

Émissions routières de polluants atmosphériques

Courbes et facteurs d'influence

Economie
Environnement
Conception

92

En France, la contribution des transports routiers aux émissions de polluants atmosphériques est significative pour de nombreuses substances, voire majoritaire pour certaines. Dans le cadre de l'évaluation des projets d'infrastructures routières, de plans et programmes ou de mesures portant sur le trafic, il est intéressant de connaître les facteurs qui ont un impact sur les émissions de polluants atmosphériques dues au transport routier. Or les courbes issues des modèles permettant de déterminer les émissions de polluants en fonction de la vitesse du véhicule sont peu connues.

Cette note d'information permet de présenter la démarche de construction de ces courbes et les principales variables, outre la vitesse, qui influent sur les émissions de polluants des différentes catégories de véhicules. Les courbes ainsi construites constituent un outil d'aide à la définition de mesures visant à limiter l'impact du trafic sur la pollution atmosphérique.

Sommaire

Contexte et objectifs.....	2
Présentation de la démarche de construction des courbes d'émissions.....	2
Courbes d'émissions : analyse de l'influence des différents paramètres	5
Conclusions et perspectives	14
Bibliographie.....	15

Contexte et objectifs

La prise en compte de la pollution atmosphérique dans l'évaluation des projets routiers et de mesures de gestion est indispensable pour intégrer les enjeux environnementaux voire économiques résultant du « renforcement » de l'effet de serre et de l'exposition des personnes aux polluants locaux. Or les concentrations de polluants locaux dans l'air, sur lesquelles portent notamment les normes réglementaires pour la protection de la santé, ainsi que le renforcement de l'effet de serre, sont des conséquences directes des émissions polluantes auxquelles le transport routier contribue fortement.

Si les concentrations dans l'air des principaux polluants atmosphériques (dioxyde d'azote, particules...) sont aujourd'hui déterminées en de nombreux points du territoire par des appareils de mesure fixes ou mobiles, les émissions dues à la circulation automobile, qui constitue une source importante d'oxydes d'azote, de particules fines ou de dioxyde de carbone, sont généralement déterminées de manière spécifique grâce à différents modèles et outils. La connaissance des variables qui influent sur ces émissions, telles que la vitesse, la pente, le taux de démarrage à froid, etc, constitue donc un enjeu important dans la construction et l'évaluation des diverses actions, mesures, projets et plans dans le domaine routier.

Cette note d'information a pour objectifs :

- de décrire les principes de modélisation des émissions dues au trafic routier, ainsi que les modèles et outils permettant de calculer ces émissions ;
- de présenter des courbes d'émission kilométrique pour les véhicules légers et les poids lourds pour les principaux polluants. L'influence de différents paramètres, comme la vitesse, la pente, etc. sur ces courbes d'émission sera également étudiée.

Présentation de la démarche de construction des courbes d'émissions

Le principe méthodologique général du calcul des émissions repose sur l'équation de base :

$$E = A \times FE$$

où E est l'émission, généralement exprimée en masse, A l'activité des émetteurs (généralement exprimée en véhicules. km) et FE un facteur d'émission unitaire.

Cette formule permet de prendre en compte les variations d'activité au cours du temps et dans l'espace, élément essentiel pour l'étude de scénarios d'émissions. Pour illustrer cette formule, et à titre d'exemple, les émissions routières de certaines substances peuvent rester stables malgré une diminution du facteur d'émission unitaire, si celle-ci est compensée par une augmentation de l'activité, à savoir le nombre de véhicules. km dans le cas des émissions routières.

Le modèle COPERT

Le modèle COPERT (COmputer Program to calculate Emission from Road Transport) est fondé sur une base de données des facteurs d'émission routiers (FE de l'équation), facteurs qui permettent de convertir des données quantitatives d'activité (ici des données relatives aux caractéristiques du trafic automobile) en émissions de polluants. Dans le cas du trafic routier, le facteur d'émission unitaire d'un véhicule spécifique, exprimé en grammes par kilomètre, désigne la quantité de polluant émis par celui-ci sur un parcours d'un kilomètre. Un facteur d'émission (FE) est attribué à chaque polluant et pour chaque catégorie de véhicule. Il est déterminé en fonction du type du véhicule (Véhicule Particulier, Véhicule Utilitaire Léger <3,5t, Poids Lourd, dont autobus et autocars), de son mode de carburation (essence, diesel), de sa cylindrée (ou de son poids total autorisé en charge pour les poids-lourds) et de sa date de mise en circulation (pour tenir compte des normes d'émission, notamment les normes Euro, et de son âge). Il est par ailleurs fonction de la vitesse du véhicule considéré, et plus généralement de l'usage du véhicule (charge, etc.) et des conditions de circulation. Pour déterminer les FE à différentes vitesses, des mesures réelles des émissions sont effectuées en laboratoire pour différents cycles représentatifs de conditions réelles de circulation et correspondant à une vitesse moyenne donnée.

Class	Legislation
Gasoline <1.4l 1.4 - 2.0l >2.0l	PRE ECE
	ECE 15/00-01
	ECE 15/02
	ECE 15/03
	ECE 15/04
	Improved Conventional
	Open Loop
	Euro 1 - 91/441/EEC
	Euro 2 - 94/12/EC
	Euro 3 - 98/69/EC Stage 2000
Euro 4 - 98/69/EC Stage 2005	
Euro 5 – EC 715/2007	
Euro 6 – EC 715/2007	
Diesel <2.0l >2.0l	Conventional
	Euro 1 - 91/441/EEC
	Euro 2 - 94/12/EC
	Euro 3 - 98/69/EC Stage 2000
	Euro 4 - 98/69/EC Stage 2005
	Euro 5 – EC 715/2007
Euro 6 – EC 715/2007	
LPG	Conventional
	Euro 1 - 91/441/EEC
	Euro 2 - 94/12/EC
	Euro 3 - 98/69/EC Stage 2000
Euro 4 - 98/69/EC Stage 2005	
2 Stroke	Conventional
Hybrids <1.6l	Euro 4 - 98/69/EC Stage 2005

Tableau à gauche : les différentes catégories de véhicules légers prises en compte dans COPERT

Passenger cars : véhicules particuliers (VP)

Gasoline : carburation essence

Diesel : carburation diesel

LPG : carburation GPL

Pre ECE / Conventiennel : véhicules antérieurs aux premières normes d'émission

ECE 1500 à 1504 : normes successives des années 1970 au début des années 1990

Improved conventionnal / Open Loop : technologies non appliquées en France

Euro 1 à Euro 6 : normes successives de 1993 (Euro1) à 2015 (Euro6)

La dernière version de ce modèle est appelée COPERT IV [1]. Sa méthodologie – disponible avec les outils associés sur le site du LAT de l'université de Thessalonique <http://lat.eng.auth.gr/copert/> – intègre plusieurs types d'émissions :

- les émissions à chaud : émissions produites lorsque les « organes » du véhicule (moteur, catalyseur) ont atteint leur température de fonctionnement. Elles dépendent directement de la vitesse du véhicule ;
- les émissions à froid : émissions produites juste après le démarrage du véhicule lorsque les « organes » du véhicule (moteur et dispositif de traitement des gaz d'échappement), sont encore froids et ne fonctionnent donc pas de manière optimale. Elles sont calculées comme des surémissions par rapport aux émissions « attendues » si tous les organes du véhicule avaient atteint leur température de fonctionnement (les émissions à chaud) ;
- les surémissions liées à la pente, pour les poids-lourds ;
- les surémissions liées à la charge des poids-lourds.

