipement du Nord et du Pas-de-Calais ;
- des communautés urbaines de Lille et de Dunkerque ;
- de la ville de Valenciennes ;
- du Ministère Fédéral des Communications et de l'Infrastructure de Belgique ;
- du département de l'Environnement et de l'Infrastructure du Ministère de la Communauté flamande.

À partir des données de circulation dans les deux sens sur des points de comptage localisés avec

précision sur la voie, nous avons calculé une densité moyenne journalière de trafic pour chaque point de comptage. Pour une même voie, le trafic journalier est différent selon l'endroit où se situe le comptage. Il a donc été nécessaire de prendre en compte le maximum de points de comptage (233) et d'introduire leurs données propres (nombre de véhicules, profil de trafic...) dans le logiciel.

Les données de points de comptage exploitées ont généralement une résolution de l'ordre de l'heure. Nous avons donc attribué à chaque point, non seulement le nombre de véhicules total ayant circulé dans la journée au niveau de ce point, mais également deux profils horaires afin de distinguer le trafic de type « jours ouvrables » : JO, du trafic « samedi, dimanche et fêtes » : SDF (Figure 4, p. 116).

Les voies numérisées étant vectorisées, le modèle permet donc de calculer la longueur totale de voie en sommant les longueurs des différents vecteurs. Il est ainsi possible de connaître la longueur d'une portion de voie donnée dans chacune des mailles (L_V). On appelle $T_{V,H}$ le trafic (nombre de véhicules) sur la portion de voie de la maille durant une tranche horaire ($H-1, H$). Il est obtenu en multipliant le profil horaire de la portion de voie V par la densité de trafic journalière de cette même portion. Celle-ci est elle-même obtenue grâce à une mesure directe s'il existe un point de comptage sur la voie dans la maille étudiée, ou par interpolation barycentrique effectuée par le programme à partir des points de comptage les plus proches (en tenant bien entendu compte d'éventuelles intersections entre les voies). Le kilométrage parcouru par l'ensemble des véhicules circulant dans la maille se calcule donc, pour chaque type de voie, en multipliant ces deux termes :

$$K_{V,H} = L_V \times T_{V,H} \quad (2)$$

Résultats obtenus

L'étude ainsi menée nous a permis d'estimer les émissions dues aux grands axes. Nous présentons dans la figure 5, p. 116, un exemple de « carte d'émissions » obtenu via le modèle POLEMI.

Le modèle POLEMI réclame, nous l'avons vu, de nombreuses données d'entrée d'origines diverses, notamment sur le réseau routier de la région, sur le parc automobile français, les caractéristiques du

