

LES EMISSIONS DUES AUX TRANSPORTS ROUTIERS

**NOTE DE SYNTHÈSE RÉALISÉE DANS LE CADRE D'UN PROJET
SOUTENU PAR LA RÉGION PACA ET LA CPA**



RESUME

Depuis dix ans, l'amélioration des moteurs, les pots catalytiques et la modification des carburants entraînent une forte diminution des émissions des véhicules motorisés. Mais avec l'explosion du trafic routier et la banalisation de la climatisation des voitures (JOURMARD, 2003), le transport routier continue et continuera de poser des problèmes environnementaux significatifs (EEA, 2006).

Selon l'EEA, le transport (transport international maritime et aérien non compris) a contribué à environ 56% des émissions de gaz à effet de serre en Europe dont 70% uniquement dus au transport routier (EEA, 2006). En région PACA, 21% des émissions de gaz à effet de serre sont dus aux transports routiers (Atmo PACA, 2008).

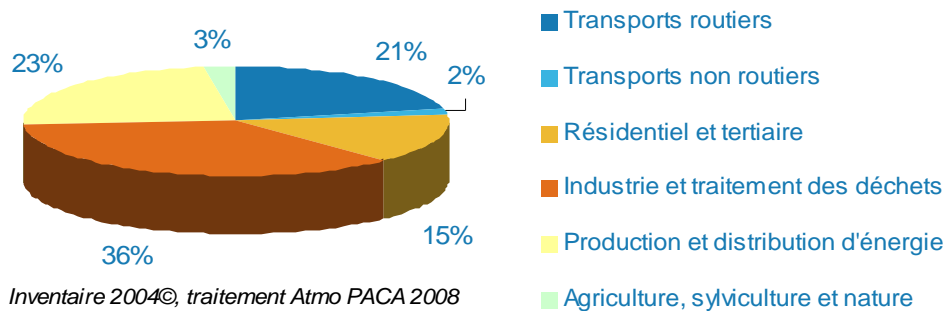


Figure 1 : Emissions de GES par secteur en région PACA en 2004 (PRG)

Aujourd'hui, les émissions de polluants (et la consommation d'énergie) provenant des véhicules routiers se pose donc comme la principale préoccupation pour le développement d'un transport moins nuisant, en particulier en agglomération où la pollution par les oxydes d'azote et les particules est très majoritairement imputable aux transports routiers (près de 80% pour la commune d'Aix en Provence par exemple, cf. Figure 2 ci-dessous).

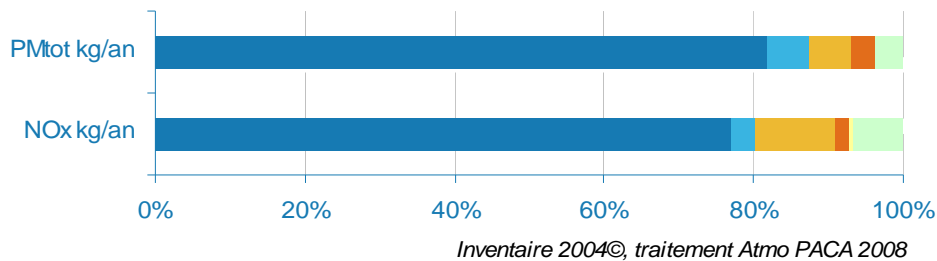


Figure 2 : Répartition des émissions de NO_x et PM (Aix en Provence, 2004)

Depuis la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996, les agglomérations de plus de 100 000 habitants sont dans l'obligation de mettre en place des Plans de Déplacements Urbains et pour celles de plus de 250 000 habitants des Plans de Protection de l'Atmosphère définissant des mesures temporaires ou permanentes pour ramener les niveaux de pollution dans l'air ambiant au dessous des valeurs limites réglementaires.

Dans le cadre du projet soutenu par la Région PACA, intitulé « Information et aide à la décision sur la qualité de l'air dans les territoires de pays et agglomérations partenaires », les services techniques des collectivités accompagnées par Atmo PACA ont fait part de leurs nombreuses interrogations concernant les paramètres déterminants dans la prise en compte des émissions de polluants atmosphériques par les transports.

Ces questionnements ont conduit Atmo PACA à réaliser cette note de synthèse qui a pour objectif de présenter de manière synthétique la contribution de chaque catégorie de véhicules aux émissions de polluants ainsi que l'évolution de ces émissions en fonction de leur vitesse. Enfin, une présentation des émissions dues au trafic routier est proposée. Dans ce cas, les émissions sont calculées de manière globale pour un mode de circulation (ville, route ou autoroute) en tenant compte de la fréquentation respective de chaque type de véhicule sur ces différents axes (notion de parc automobile roulant).

1. QUELQUES DONNEES GENERALES...

1.1. LE TRAFIC ROUTIER EN FRANCE

Le parc français augmente régulièrement et les kilomètres parcourus également. La circulation routière s'élevait en France, en 2005, à plus de 500 milliards de kilomètres, tous réseaux confondus. Les autoroutes supportent environ 20% du trafic, et cette part augmente avec le temps. La circulation en ville croît elle aussi mais de manière moins rapide. Ce sont sur les routes que le trafic est le plus important. Cependant, l'évolution du trafic montre une tendance à une répartition de plus en plus homogène entre ces trois modes de circulation.

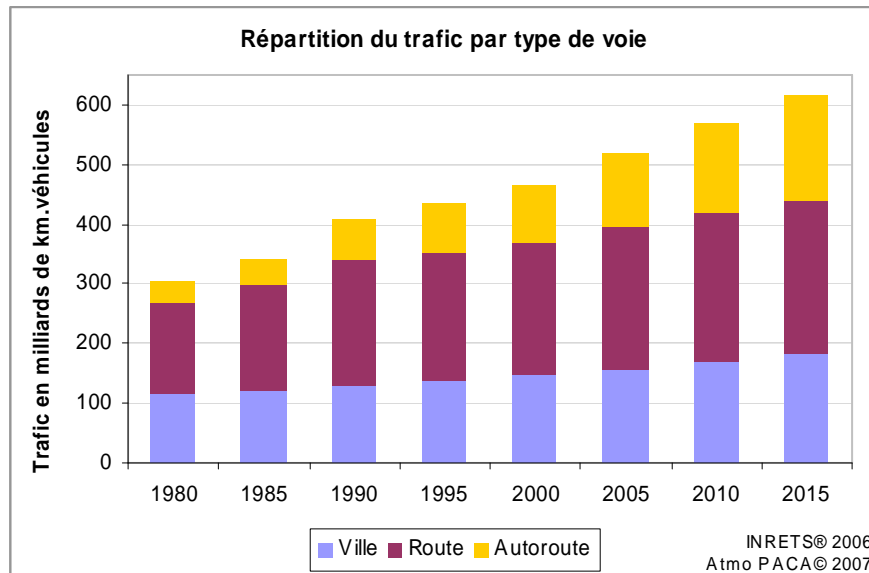


Figure 3 : Répartition du trafic par type de voie

1.2. LES CATEGORIES DE VEHICULES

L'ensemble des véhicules automobiles (parc) peut être subdivisé en plusieurs catégories (INRETS, 2006) :