Elle intègre aussi :

- les corrections pour traduire les surémissions pour des véhicules anciens et/ou ayant un kilométrage important, et ce pour les véhicules essences catalysés ;
- les corrections liées aux améliorations des carburants.

Les émissions hors échappement, produites notamment par l'usure des pneumatiques, des pièces mécaniques du véhicule, des freins et du revêtement de chaussée sont également prises en compte dans le modèle COPERT IV. Elles peuvent par ailleurs être déterminées au travers de facteurs d'émission disponibles dans la littérature (un travail de synthèse bibliographique sur ces facteurs d'émissions a été réalisé par un groupe de travail piloté par le ministère de la Santé dans le rapport "Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières" [4]).

Le parc automobile

Pour calculer les émissions, il faut déterminer, en plus des facteurs d'émission unitaires fournis par les modèles, le deuxième paramètre entrant dans la formule de calcul présentée page 2 : les données concernant l'activité, c'est-à-dire la distance parcourue (en véhicules.kilomètres) par chaque catégorie de véhicules prise en compte dans COPERT. Le premier travail consiste à déterminer, pour un nombre donné de véhicules (qui peut être par exemple le trafic moyen journalier annuel dans le cadre d'un projet d'infrastructure routière), la répartition dans chaque catégorie de véhicules. Pour cela, il est nécessaire de connaître la composition du parc automobile actuel mais aussi du parc futur pour l'évaluation de projets ou de plans avec une mise en service ou une date d'effet à plus ou moins long terme.

Le fichier des immatriculations est une des données de base pour déterminer le parc automobile, notamment le parc actuel et celui des années précédentes. Des lois de survie permettent ensuite d'extrapoler ces données pour les années à venir pour déterminer la composition du parc automobile futur. Ces lois permettent également de déterminer l'âge médian et l'âge moyen du parc. Les modèles informatiques de calcul du parc automobile en France permettent généralement d'évaluer :

- le parc statique, c'est-à-dire le nombre de véhicules en circulation ;
- le parc roulant, qui permet de tenir compte, grâce à des « lois » traduisant l'utilisation des différentes catégories des véhicules, du nombre de kilomètres parcourus chaque année par les différents véhicules et donc de leur importance relative en terme de circulation (un véhicule diesel effectue en moyenne plus de kilomètres qu'un véhicule essence).

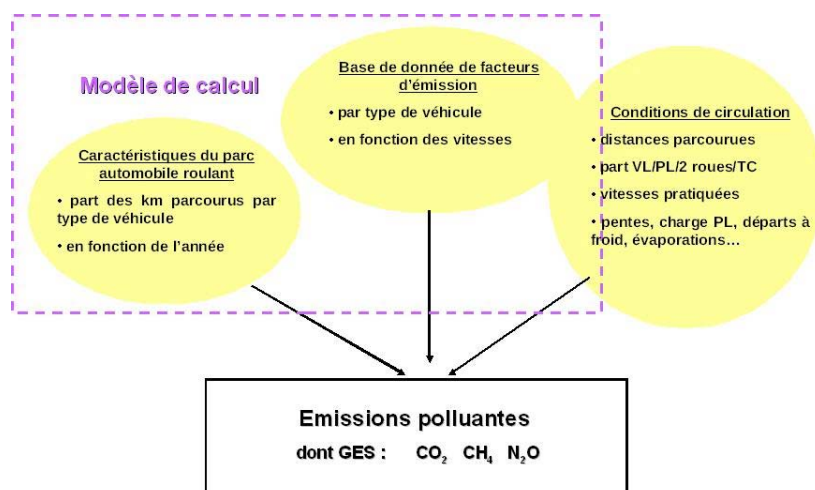
Ces données ont permis à l'INRETS (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité) de modéliser la composition du parc automobile roulant français de 1970 à 2025 [3]. Les normes anti-pollution et les avancées technologiques connues sont intégrées. Les calculs effectués dans la suite de cette note sont basés sur ce parc roulant, ajusté récemment par l'INRETS en fonction des nouvelles catégories de véhicules introduites dans la version 4 de COPERT. 44 types de VP et 86 types de PL différents ont été pris en compte.

Le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique) effectue l'inventaire des émissions françaises dues aux transports routiers grâce à son propre parc mis à jour régulièrement. Ce parc roulant ne fait en revanche pas l'objet de projection sur des horizons futurs.

Le calcul des émissions

Des logiciels permettent de quantifier les émissions de polluants liées au trafic routier sur un réseau routier déterminé en croisant les données locales (réseaux empruntés, trafic, vitesse, pente de la route) avec les facteurs d'émission COPERT et le parc automobile français.

Schéma de fonctionnement des logiciels de calcul des émissions polluantes des transports routiers



Le logiciel IMPACT-ADEME version 2, développé par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) et s'appuyant sur la méthodologie COPERT III, est un des logiciels les plus couramment utilisés en France. Le réseau scientifique et technique du MEEDDM a développé son propre outil de calcul baptisé COPCETE. La dernière version est basée sur la méthodologie COPERT IV et permet également de déterminer les émissions hors échappement.

Dans la suite de cette fiche, des courbes d'émissions (émissions en fonction de la vitesse du véhicule) issues du logiciel COPCETE sont présentées : elles permettent, pour un VL (77 % de VP et 23 % de VUL) ou un PL représentatif du parc automobile français, de mesurer l'influence de la vitesse mais aussi en fonction d'autres paramètres pris en compte dans le modèle COPERT (normes anti-pollution, pente et charge des PL, démarrage à froid) et du parc automobile. Les véhicules 2 roues, bus et cars ne sont pas intégrés dans les calculs.