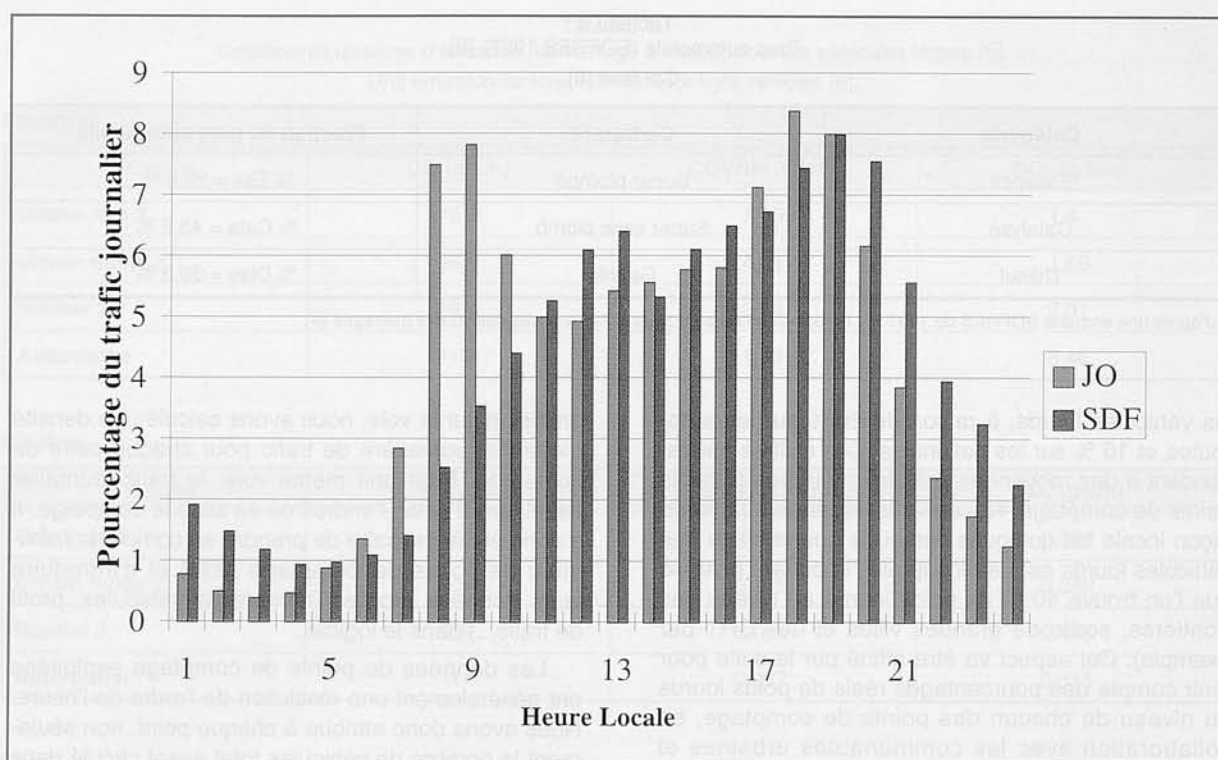


Figure 4.

Exemple de profils horaires de trafic automobile sur un point de comptage de l'autoroute A1.

An example of the time profile of vehicles traffic on the A1 highway.

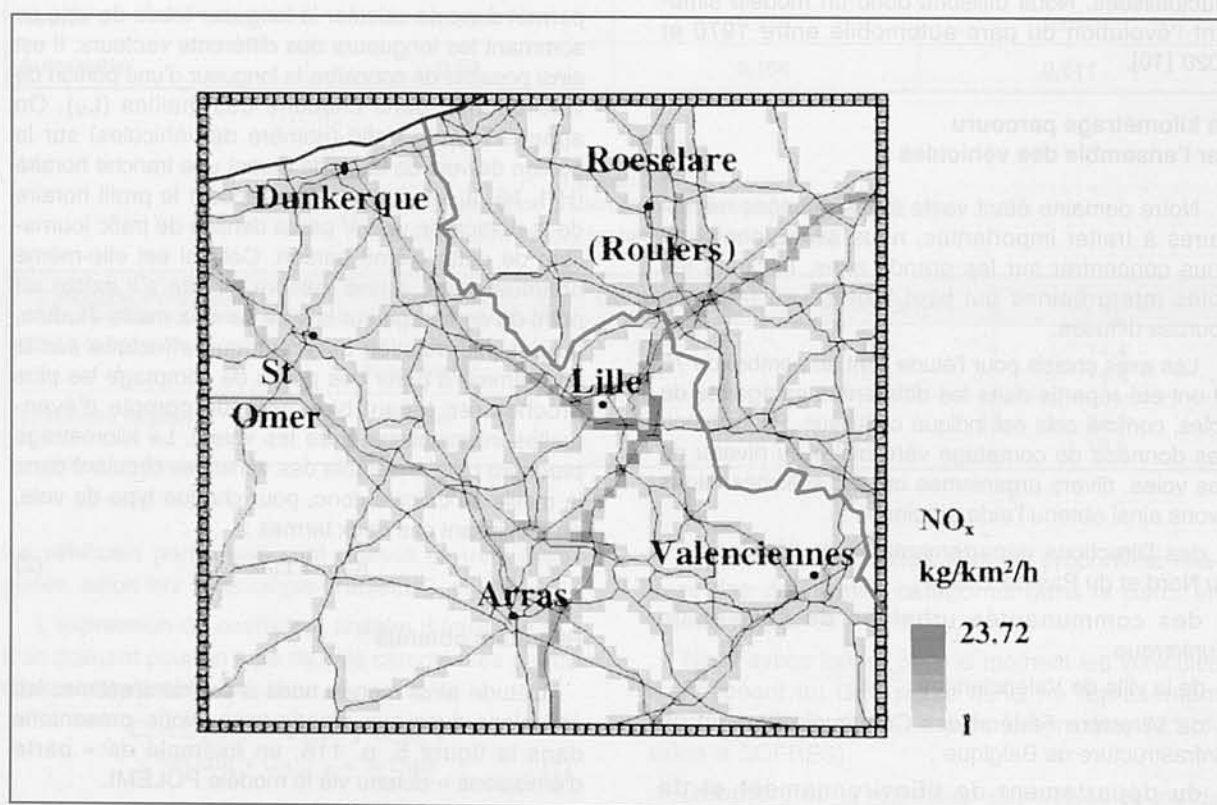


Figure 5.