- Les véhicules particuliers (VP) sont destinés à transporter des personnes. Pour l'essentiel, ils recouvrent des voitures de tourisme auxquelles s'ajoutent quelques petits utilitaires légers aménagés en voitures familiales.
- Les véhicules utilitaires sont les véhicules administrativement définis comme tels par leur carte grise. Ils recouvrent essentiellement des véhicules à vocation économique : déplacements à titre professionnel, transport de marchandises ou de personnes...
 - Les véhicules utilitaires légers (VUL) sont définis par l'intermédiaire d'un poids total autorisé en charge (PTAC) de 3,5 tonnes au maximum et d'un poids total roulant autorisé (PTRA) de 5 tonnes.
 - Les bus et autocars sont des véhicules lourds affectés au transport de passagers. Ils excluent les minibus, comptabilisés avec les véhicules utilitaires légers. Les autocars ne sont dotés que de places assises alors que les bus comportent à la fois des places assises et des places debout. Les poids lourds (PL) sont les véhicules utilitaires effectivement affectés au transport de marchandises. Cette catégorie comprend à la fois les camions dont l'usage nécessite l'attelage d'une remorque (les tracteurs) et ceux qui ne nécessitent pas de remorque (les porteurs).
- En France, les deux-roues étaient distingués jusqu'en 2004 selon leur immatriculation : ceux ayant une cylindrée inférieure à 50 cm³ n'étaient pas immatriculés (cyclomoteurs et une partie des scooters). Seuls les vélomoteurs, motocyclettes et scooters de plus de 50 cm³ étaient immatriculés. Depuis 2004, l'ensemble des deux-roues est immatriculé (ceux mis en service avant cette date devront être immatriculés avant le 30 juin 2009).

1.3. NOTION DE PARC AUTOMOBILE

Il existe deux types de parcs automobiles pouvant être calculés :

- Le **parc automobile statique** correspond au nombre de véhicules en service abstraction faite de l'usage qui en est fait. Ce parc est évalué en nombre de véhicules et ne tient pas compte du kilométrage parcouru par chacun d'entre eux (Source : INRETS, 2004).
- Le **parc automobile roulant** constitue une évaluation de la circulation effective des véhicules. Au sein d'une même catégorie, l'usage des véhicules peut être très différent : le parc roulant est estimé à partir du parc statique en appliquant un coefficient d'utilisation aux véhicules. Ce coefficient correspond au kilométrage moyen parcouru par les véhicules en une année. Le produit du parc statique par le coefficient d'utilisation correspondant à chacune des catégories de véhicules de ce parc fournit une estimation du kilométrage total parcouru par ce parc. L'évaluation du parc roulant est nécessaire dès lors que l'on souhaite apprécier la pollution associée au trafic routier (Source : INRETS, 2004).

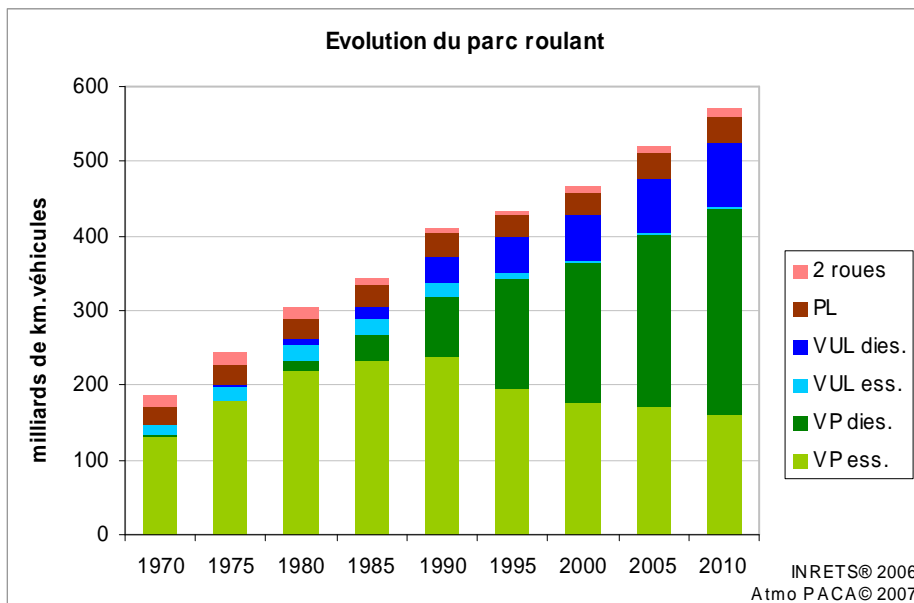


Figure 4 : Evolution du parc roulant en France métropolitaine

Le nombre de kilomètres parcourus en France est en constante augmentation ces trente dernières années (plus de 1% par an en moyenne à environ 2% an pour la période 2000-2010), ce que nous avons déjà constaté précédemment, mais nous pouvons également noter ici la « diésélisation » progressive du parc automobile français.

Compte tenu du fait que les émissions unitaires propres à un véhicule varient de manière sensible en fonction du type de voie sur laquelle s'effectue le déplacement, on cherche ensuite à répartir le kilométrage total parcouru par les véhicules sur les trois types de voies de circulation que sont les voies urbaines, les routes et les autoroutes.