Courbes d'émissions : analyse de l'influence des différents paramètres

Remarques importantes pour la lecture des courbes :

La série de courbes présentées dans la suite de cette note donne une émission de polluants à l'échappement en fonction de la vitesse de circulation du véhicule. **Les résultats présentés concernent un véhicule moyen du parc en circulation (et non du parc neuf).**

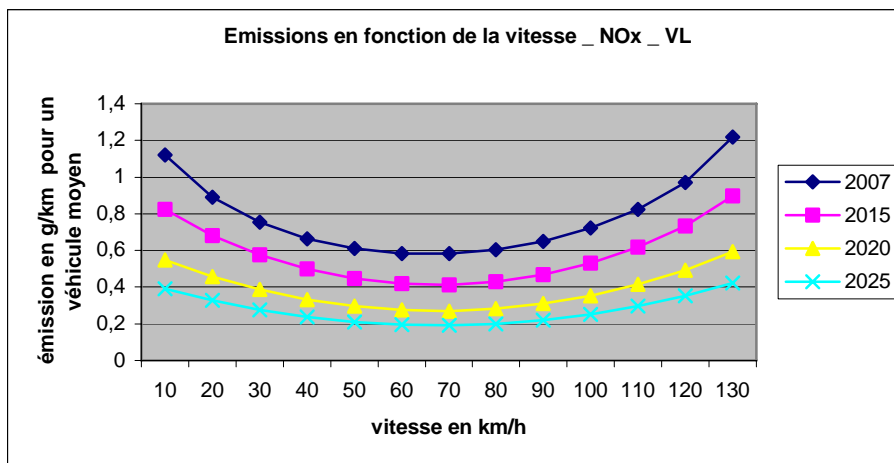
NB : pour une vitesse donnée en abscisse, il ne faut pas entendre une circulation à cette vitesse maintenue constante mais la vitesse moyenne d'un cycle cinématique représentatif de la circulation réelle. Chaque cycle de circulation alterne des phases d'accélération, de décélération et de circulation à une vitesse donnée. Ainsi, les plus basses vitesses doivent être considérées comme représentatives d'une circulation urbaine caractérisée par de nombreux arrêts ("stop and go"), alors que les cycles à haute vitesse traduisent une circulation plus fluide.

Un fichier comportant l'ensemble des courbes est annexé en pièce jointe à cette note d'information.

Courbes d'émissions VL et PL – Parcs 2007 – 2015 – 2020 – 2025

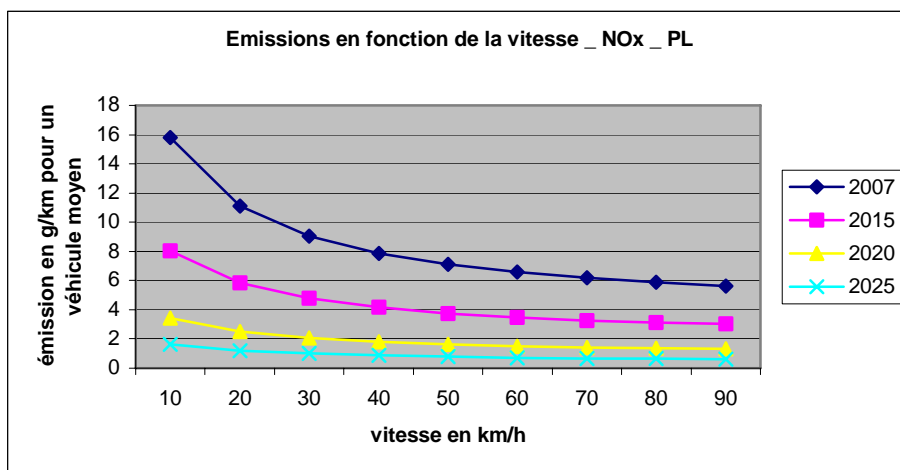
Oxydes d'azote (NOx)

Le secteur du transport routier est le premier émetteur de NOx en France avec 53 % des émissions en 2007 [5]. Néanmoins, sa part diminue depuis 1993 avec la mise en service des véhicules catalysés. Parmi les NOx, le dioxyde d'azote (NO₂) est un polluant dont la concentration dans l'air est réglementée par les normes de qualité de l'air.



Cette première série de courbes permet de mettre en perspective la courbe caractéristique des émissions de NOx pour un VL moyen français pour l'année concernée : les émissions sont maximales pour les basses vitesses et les hautes vitesses et sont minimales pour des vitesses de l'ordre de 70 km/h. Les émissions de NOx sont environ 2 fois plus importantes à 130 km/h qu'à 70 km/h.

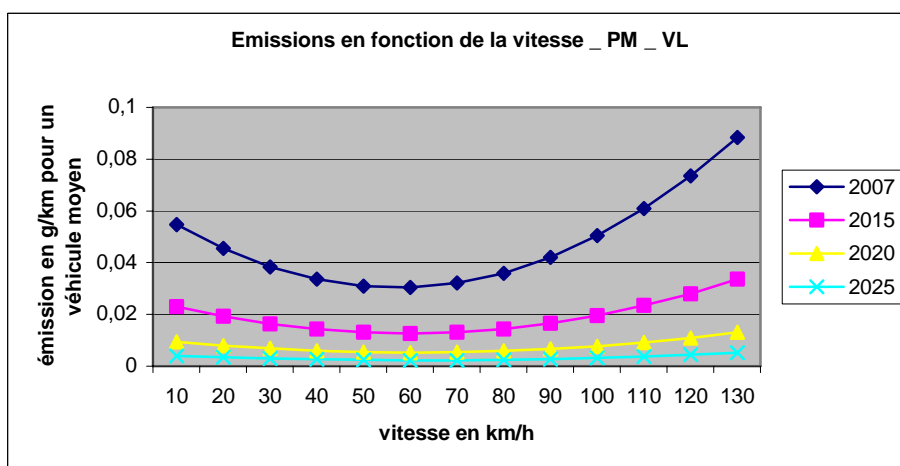
L'effet des améliorations technologiques, et notamment la généralisation des pots catalytiques est clairement visible : les courbes relatives aux parcs futurs ont la même forme que pour le parc 2007, mais subissent une translation vers le bas (émissions moins importantes) au fur et à mesure que la part des véhicules aux normes récentes augmente.



En ce qui concerne les poids-lourds, la forme de la courbe change par rapport aux VL : du fait de leur inertie, les émissions des PL sont maximales pour les basses vitesses et diminuent quand la vitesse augmente (jusqu'à 90 km/h). Les émissions unitaires sont bien sûr largement supérieures à celles des VL. Ainsi, dans le cas des NOx, à 70 km/h, l'émission d'un PL moyen en 2007 est 10 fois supérieure à celle d'un VL. L'« effet parc » (influence de l'année) apparaît de la même manière que pour les VL.