Exemple de résultat du modèle POLEMI : émissions d'oxydes d'azote, un jour ouvrable, de 10 à 11 h pour la circulation sur les grands axes.

An example of the POLEMI software output on a working day, 10 to 11 AM, on a main road.

trafic automobile sur les différentes voies et les émissions unitaires de polluants provenant des véhicules particuliers (VP) français et véhicules lourds. Cela a nécessité de prendre contact avec de nombreux organismes, dont une liste succincte a été présentée plus haut, et un investissement en temps conséquent pour l'établissement de la base de données.

Émissions par évaporation

Les calculs effectués par POLEMI tiennent en outre uniquement compte des émissions à l'échappement. Or, il convient d'y ajouter, pour les hydrocarbures totaux, la contribution des émissions dues aux phénomènes d'évaporation. Le COPERT II estime la part des émissions par évaporation dans les émissions totales d'HCNM à 10 % pour les autoroutes et les voies rurales. Nous nous sommes basés sur cette donnée pour estimer les émissions par évaporation à ajouter aux émissions par échappement calculées par POLEMI.

Émissions des sources surfaciques diffuses

Pour estimer la part des émissions dites « diffuses », à savoir les centres urbains et les voies secondaires réparties sur l'ensemble de notre domaine, nous avons opté pour une méthodologie de type CORINAIR, en reliant les émissions à un « facteur d'activité », qui pour les émissions véhiculaires correspond à une densité de population. Afin de relier cette densité aux émissions, nous nous sommes reportés à l'inventaire régional du CITEPA [11].

Densité de population

Le calcul des densités de population a été effectué à partir des données de l'INSEE pour la France [12] et des données de l'INS pour la Belgique [13]. Nous estimons un accroissement probable de la population

pour l'année 1998 en comparant l'évolution survenue entre les deux derniers recensements. Nous n'avons pas calculé les densités de population pour chacune des villes de notre domaine, car ce travail se serait avéré beaucoup trop long. Nous avons donc réparti le domaine en plusieurs zones de densité, indiquées dans le tableau 4. Nous remarquons qu'au niveau des deux communautés urbaines, nous ne distinguons pas pour le moment le noyau urbain central de la périphérie. Nous tentons actuellement d'améliorer cette estimation, notamment grâce à une collaboration avec la communauté urbaine de Lille.

Émissions unitaires

Afin de disposer d'un facteur unitaire d'émissions (en kg/habitant/h) pour les espèces étudiées, nous nous sommes référés à l'inventaire régional récemment mené par le CITEPA [11]. De manière à exclure les contributions des grands axes et à tenir uniquement compte des sources mobiles diffuses, nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux huit unités urbaines distinguées par le CITEPA (Maubeuge, Douai, Valenciennes, Dunkerque, Lille, Béthune, Lens, et Calais). Nous avons corrélé les émissions dues aux transports routiers avec les densités de population. Nous avons ainsi extrait des coefficients unitaires en tonne/habitant/an pour les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et les hydrocarbures non méthaniques.

Calcul des émissions des sources mobiles diffuses

Pour obtenir des émissions horaires pour chacune des espèces, les coefficients unitaires sont tout d'abord convertis en kg/j, puis nous avons appliqué un profil horaire moyen, obtenu à partir de comptages véhiculaires urbains effectués par les communautés urbaines ou villes.

Certains problèmes se posent ; en effet cette méthodologie basée sur une densité de population

Tableau 4.
Densité de population dans les différentes zones considérées.
Population density in the various areas considered.

	Densité (habitants/km ²)
Nord	
Communauté urbaine de Lille	1 782
Communauté urbaine de Dunkerque	859
Villes de plus de 10 000 habitants	1 050
Villes de moins de 10 000 habitants ou zone rurale	220
Pas-de-Calais	
Villes de plus de 10 000 habitants	1 590
Villes de moins de 10 000 habitants ou zone rurale	169
Belgique	
Villes de plus de 10 000 habitants	955
Villes de moins de 10 000 habitants ou zone rurale	221

ne nous permet pas d'évaluer l'impact des modifications de la voirie sur les émissions, et de plus, nous ne prenons pas en compte les véhicules de livraison qui sont fréquents en ville (petits utilitaires, camions...).

Dans le futur, nous introduirons la densité réelle de population sous format 2D (2 km × 2 km) et non une moyenne pour les zones urbaines pour lesquelles nous ne disposons pas de donnée de trafic. Pour les zones urbaines disposant de données, une modélisation des émissions sera mise en œuvre avec le logiciel POLEMI en considérant dans ce cas les émissions à chaud, à froid et évaporatives. En effet, l'émission à froid représente une part importante des émissions véhiculaires en zone urbaine [7] et ne sera donc pas négligée comme dans le traitement des grands axes.