1.4. DIRECTIVES ET NORMES D'EMISSIONS

La réglementation permettant de maîtriser la pollution atmosphérique générée par les gaz d'échappement des véhicules routiers concerne à la fois les directives européennes qui traitent directement des émissions à l'échappement mais également les directives visant à encadrer la qualité des carburants utilisés, notamment en ce qui concerne leur teneur en soufre et en plomb (INRETS, 2006). Les normes d'émission des véhicules routiers définies dans les directives européennes concernent principalement deux aspects :

- Le premier touche à l'ensemble de la flotte, véhicules anciens et neufs. Ce sont les concentrations dans les gaz d'échappement en monoxyde de carbone (CO) et en hydrocarbures (HC) imbrûlés des véhicules au ralenti. Ces données ne renseignent toutefois guère sur les émissions réelles qui ont lieu sur la route.
- Le deuxième aspect est plus important. Il se réfère aux émissions à l'échappement des véhicules neufs. Tout véhicule mis sur le marché doit respecter ces normes. Les émissions sont mesurées selon un cycle de conduite bien défini. Dans l'Union Européenne, les émissions de CO et d'HC des voitures particulières sont réglementées depuis 1972. Les poids lourds sont réglementés depuis 1990, les petits véhicules utilitaires depuis 1994 et les 2-roues depuis 2000. Tous les véhicules, à essence ou diesel, sont maintenant concernés par des normes d'émissions de CO, d'HC, d'oxydes d'azote (NO_x) et de poussières fines (PM).

Depuis l'introduction des premières normes, la somme des émissions d'HC et de NO_x a été divisée par quatorze pour les voitures et par trois pour les poids lourds, tandis que les PM ont été divisées par sept pour les véhicules légers diesel. Depuis le début des années 1990, cette réglementation est appelée Euro 1, 2, etc. (JOURMARD, 2003).

1.5. CLIMATISATION DES VEHICULES

L'impact de l'usage de la climatisation automobile s'élèverait à 4,5 millions de tonnes équivalent CO₂ à l'horizon 2010 en France (ADEME, 2003). Les conséquences de l'utilisation de la climatisation se situent à plusieurs niveaux :

- La surconsommation induite par ce type d'équipement : des essais réalisés par l'ADEME confirment la surconsommation de carburant lors de l'utilisation de la climatisation. Cette surconsommation oscille entre 15 et 35%, les taux les plus élevés concernant les cycles de conduite en mode urbain.
- La surémission de polluants réglementés : les véhicules essence émettent plus de CO et de NO_x, les véhicules diesel émettent plus de NO_x et de particules en suspension.

	CO	HC	NO _x	Particules
Essence	+45%	~ 0	+62%	-
Diesel	-29%	-24%	+37%	+46%

Tableau 1 : Emissions moyennes de polluants mesurés en g/km, Ecart en % entre essai climatisation en marche et sans climatisation (ADEME, 2003)

- Les systèmes d'air conditionné automobile possèdent un inconvénient fort en termes de rejet de gaz à effet de serre : ils utilisent des fluides frigorigènes (HFC) à très hauts pouvoirs de réchauffement global (l'HFC « R134a » a un PRG de 1300 ce qui signifie que 1 kg de ce HFC émis dans l'atmosphère a autant d'effet que 1,3 tonnes de CO₂). Les HFC sont émis dans l'atmosphère suite à des problèmes d'étanchéité non parfaite des systèmes de climatisation ou lors de la maintenance de l'appareillage. Selon les campagnes d'évaluation menées par le Centre d'énergétique de l'Ecole des Mines de Paris (d'après ADEME, 2003), de nombreuses boucles de climatisation actuelles présentent des débits de fuite compris en 10 et 70 g/an.

Pour un véhicule équipé d'un circuit de climatisation automobile d'une capacité de 775g de HFC « R134a » roulant en moyenne 12000 km/an pour une durée de vie de 12 ans (dont les deux dernières années sans maintenance), le rejet total (considérant les fuites annuelles, les maintenances et la charge émise en fin de vie du véhicule) s'élève à 93 g/an de HFC « R134a »¹. Cela représente une émission équivalente à 120 kg de CO₂

¹ Le scénario considère des émissions fugitives annuelles de 10% (soit 77,5g/an), une masse perdue lors des maintenances et une charge émise en fin de vie de l'ordre de 20% d'une demi-charge (soit 77.5g/10ans pour chaque).

par an, soit 10 g/km. Cette valeur est non négligeable par rapport aux émissions moyennes des véhicules neufs en 2002, à savoir 155 g/km de CO₂ (ADEME, 2003). Toutefois, les nouvelles technologies permettent de concevoir actuellement des boucles de climatisation émettant de l'ordre de 10 g/an de HFC permettant de ne pas avoir besoin de faire recharger son circuit de réfrigérant, toute la durée de vie du véhicule. De plus, un décret français est en préparation : il précisera que les interventions sur les boucles de climatisation ne pourront être faites que par du personnel agréé dans des garages agréés, qui seront les seuls à pouvoir acheter du « R134a ». Enfin, la récupération du réfrigérant en fin de vie du véhicule sera obligatoire (ADEME, 2006).