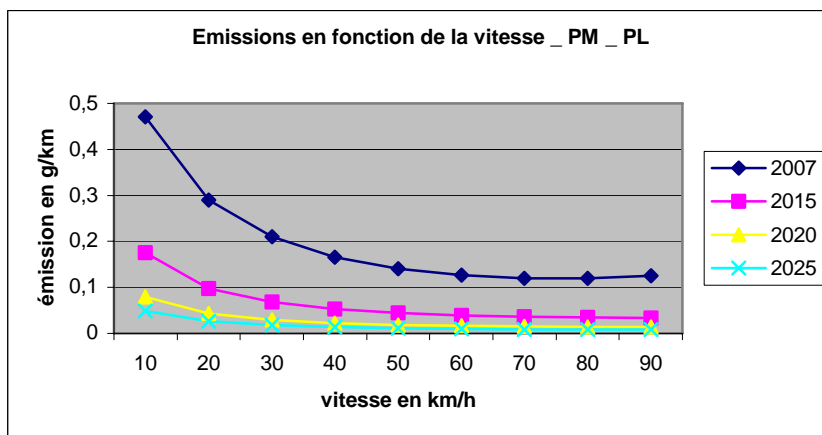
Particules (PM)

Les PM10 (particules de diamètre inférieur à $10\mu\text{m}^1$) et PM2.5 (particules de diamètre inférieur à $2.5\mu\text{m}$) sont des polluants locaux dont la concentration dans l'air est réglementée par les normes de qualité de l'air. En 2007, le transport routier était responsable respectivement de 11 % et 12 % des émissions de ces deux polluants, ce qui le place au 4^{ème} rang des secteurs émetteurs [5]. La quasi-totalité des émissions de PM à l'échappement est imputable aux véhicules diesel (VL et PL).



¹ $1\mu\text{m}$ correspond à un millième de millimètre, c'est à dire à 10^{-6} m

En ce qui concerne les émissions de particules des VL, la forme de la courbe ressemble à celle des NOx avec néanmoins un poids des hautes vitesses plus important. L' « effet parc » est aussi perceptible, avec la généralisation des filtres à particules dans les années à venir.

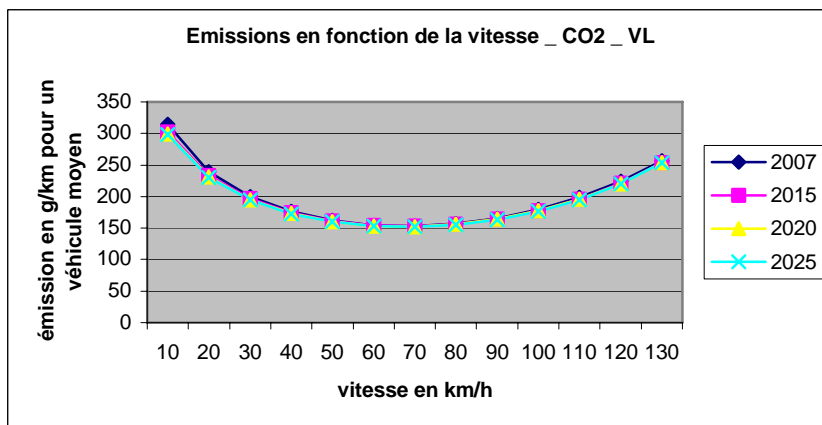


Les courbes relatives aux émissions de particules des PL ont la même allure que celles relatives aux NOx. Par contre, la différence entre émissions VL et émissions PL est moins importante que pour les oxydes d'azote.

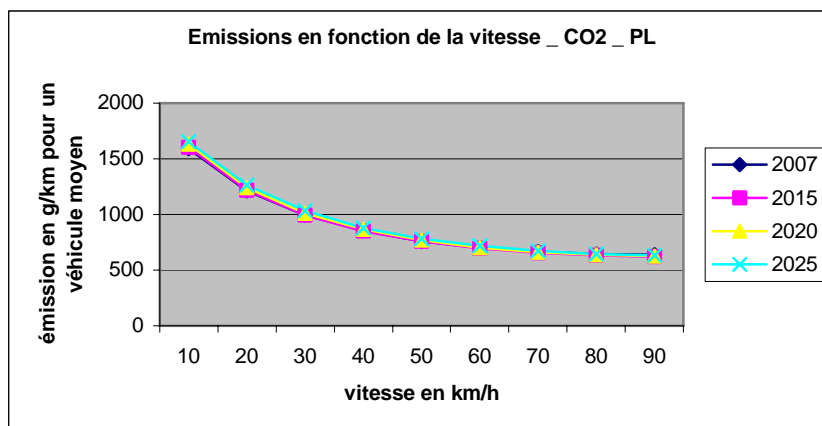
Il convient de préciser que les émissions de particules restent moins bien connues que d'autres émissions et que les courbes ont un degré de fiabilité moindre.

Dioxyde de carbone (CO₂)

Le CO₂ est le principal gaz à effet de serre émis par le transport routier. En 2007, les émissions de CO₂ imputées au transport routier en France étaient de 128 Mt soit 32 % des émissions totales, ce qui en fait le secteur le plus émetteur [5]. A noter que les émissions de CO₂ des véhicules ne sont à ce jour pas réglementées comme le sont les NOx et les PM10.



Les courbes d'émissions de CO₂ pour un VL moyen ont l'allure caractéristique en U, avec des émissions un peu supérieures aux basses vitesses qu'aux grandes vitesses. Les émissions à 10 km/h sont deux fois plus importantes qu'à une vitesse de 60-70 km/h. L' « effet parc » est complètement invisible dans COPERT IV, puisqu'au moment de sa sortie, aucune réglementation contraignante n'était encore entrée en vigueur pour limiter les émissions de CO₂. A noter que le Parlement européen et le Conseil ont adopté en avril 2009 le règlement 443/2009 visant à atteindre un niveau moyen d'émission de CO₂ pour les véhicules vendus par chaque constructeur (ou regroupement de constructeurs) de 120g/ km en 2015 (niveau moyen de 120g/ km pour 65 % des véhicules en 2012) [6]



Pour les PL, les émissions de CO₂ diminuent avec la vitesse, et l'« effet parc » est inexistant d'après le modèle, comme pour les VL.

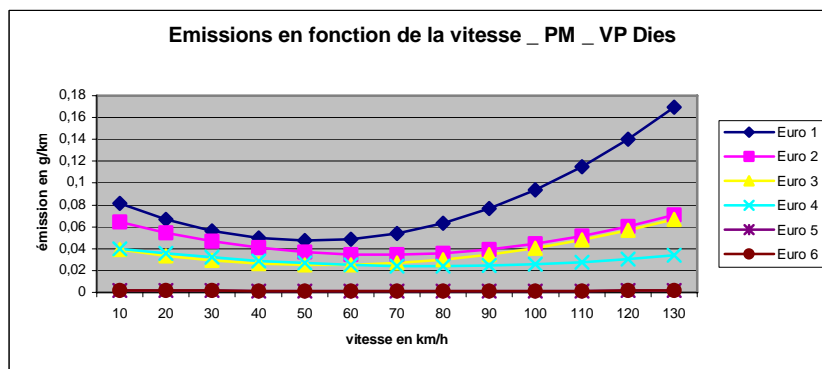
Et pour les autres polluants

Pour les autres polluants, comme le monoxyde de carbone (CO) et les composés organiques volatils (COV), les courbes d'émission (VL, PL) en fonction de la vitesse ont la même forme générale que les courbes présentées dans cette note. A noter que « l'effet parc » s'apparente plutôt à celui présenté pour les NO_x ou PM (et pas à celui du CO₂) : l'impact des améliorations technologiques est significatif.