Sommation des deux types de contributions

Afin d'obtenir le fichier d'émissions final, nous avons sommé les contributions des grands axes et des sources surfaciques diffuses. Nous avons ainsi obtenu une cartographie des émissions :

- de monoxyde de carbone CO ;

- des oxydes d'azote NO_x (exprimées en équivalent NO₂) ;
- des hydrocarbures totaux non méthaniques (HCNM).

La figure 6 présente un exemple de cadastres d'émissions véhiculaires ainsi obtenu pour notre domaine.

Afin d'introduire ces données dans un modèle de qualité de l'air utilisant le mécanisme Carbon Bond IV, tel que l'UAM-IV, il nous fallait ensuite répartir les émissions des HCNM dans les différentes familles de réactivité structurale du mécanisme. Pour cela, nous avons utilisé les spéciations européennes de *Veldt* (COPERT II). Nous utilisons actuellement trois types de spéciations :

- échappement des véhicules essence (catalysés ou non) ;
- échappement des véhicules diesel ;
- évaporation des véhicules essence.

Conclusion

Le cadastre d'émission automobile pour les grands axes réalisé ici, sommé à la circulation diffuse

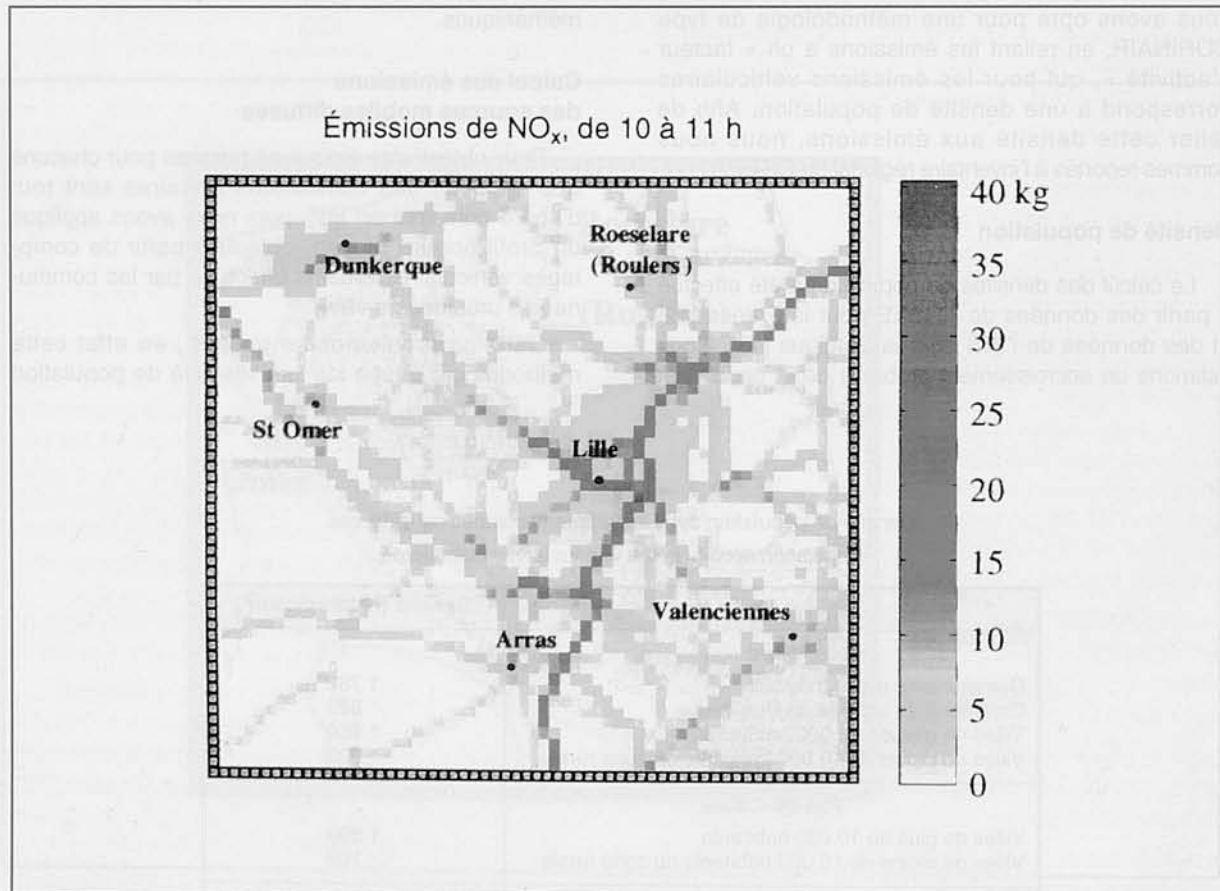


Figure 6.
Cadastre d'émissions des NO_x pour les véhicules légers et les poids lourds (jours ouvrables).
Light and heavy duty vehicles NO_x emission inventories.