1.6. LES COMPOSES PRIS EN COMPTE DANS CETTE ETUDE

Les polluants étudiés dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- Le **monoxyde de Carbone** (CO) est un polluant issu de combustions incomplètes : il provient de la combustion du carbone en présence d'une quantité d'oxygène (donc d'air) insuffisante. Il est principalement émis par les automobiles (à faible vitesse lors de situations de bouchons ou de ralentissements). Le CO est un précurseur de la formation de l'ozone² dans les zones urbanisées. C'est un gaz incolore, inodore et sans saveur, donc difficilement décelable.
- Les **Composés Organiques Volatils** (COV) regroupent un ensemble de polluants d'origine humaine, autre que le méthane, capable, en présence d'oxydes d'azote et de lumière de produire des polluants photochimiques. Comme le CO, ils proviennent de la combustion incomplète des combustibles. Mais il peut s'agir aussi d'hydrocarbures émis par évaporation des bacs de stockage pétroliers ou lors du remplissage des réservoirs automobiles, de solvants émis lors de l'application des peintures, des encres etc., de composés organiques émis par l'agriculture et par le milieu naturel...
- Les **oxydes d'azote** (NO_x) comprennent principalement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) en milieu urbain. Le Monoxyde d'azote (NO) est émis directement à la sortie du pot d'échappement et sa formation dépend de la température : plus cette dernière est élevée plus la quantité de NO générée est importante. Cette propriété explique que les émissions de NO des véhicules augmentent avec la vitesse ou dans les embouteillages (température du moteur plus élevée). Le monoxyde d'azote est ensuite oxydé en moins de deux minutes en NO₂ par les agents oxydants de l'air. C'est la rapidité de cette réaction qui fait considérer le NO₂ comme un polluant primaire. On retrouve le NO₂ principalement à proximité des axes de forte circulation et dans les centres-villes. Il est particulièrement présent lors des conditions de forte stabilité atmosphérique : situations anticycloniques et inversions thermiques en hiver. Les oxydes d'azote interviennent dans le processus de formation d'ozone dans la basse atmosphère ainsi que dans le phénomène des pluies acides.
- Le **Dioxyde de Carbone** (CO₂) est un gaz incolore, inodore, présent dans l'atmosphère dans une proportion égale à 0,0375 % en volume, soit 375 ppmv (parties par million en volume). Il est produit notamment lors de la fermentation aérobie ou de la combustion de composés organiques et lors de la respiration des êtres vivants et des végétaux (pour ces derniers, la photosynthèse piège beaucoup plus de CO₂ que sa respiration n'en produit). Mais la quantité de CO₂ augmente aussi du fait des activités humaines de consommation des combustibles fossiles. Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre, contribuant au réchauffement climatique.
- Les **particules en suspension** (PM) sont principalement issues de la combustion des produits pétroliers. Les automobiles (diesel en particulier) et l'industrie en sont donc la source majeure, avec une prédominance automobile surtout dans les zones urbanisées. On les retrouve principalement dans les centres-villes, alliant fortes émissions et faibles dispersions de la pollution. Les particules en suspension provoquent essentiellement des troubles respiratoires. Les PM d'une taille supérieure à 10 µm sont bloquées dans les voies aériennes supérieures de l'arbre respiratoire. Les particules de taille inférieure pénètrent plus profondément, dans les poumons, où leur impact sur la santé est plus important.

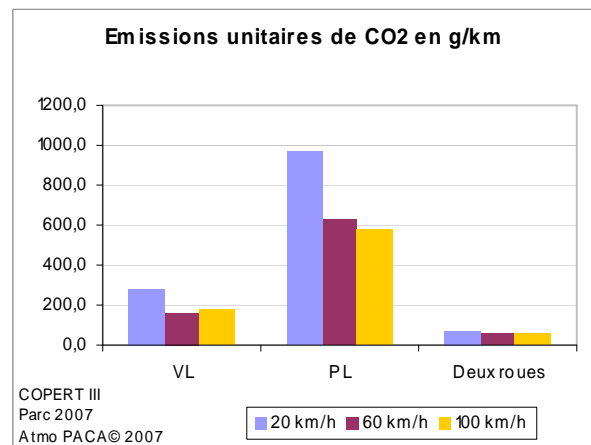
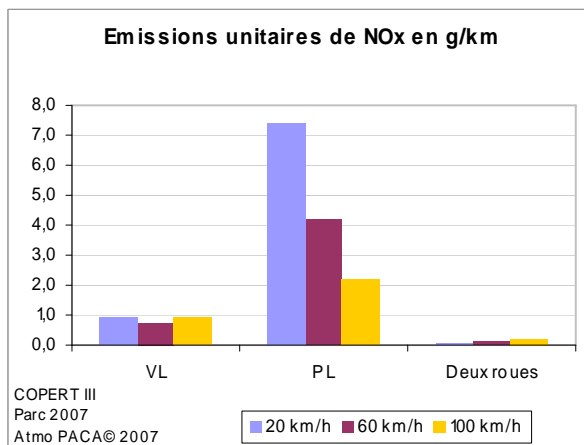
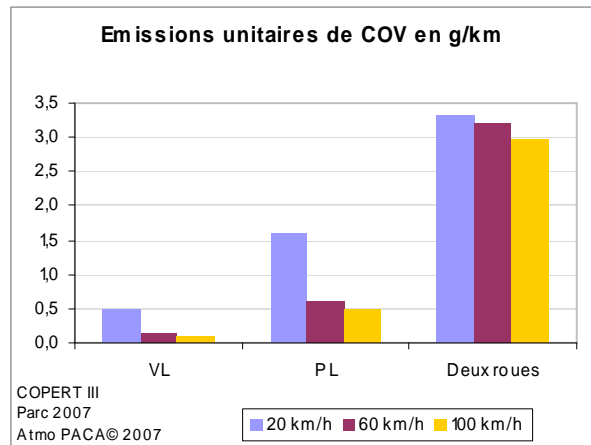
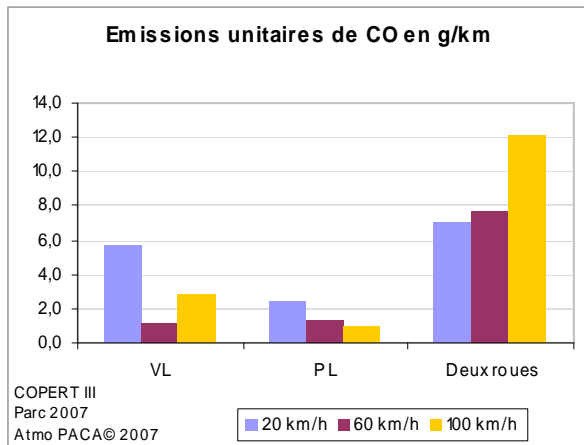
² L'ozone est l'un des principaux polluants de la pollution dite « photo-oxydante » et contribue également aux pluies acides ainsi qu'à l'effet de serre.

2. CONTRIBUTION DES DIFFERENTES CLASSES DE VEHICULES

L'objectif ici est de réaliser une comparaison des émissions d'un véhicule moyen de chaque catégorie : pour cela, on effectue un calcul d'**émissions unitaires** (en g/km), pour chaque catégorie de véhicule (véhicules légers, poids lourds, deux roues), en utilisant un parc 2007 (différentes normes de véhicules moyennées). Les résultats présentés dans ce chapitre sont issus du logiciel IMPACT ADEME V2, qui utilise la méthodologie européenne **COPERT III**³ développée en 2000 par l'European Environment Agency (EEA).

2.1. COMPARAISON DES PRINCIPAUX TYPES DE VEHICULES

Les graphiques suivants indiquent les émissions unitaires de trois véhicules : un véhicule léger (VL), un poids lourd (PL) et un « deux-roues », pour trois modes de circulation et leur vitesse moyenne arbitrairement associée : ville (20 km/h de moyenne), route (60 km/h de moyenne) et autoroute (100 km/h de moyenne). Chacun de ces véhicules correspond à un véhicule « moyen », c'est-à-dire dont les émissions ont été obtenues en faisant la moyenne des émissions des différents types (âges, normes) de véhicules appartenant à sa catégorie.