Illustration de l'effet des normes (réglementation à l'émission)

Pour limiter l'impact des véhicules sur la pollution atmosphérique, les actions portent sur la réduction de la pollution à la source et s'appuient sur les progrès technologiques. Les normes « Euro » constituent un ensemble de normes de plus en plus strictes s'appliquant aux véhicules neufs vendus dans l'Union européenne et qui fixent les limites maximales des rejets de certains polluants pour tous les types de véhicules roulants (VP, VUL, PL, 2 roues). Les dernières normes adoptées sont les normes euro 5 et euro 6 pour les VL [7] et les normes euro VI pour les poids lourds [8]

Courbes d'émission VL pour les particules (PM) et les différentes normes Euro



Ces courbes présentent les émissions moyennes de particules (PM) d'un véhicule particulier spécifique diesel à titre d'exemple (CC<2l) en fonction des normes à respecter, de Euro 1 (1993) à Euro 6 (2014, pour les nouveaux types de véhicules).

En ce qui concerne les particules, qui sont majoritairement émis par les véhicules diesels, les premières normes Euro (Euro 2, 3 et 4) ont permis une diminution assez significative des émissions de ces substances. La norme Euro 5, qui s'applique dès septembre 2009 pour les nouveaux modèles de véhicules (et 1 an plus tard pour tous les véhicules neufs) constitue une avancée très importante en terme de réduction des émissions de particules des VP diesel puisque les émissions doivent être divisées par 5, conduisant sans doute à la généralisation des filtres à particules.

En règle générale, les normes Euro ont conduit à des diminutions fortes des émissions pour les polluants locaux (oxydes d'azote², monoxyde de carbone et particules), notamment aux basses et hautes vitesses.

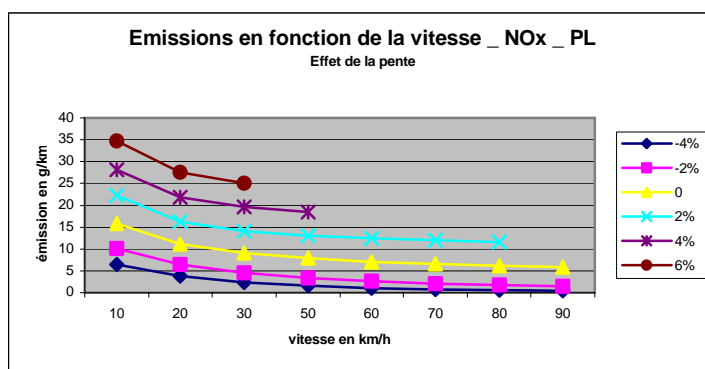
Par contre, les normes Euro ne réglementent pas les émissions de dioxyde de carbone et les courbes d'émission ne montrent quasiment aucun effet des normes sur les émissions de CO₂.

Illustration de l'effet pente pour les PL

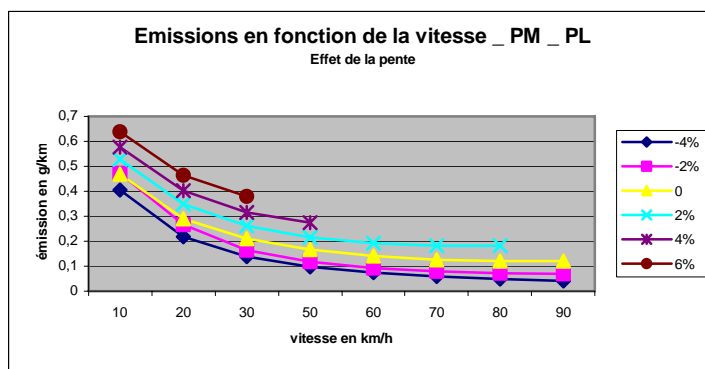
Dans COPERT, l'effet de la pente est pris en compte seulement pour les PL. Pour les VL, le phénomène est moins bien connu et jugé de moindre importance.

NB : Les courbes sont réalisées pour un PL moyen (au sens du parc INRETS) et pour l'année 2007 (charge : 50 % en poids). Pour les pentes supérieures à 4 %, les vitesses maximales des PL diminuent ce qui explique que les courbes « s'arrêtent » à 30 ou 50 km/h. Les pentes négatives correspondant à des descentes.

Courbes d'émission PL pour les oxydes d'azote (NOx)

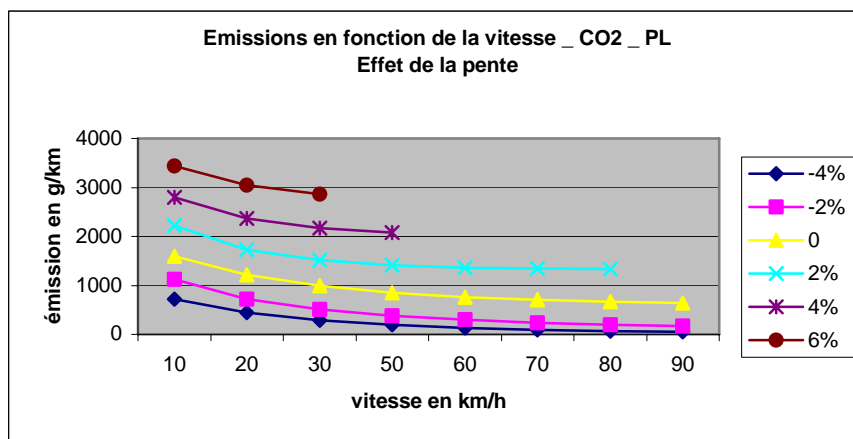


Courbes d'émission PL pour les particules (PM)



² Il convient de préciser que si les émissions de NOx (NO+NO₂) ont diminué puisque la réglementation des normes portent sur elles, la fraction NO₂ n'a pas diminué dans les mêmes proportions, conduisant à des stagnations des concentrations en NO₂ à proximité des routes malgré l'évolution des normes.

Courbes d'émission PL pour le dioxyde de carbone (CO₂)



Commentaires

L'effet de la pente sur les émissions de CO₂, NOx et PM des PL est clair : les émissions sont maximales quand le PL est en montée avec une pente importante et sont minimales quand le véhicule est en descente sur des pentes à 4 %. Les courbes subissent une translation vers le bas au fur et à mesure que la pente évolue d'une montée forte à une descente forte.