a été introduit dans le modèle de qualité de l'air UAM IV et appliqué à l'étude d'un épisode de pollution photochimique dans la région. S'il apporte des améliorations certaines par rapport au travail préexistant, il est clair qu'un travail plus détaillé et réaliste, à la fois sous l'angle spatial et sous l'angle temporel reste à faire. Néanmoins l'introduction de ce cadastre dans le modèle UAM a donné des résultats satisfaisants, particulièrement au niveau de l'agglomération lilloise [14]. Toutefois, des améliorations seront apportées au cadastre pour les voies de circulation urbaines en intégrant les résultats des modèles de circulation

utilisés par les communautés urbaines et villes importantes de la région.

De plus, pour une modélisation de la pollution photochimique, la connaissance d'une spéciation des COV d'origine automobile est nécessaire (composés hydrocarbonés moléculaires d'une part, divers aldéhydes et cétones d'autre part). Pour le moment, nous utilisons les données fournies par COPERT II ; celles-ci sont actuellement précisées et réactualisées dans le cadre d'un contrat PRIMEQUAL liant notre équipe, le Centre commun de mesure de l'ULCO et l'INRETS de Lyon-Bron.

Références

1. Ponche JL, Zaïdi N, Fayet S, Mirabel P. L'inventaire spatialisé des émissions atmosphériques pour la région de Strasbourg (communauté urbaine de Strasbourg étendue) pour 1995. *Pollution atmosphérique* 1998 ; 40, 159 : 64-72.
2. Bugajny C, Guillermo R, Dechaux JC. Photochemical oxidants air pollution in Mexico City. *Sci Total Environ* 1993 ; 134 : 81-91.
3. Jourmard R, Bugajny C. Inventaire des émissions de polluants du trafic sur l'agglomération de Mexico. Exposé du colloque franco-mexicain « Pollution de l'air des transports », Mexico, Novembre 1992.
4. Adnot L. Quantification et modélisation des émissions polluantes d'origine automobile dans la région du Dunkerquois. Mémoire de DEA, Université des Sciences et Technologies de Lille 1996.
5. André R, Roumegoux JP, et al. Étude expérimentale sur l'utilisation réelle des véhicules (EUREV). Rapport INRETS-LEN, NNE 8603, Bron, France 1986.
6. Jourmard R, Vidon R, Paturel L, Pruvost C, Tassel P, DeSoete G, Saber A. Évolution des émissions de polluants des voitures particulières lors du départ moteur à froid. Rapport INRETS, n° 197, Bron Mars 1995.
7. MEET. Methodology for calculating transport emissions and energy consumption, Transport research, fourth framework programme strategic research, DG VII - 99.
8. SOFRES. L'industrie automobile française, analyses et statistiques 1997. Comité des constructeurs français (CCFA) 1997.
9. Eggleston HS, Gaudioso D, Gorissen N, Jourmard R, Rijkeboer RC, Samaras Z, Zierock KH. CORINAIR Working Group on emission factors for calculating 1990 emissions from road traffic, CEC final Report, Vol 1 : Methodology and emissions factors, contrat B4-3045 (91) 10PH, Bruxelles 1989/1991.
10. Bourdeau B. Évolution du parc automobile français entre 1970 et 2020. Mémoire de thèse, Université de Savoie 1997.
11. Fontelle JP, Chang JP, Audoux N, Lévy C, Rivière E. Inventaires d'émissions dans l'atmosphère dans le cadre des Plans régionaux pour la qualité de l'air, Région Nord-Pas-de-Calais. Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA), Convention n° 14/96, Octobre 1997.
12. INSEE. Population et densité des communes en 1990, Départements du Nord et du Pas-de-Calais. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques.
13. INS. Population du registre national, 1^{er} janvier 1999. Recensement de la population et des logements de 1991. Institut National de Statistique du royaume de Belgique.
14. Schadkowski C, Nollet V, Devaux C, Dechaux JC. Development and regional application of a photochemical oxidants dispersion reactivity model ; 6th International Conference on harmonisation within atmospheric dispersion modelling for regulatory purposes, CORIA, Rouen, 11-14 October 1999.