³ Lors des travaux MEET ayant abouti à la réalisation de Copert III, seuls les véhicules particuliers et les véhicules utilitaires légers répondant à la norme Euro I ont pu faire l'objet de mesure ainsi que les véhicules lourds répondant à la norme Pré-Euro. L'estimation des émissions pour les véhicules répondant aux normes technologiques ultérieures repose sur l'hypothèse d'une équivalence entre le taux de réduction appliqué pour passer de la norme Euro I (Pré-Euro dans le cas des poids lourds) aux normes suivantes et le taux de réduction entre les émissions réelles des véhicules respectant Euro I et celles des véhicules respectant les normes ultérieures (Source : INRETS, 2004).

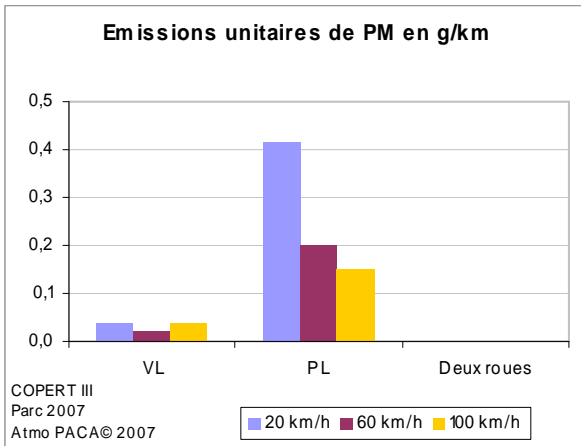


Figure 5 : Comparaison des émissions d'un VL, d'un PL et d'un « deux-roues » pour les principaux polluants

- Ces résultats mettent en évidence la prépondérance des véhicules « deux-roues » dans les émissions par véhicule de CO et de COV pour tous les modes de conduite. Ce type de véhicule, fonctionnant exclusivement avec des moteurs à essence, n'émet aucune particule en suspension. Les « deux roues » émettent moins de NO_x et de CO₂ que les autres catégories de véhicules.
- Les poids lourds sont les véhicules qui émettent le plus de NO_x, de CO₂ et de particules, quel que soit le mode de circulation.
- Les véhicules légers émettent de manière générale moins de polluants que les autres véhicules comparés ici. Il semble intéressant de constater tout de même leurs fortes émissions de CO lors d'une circulation en ville (20 km/h).

2.2. COMPARAISON DES VEHICULES PARTICULIERS (VP)

L'objectif ici est de comparer les émissions des véhicules particuliers essence et diesel (véhicules moyens – parc 2007). Il apparaît que le véhicule essence émet plus de polluants que son homologue diesel en ce qui concerne les rejets de CO et de COV⁴. Par contre, le véhicule diesel émet plus d'oxydes d'azote que le véhicule essence et il est le seul à émettre des particules en suspension. Les émissions de CO₂ sont sensiblement équivalentes pour les deux véhicules.

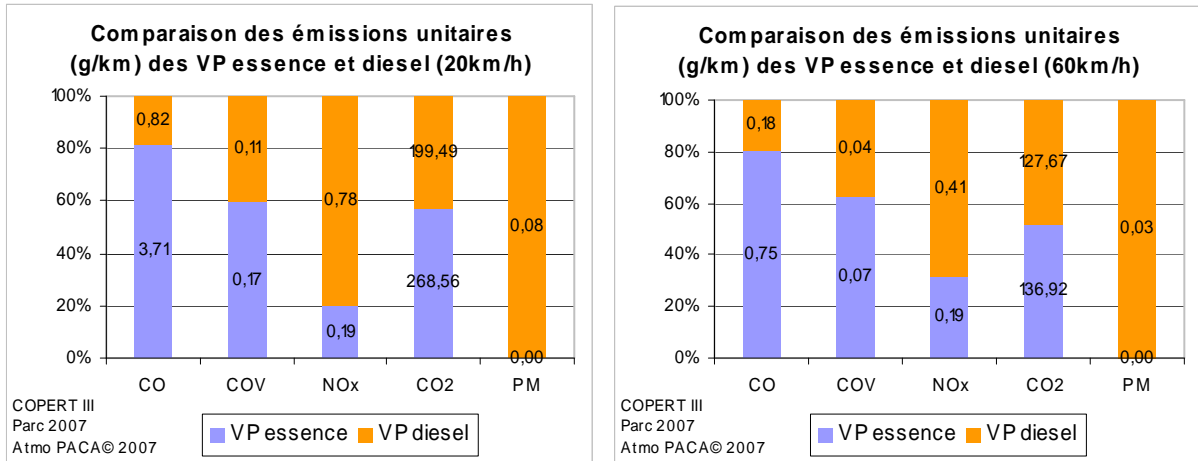


Figure 6 : Comparaison des émissions unitaires des VP essence et diesel

2.3. COMPARAISON DES DEUX-ROUES

La comparaison des différents types de véhicules « deux-roues » permet d'observer des émissions qui varient fortement en fonction du type de véhicule. Pour une vitesse de 60km/h, il apparaît que les « deux-roues 2 temps » ont le même mode de fonctionnement : ils émettent principalement du CO et des COV avec des émissions plus importantes pour les véhicules de plus de 50 cm³ (les deux temps sont généralement limités aux petites cylindrées inférieures à 125 cm³). A l'inverse, les « deux-roues 4 temps » émettent principalement des NO_x et du CO₂ et relativement peu de CO et de COV. Les particules sont négligées pour les « deux-roues » (essence).