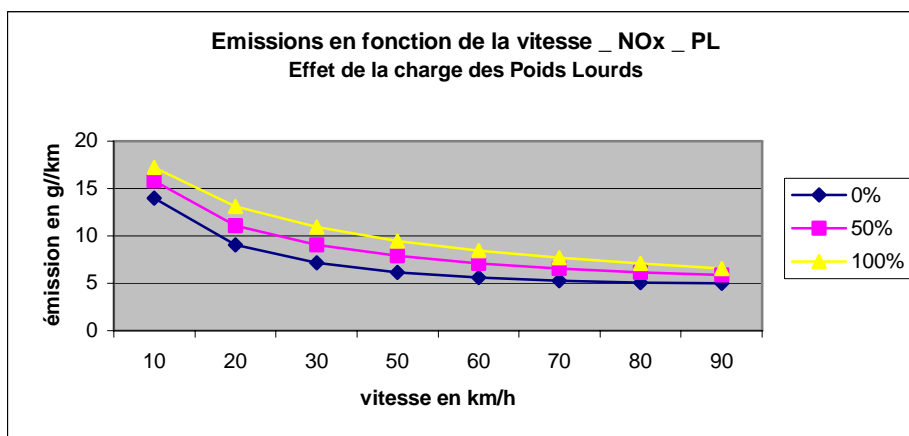
Ainsi, les émissions d'un PL dans une montée de 6 % sont environ supérieures :

- pour le CO₂ : de 2 à 3 fois plus élevées, suivant la vitesse) ;
- pour les NOx : de 15 à 20 g/km par rapport à une pente nulle (soit une multiplication des émissions par 2,2 à 10 km/h et 2,8 à 30 km/h) ;
- pour les PM : de 0,15 à 0,2 g/km par rapport à une pente nulle (soit une multiplication des émissions par 1,3 à 10 km/h et 1,8 à 30 km/h).

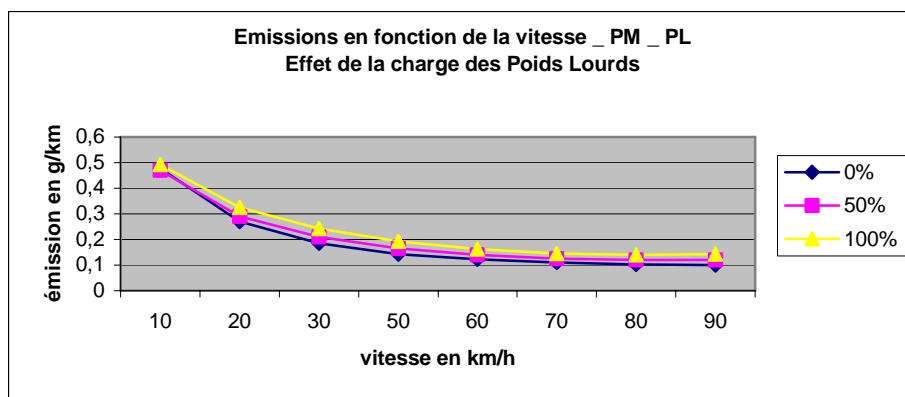
Illustration de l'effet charge pour les PL

Les courbes sont réalisées pour un PL moyen (au sens du parc INRETS) et pour l'année 2007 (pente nulle). L'effet de la charge sur les émissions de VL (qui a une moindre influence) n'est pas pris en compte dans les modèles.

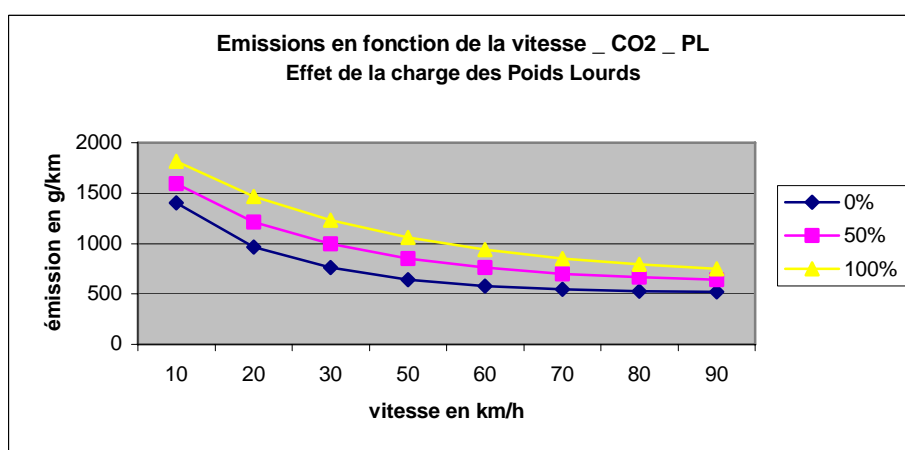
Courbes d'émission PL pour les dioxydes d'azote (NOx)



Courbes d'émission PL pour les particules



Courbes d'émission PL pour le dioxyde de carbone (CO₂)