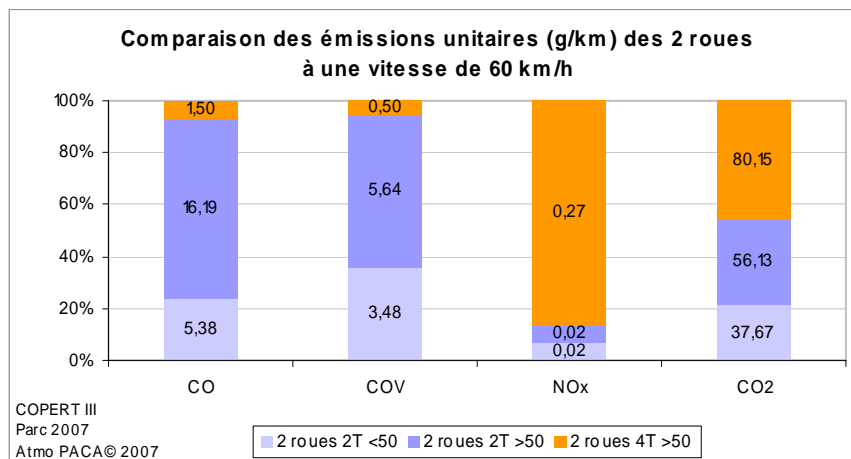


Figure 7 : Comparaison des émissions unitaires des « deux-roues »

⁴ On constate ici des émissions de COV plus importantes concernant les VP essence. Ceci est dû au fait que le calcul se base sur un parc automobile (mélange de véhicules récents et plus anciens). Si l'on considère uniquement un véhicule récent (Cf. Figure 10 page 13), on observe une inversion avec des émissions de COV pour un véhicule diesel supérieures à celles d'un véhicule essence pour des vitesses faibles. Ces inversions de tendance trouvent une explication dans l'étude des normes d'émissions avec des normes post-EURO I particulièrement sévères sur les émissions de COV des VP essence.

2.4. COMPARAISON VP / BUS

Les comparaisons entre différents modes de transport (VP / Bus) permettent d'évaluer les conditions d'une meilleure utilisation des transports en termes d'« efficacité environnementale ». Il s'agit ici de mieux comprendre l'impact de l'utilisation des transports en commun sur la qualité de l'air. Il est par exemple possible de calculer le taux de remplissage minimal d'un bus permettant une réduction d'émissions par rapport au cas où l'ensemble des passagers auraient utilisé leur véhicule personnel. Le ratio d'émission Bus/VP est le plus important pour les NO_x. Il indique un nombre minimal de **21 passagers** pour que le bus émette moins de polluants que l'ensemble des VP correspondants si chaque passager utilise son propre véhicule.

	CO (g/km)	COV (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	PM (g/km)
VP ⁵	2,3	0,1	0,5	234,0	0,04
Bus	2,9	1,3	9,8	1176,6	0,4
Ratio Bus/VP	1,3	9,4	20,2	5,0	9,8

Tableau 2 : Emissions unitaires d'un VP et d'un bus – Ration Bus/VP

Dans une optique similaire, il est intéressant de comparer les émissions par type de voyageur lors de situations réelles : la situation moyenne correspond à l'utilisation moyenne des transports en commun dans une journée, la situation en heure de pointe correspond à la fréquentation des bus dans les plages horaires 7-9h et 16-19h.

Nous considérons pour les bus un remplissage moyen de 35 passagers et de 65 passagers en heures de pointe. Pour les cars, la fréquentation moyenne est de 20 passagers et de 40 en heures de pointe. Lors de ce type de déplacements courts, les véhicules particuliers ont un taux de remplissage d'une seule personne. La vitesse moyenne a été fixée à 20 km/h. Il apparait ainsi qu'une personne utilisant les transports en commun représente des émissions nettement plus faibles qu'une personne utilisant son véhicule particulier, pour l'ensemble des polluants étudiés :

Gain d'émission	CO	COV	NO _x	CO ₂	PM
Bus	- 98%	- 85%	- 70%	- 92%	- 85%
Car	- 97%	- 73%	- 60%	- 87%	- 75%

Tableau 3 : Gains d'émission dus à l'utilisation des transports en commun en situation d'heure de pointe

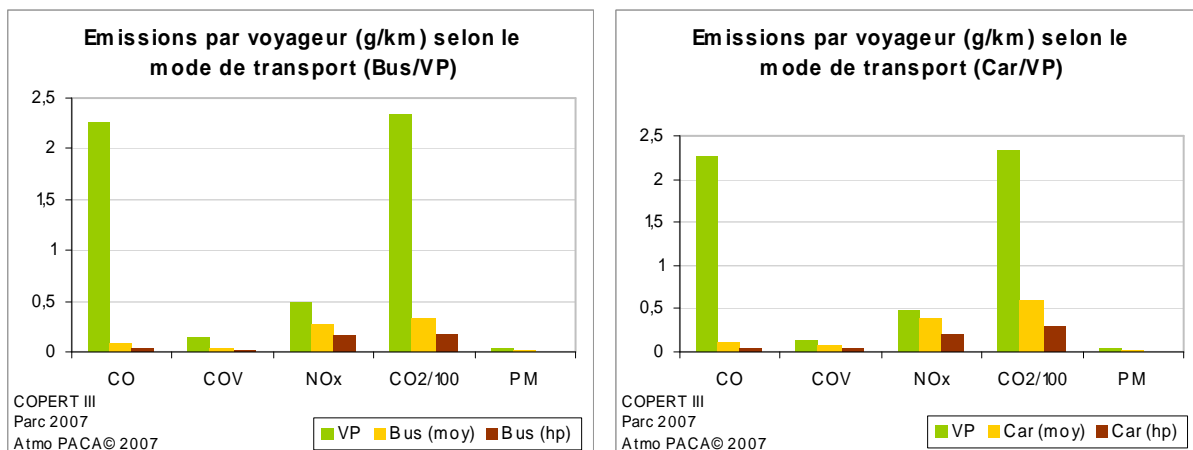


Figure 8 : Représentation graphique des émissions par voyageur en fonction de son mode de transport (VP, Bus ou Car)⁶

⁵ Dans cet exemple, les véhicules pris en compte sont un véhicule particulier et un bus urbain standard <18 tonnes. Le mode de circulation est un mode urbain, la vitesse considérée est de 20 km/h pour les deux véhicules.

Si on considère l'exemple de la Communauté du Pays d'Aix (CPA) qui transporte en moyenne 60 000 passagers par jour en bus et cars, la figure suivante présente le bilan d'émissions que représente l'utilisation des transports en commun et le compare aux émissions qui seraient produites dans le cas où les utilisateurs de transports en communs utiliseraient leur véhicule personnel. La présence des bus urbains et des cars sur la CPA représente théoriquement un gain d'émissions d'environ 92 tonnes de CO₂ et de plus d'une tonne de CO par jour.

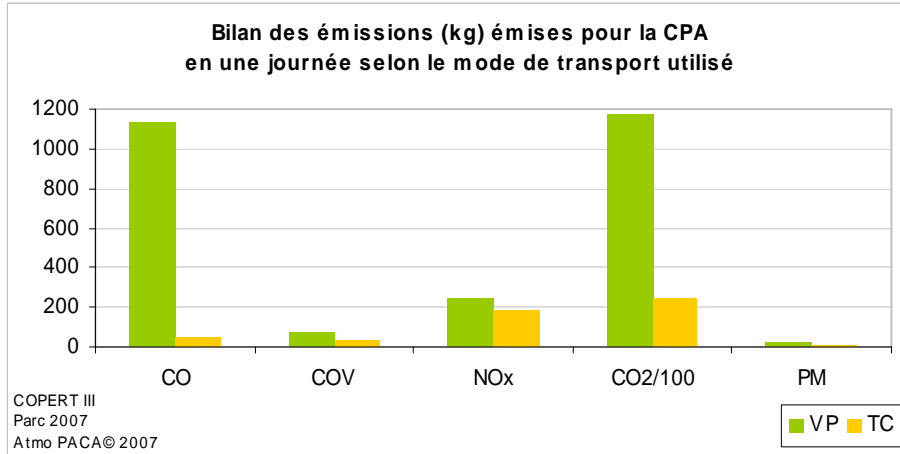


Figure 9 : Bilan d'émissions de l'utilisation des transports en commun pour la CPA

⁶ Pour des raisons de représentations graphiques, les valeurs de CO₂ ont été divisées par 100. Pour retrouver la valeur exacte d'émission de CO₂, il convient donc de multiplier par 100 la valeur lue dans le graphe.

3. RELATION ENTRE EMISSIONS ET VITESSES

Pour tester l'influence de la vitesse sur les rejets de polluants atmosphériques, des calculs d'émissions ont été effectués en utilisant la dernière méthodologie disponible (COPERT IV, EEA, septembre 2006) pour plusieurs types de véhicules roulant à des vitesses de 10 à 130km/h.

D'une manière générale, l'évolution des émissions en fonction de la vitesse présente une tendance similaire pour la majorité des véhicules :

- La forme générale des courbes montre une décroissance des émissions avec l'augmentation des vitesses de 0 jusqu'à à 60-80 km/h ;
- A partir de ces vitesses (60-80 km/h), les véhicules émettent d'autant plus de polluants que la vitesse croit.

3.1. COMPARAISON DES VEHICULES PARTICULIERS

Il n'est pas encore possible de calculer de manière exhaustive les émissions des véhicules particuliers EURO IV (norme en vigueur au 1^{er} janvier 2005) avec la méthodologie la plus récente (COPERT IV), car il manque à ce jour des catégories de véhicules. Nous présentons donc ici les calculs d'émissions pour des véhicules dépendants de la norme précédente EURO III, correspondant aux véhicules fabriqués entre 2000 et 2005 :

- Les émissions de CO sont plus importantes pour un véhicule essence que pour un véhicule diesel. La différence augmente progressivement avec la vitesse⁷.
- Les émissions de COV varient de manière similaire en fonction de caractère essence ou diesel du véhicule, avec des émissions minimales pour des vitesses moyennes. Cependant, le véhicule diesel émet un maximum de COV pour des vitesses faibles, c'est l'inverse pour le véhicule essence qui émet le plus de COV lors de vitesses élevées.
- A l'inverse, le véhicule diesel émet plus de NO_x que son homologue essence, avec des émissions favorisées par des vitesses faibles ou au contraire élevées. Pour le véhicule essence, les émissions de NO_x varient peu avec la vitesse.
- Les émissions de CO₂ sont à peu près équivalentes pour les deux véhicules et varient de la même manière en fonction de la vitesse.
- Le véhicule diesel est le seul à émettre une quantité significative de particules.

⁷ La méthodologie COPERT a subi d'importantes évolutions entre ses dernières versions III et IV et les facteurs d'émissions ont été précisés. Ces évolutions concernent tout particulièrement les émissions de CO par les VP essence dont l'évolution avec la vitesse est fortement modifiée dans la dernière version de COPERT. Pour comparaison, des graphiques comparant les émissions de polluants calculées selon les deux versions III et IV sont proposés en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** page **Erreur ! Signet non défini.**

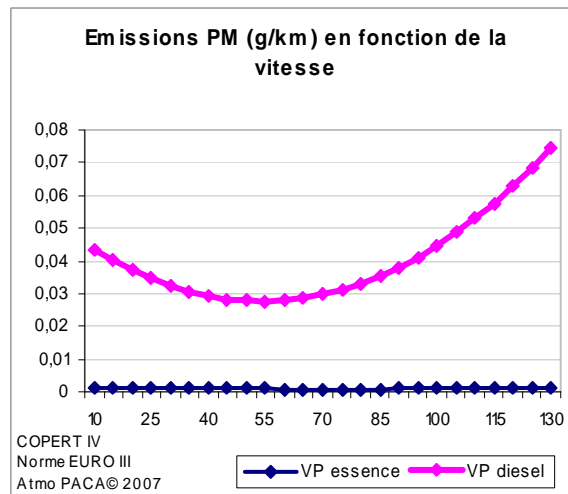
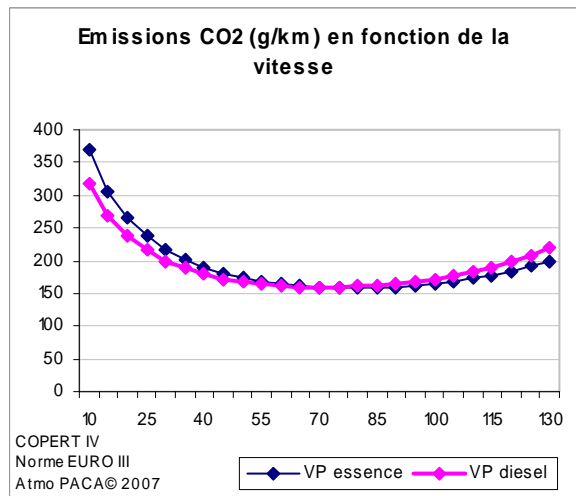
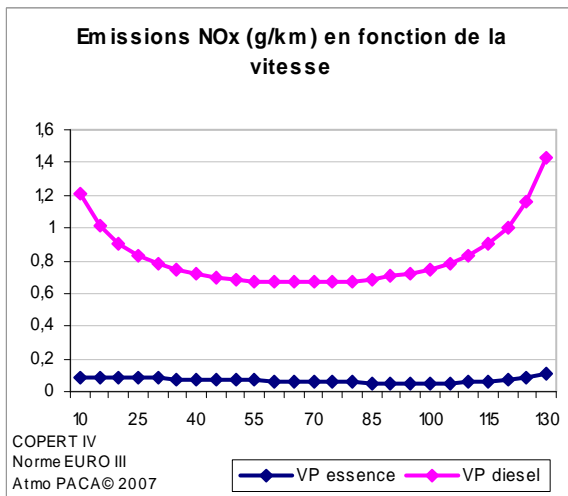
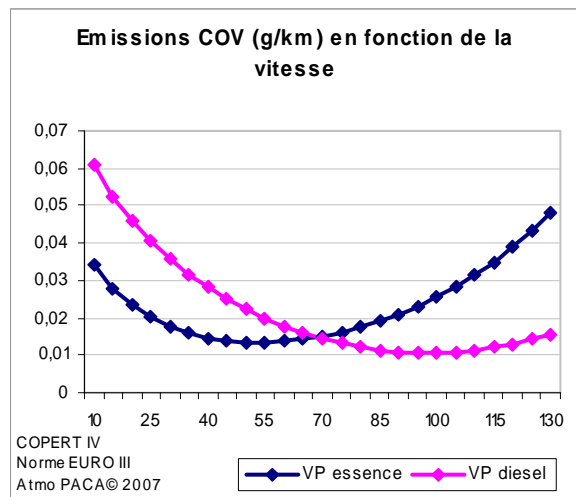
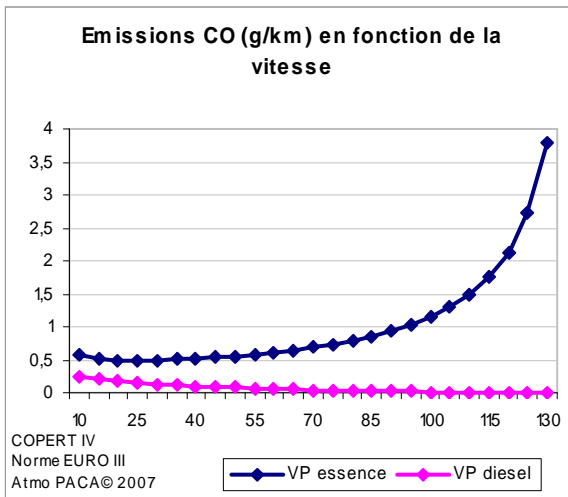