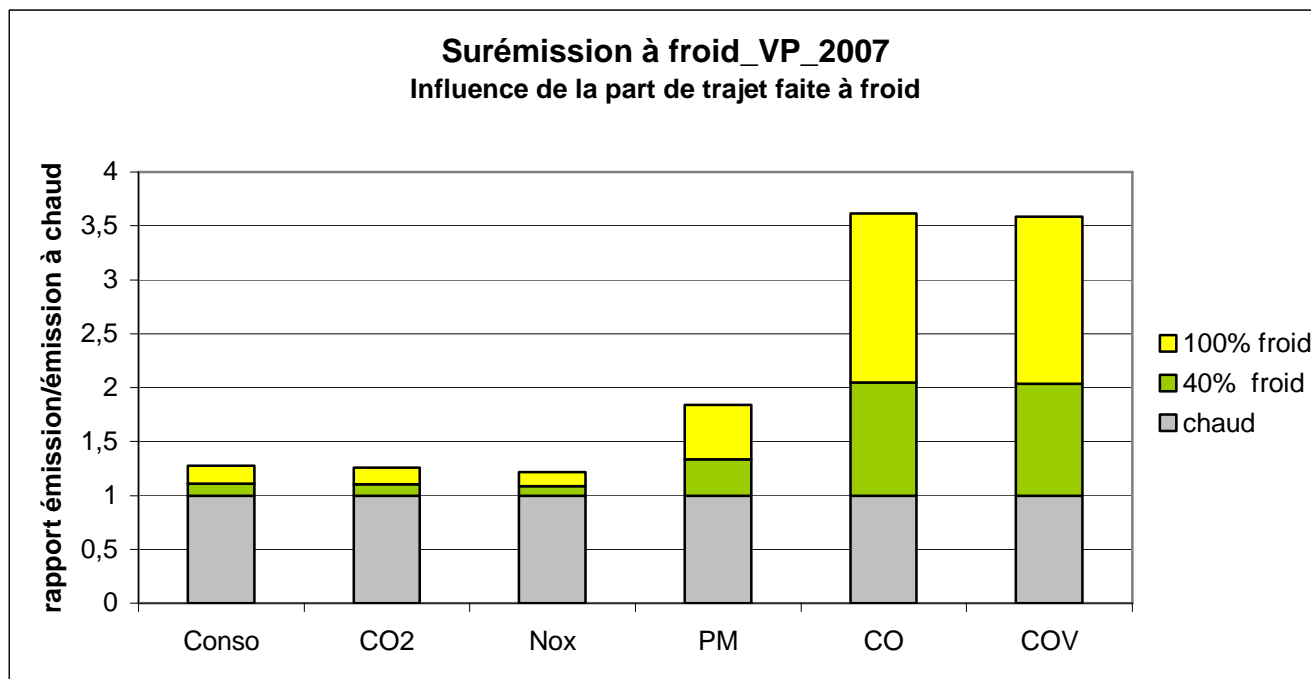
Commentaires

Pour les PL, l'effet de la charge est significatif : l'augmentation de la charge conduit à des surémissions importantes. Ainsi, pour les NO_x et le CO₂, les émissions à 50 km/h pour un véhicule vide sont environ 40 % moins importantes que pour un PL en pleine charge. Pour les particules, l'effet de la charge est beaucoup moins significatif (à noter que cet effet est nul pour les composés organiques volatils).

Illustration du phénomène de démarrage à froid

Le phénomène de démarrage à froid désigne les surémissions produites juste après le démarrage du véhicule lorsque les organes du véhicule sont encore froids et ne fonctionnent pas "normalement". COPERT estime ces surémissions pour les véhicules légers uniquement.

Le graphique suivant présente les émissions à chaud et à froid (2 cas). Pour chaque polluant, le rapport émissions considérées/émissions à chaud est présenté sur une barre (exemple de lecture : les émissions de COV pour un trajet 40 % à froid sont deux fois plus importantes que les émissions moteur chaud). Les courbes sont réalisées pour un VP moyen (parc INRETS 2007) à 30 km/h pour un mois moyen de l'année (les conditions météorologiques ont un impact sur la montée en température du moteur), pour 3 types de départ : « chaud » (trajet fait moteur à chaud), « 40 % froid » (trajet fait à 40 % moteur froid : moyenne française selon l'ADEME) et « 100 % froid » (trajet fait à 100 % avec un moteur froid).



Ces courbes montrent que le démarrage à froid conduit à produire des surémissions, qui sont d'autant plus fortes que la part du trajet faite avec un moteur froid est importante.

Pour le CO₂ et les NO_x, ces surémissions sont notables mais pas excessives : +10 % d'émissions pour un trajet fait à 40 % moteur froid par rapport à un trajet 100 % moteur chaud, et +25 % d'émissions pour un trajet fait à 100 % moteur froid par rapport à un trajet 100 % moteur chaud.

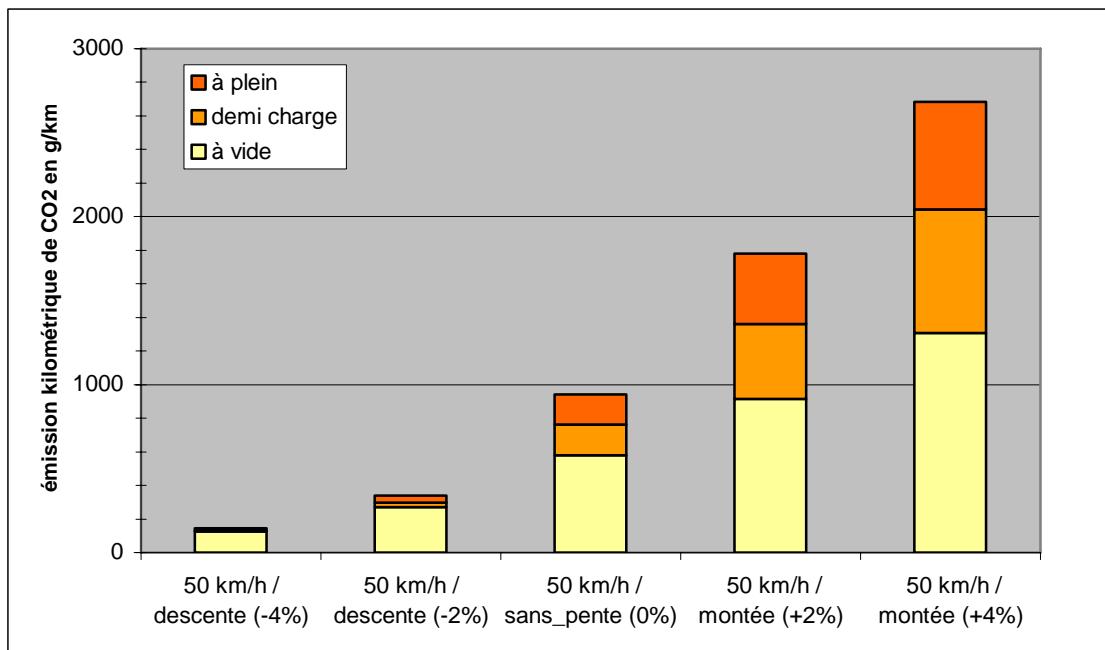
Pour les PM, ces surémissions sont significatives : +30 % d'émissions pour un trajet fait à 40 % moteur froid par rapport à un trajet 100 % moteur chaud, et +85 % d'émissions pour un trajet fait à 100 % moteur froid par rapport à un trajet 100 % moteur chaud.

Enfin, pour le monoxyde de carbone et les composés organiques volatils, les surémissions sont très importantes.

Effets comparés des différents paramètres sur les émissions d'un PL

Le graphique ci-dessous propose un récapitulatif de différents facteurs influençant les émissions d'un poids-lourd, ceci afin de comparer l'impact relatif de ces paramètres.

NB : le poids-lourd considéré est un PL « moyen » représentatif du parc français de l'année 2007 (parc INRETS).



Quelques ordres de grandeur :

- pour une même vitesse (50 km/h), les émissions d'un PL à vide sont 10 fois plus importantes dans une montée à 4 % que dans une descente à 4 %, et 2,2 fois plus importantes par rapport à un trajet sans pente ;
- les émissions d'un PL chargé à plein sont supérieures aux émissions d'un PL vide (supérieure de 15 % dans le cas d'une descente à 4 % et supérieure à 100 % dans le cas d'une montée à 4 %). Dans ce dernier cas, les émissions de CO₂ sont doublées.

La pente de la route est donc un facteur plus impactant en quantité de polluants émis pour un PL que la charge. Résultat combiné de ces deux facteurs, les émissions d'un PL plein à 50 km/h dans une montée de 4 % sont plus de 20 fois supérieures à celles d'un PL vide dans une descente à 4 %.

Conclusions et perspectives

La bonne connaissance des émissions de polluants et également de l'influence des différents paramètres sur ces émissions constitue un outil d'aide à la décision dans le cadre de l'évaluation des projets, plans, mesures et actions liés au transport routier. L'analyse rapide de quelques courbes produites à partir du logiciel du RST « COPCETE » montre que le 1^{er} paramètre influençant les émissions est la vitesse : pour les véhicules particuliers, les émissions sont minimales pour des vitesses proches de 70 km/h alors que, pour les poids lourds, les émissions diminuent avec la vitesse (jusqu'à 90 km/h). Mais d'autres paramètres ont un impact sur les émissions de polluants locaux et globaux :

- les différentes normes Euro conduisent à une diminution des émissions sur les véhicules neufs pour les polluants locaux ;
- pour les PL, l'effet de la pente dans les montées est significatif et conduit à des surémissions pour tous les polluants ; la charge est également un facteur de surémission en particulier pour le CO₂ et les oxydes d'azote ;
- le phénomène de démarrage à froid conduit à des surémissions importantes pour les véhicules légers dans les premiers kilomètres d'un trajet, particulièrement pour les particules, le monoxyde de carbone et les composés organiques volatils.

Néanmoins, si ces courbes sont très intéressantes pour connaître l'influence de différents paramètres sur les émissions, il ne faut pas oublier qu'elles sont construites par « calcul » et que des incertitudes existent donc. La première source d'incertitude porte sur le parc roulant, indispensable pour effectuer les calculs mais qui reste incertain dans le cadre d'une projection à moyen et long terme et en l'absence de mise à jour régulière des hypothèses. Des travaux sont en cours en vue d'une actualisation.

La méthodologie COPERT est une méthode basée sur la vitesse moyenne : certes les cycles qui permettent de déterminer les facteurs d'émission sont censés être représentatifs de conditions réelles, mais une telle approche ne permet pas de traduire la dynamique fine de trafic et notamment les cycles d'accélération, de ralentissement voire d'arrêt qui ont un impact fort sur les émissions. Ainsi, la simulation des émissions polluantes dans le cas des situations de trafics contrastées est délicate.

Une nouvelle méthodologie européenne a été développée récemment sous le nom d'ARTEMIS (Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems) [9]. Les conditions réelles de trafic sont intégrées selon une approche par « situation de trafic » plutôt que par vitesse moyenne. Ces situations de trafic sont liées au milieu (urbain, rural), à la catégorie de route (autoroute, voie rapide, route moyenne, réseau local, etc.), à la fonction de la route (transit, distribution, accès résidentiel), à la vitesse réglementaire, aux caractéristiques de la route et au niveau de trafic (fluide, chargé, saturé, stop and go).

L'ADEME, en collaboration avec le RST (CETES, Certu, Sétra, INRETS), travaille actuellement à une adaptation de cette méthodologie dans un nouveau logiciel de calcul d'émission.

Bibliographie

- [1] COPERT 4, Emission Inventory Guidebook, Laboratory of applied thermodynamics, Université de Thessalonique, 2007
- [2] Evolution du parc automobile français entre 1970 et 2020, Béatrice Bourdeau, INRETS, Mémoire de thèse, Janvier 199
- [3] Transport routier – Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025. Charlotte Hugrel, Robert Joumard, INRETS : rapport LTE n°0420, 2004.
<http://noehumanist.net/ur/lte/publi-autresactions/notedesynthese/hugrel-dossier/Rapport1.pdf>
- [4] Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routière, Ministère de la Santé, 2004.
- [5] Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France, séries sectorielles et analyses étendues, CITEPA, février 2009
- [6] Règlement (ce) no 443/2009 du parlement européen et du conseil du 23 avril 2009 établissant des normes de performance en matière d'émissions pour les voitures particulières neuves dans le cadre de l'approche intégrée de la Communauté visant à réduire les émissions de CO2 des véhicules légers.
- [7] Règlement (ce) no 715/2007 du parlement européen et du conseil du 20 juin 2007 relatif à la réception des véhicules à moteur au regard des émissions des véhicules particuliers et utilitaires légers (Euro 5 et Euro 6) et aux informations sur la réparation et l'entretien des véhicules.
- [8] Règlement (CE) n° 595/2009 du Parlement européen et du Conseil relatif à la réception des véhicules à moteur et des moteurs au regard des émissions des véhicules utilitaires lourds (Euro VI) et à l'accès aux informations sur la réparation et l'entretien des véhicules, et modifiant le règlement (CE) n° 715/2007 et la directive 2007/46/CE, et abrogeant les directives 80/1269/CEE, 2005/55/CE et 2005/78/CE.
- [9] Artemis: Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems, final report, TRL limited, Octobre 2007.
- [10] Note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières, Sétra-Certu, février 2005.

Rédacteurs

Guillaume ASTAIX – CETE de Lyon
téléphone : 33 (0)4 74 27 51 28 – télécopie : 33 (0)4 74 27 51 18
mél : guillaume.astaix@developpement-durable.gouv.fr

Vincent DEMEULES – CETE Normandie-Centre
téléphone : 33 (0)2 35 68 89 67 – télécopie : 33 (0)2 35 68 82 19
mél : vincent.demeules@developpement-durable.gouv.fr

Fabien-Romain DUVAL – CETE Normandie-Centre
téléphone : 33 (0)2 35 68 90 33 – télécopie : 33 (0)2 35 68 81 21
mél : fabien-romain.duval@developpement-durable.gouv.fr

Yves DANTEC – Sétra
téléphone : 33 (0)1 46 11 35 06 – télécopie : 33 (0)1 46 11 86 06
mél : yves.dantec@developpement-durable.gouv.fr

Renseignements techniques

Yves DANTEC – Sétra
téléphone : 33 (0)1 46 11 35 06 – télécopie : 33 (0)1 46 11 86 06
mél : yves.dantec@developpement-durable.gouv.fr

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements

46, avenue Aristide Briand – BP 100 – 92225 Bagneux Cedex – France
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 31 – télécopie : 33 (0)1 46 11 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- Intranet (Réseau ministère) : <http://intra.setra.i2>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
Référence : 0958w – ISSN : 1250-8675

AVERTISSEMENT

La collection des notes d'information du Sétra est destinée à fournir une information rapide. La contre-partie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son rédacteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