Figure 10 : Représentations graphiques de l'évolution des émissions de polluants en fonction de la vitesse des véhicules particuliers

3.2. CAS DES BUS URBAINS

Les bus urbains roulent à des vitesses inférieures à 50 km/h. Dans cette gamme de vitesses, les courbes d'évolution des émissions selon la vitesse sont décroissantes pour l'ensemble des polluants étudiés. Les émissions de ce type de véhicules sont donc minimales pour des vitesses entre 40 et 50 km/h. Ces résultats mettent donc en évidence l'importance de la fluidité du réseau routier pour une utilisation optimale des bus en termes de rejets polluants.

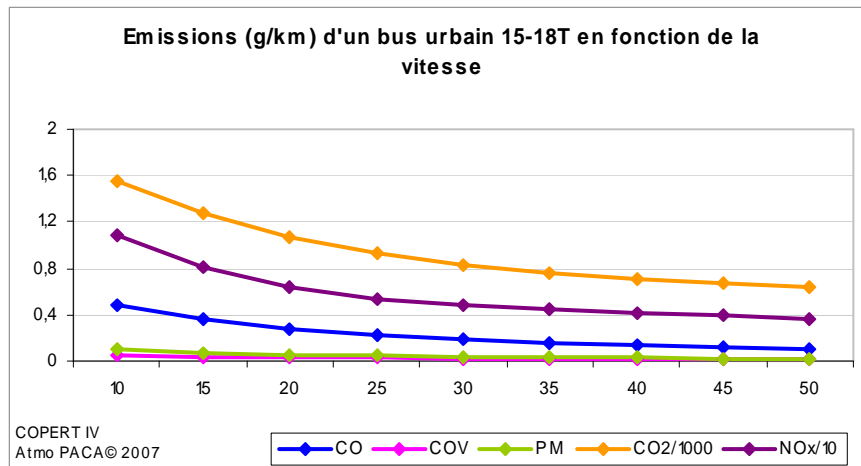


Figure 11 : Evolution des émissions d'un bus urbain (15-18T, facteur de pente : 0%, facteur de charge : 50%) en fonction de sa vitesse

3.3. COMPARAISON DES « DEUX – ROUES »

Les véhicules « deux-roues » sont plus complexes à comparer du fait qu'ils regroupent des véhicules aux fonctionnements très différents. Ainsi, leurs émissions ne sont pas similaires (Cf. Paragraphe 2.3 page 9). Il en est de même en ce qui concerne l'évolution des émissions en fonction de leurs vitesses.

- Les « deux-roues 2 temps » émettent globalement plus que les véhicules « 4 temps ». Ils ont tendance à voir leurs émissions croître en même temps que leur vitesse. Ceci est nettement visible pour le CO et les NO_x alors que les émissions de COV présentent une légère diminution à partir de 50 km/h.
- Les « 4 temps » émettent moins de CO et de COV lorsque leur vitesse augmente alors qu'on observe la tendance inverse pour les NO_x avec des émissions qui augmentent progressivement avec la vitesse.
- Les « 4 temps » émettent plus de CO₂ que les « 2 temps ». Ceci s'explique par une consommation de carburant plus importante pour les « 4 temps », catégorie regroupant des véhicules plus puissants.

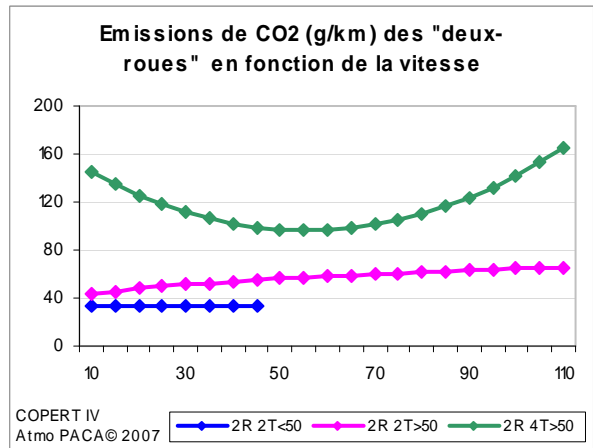
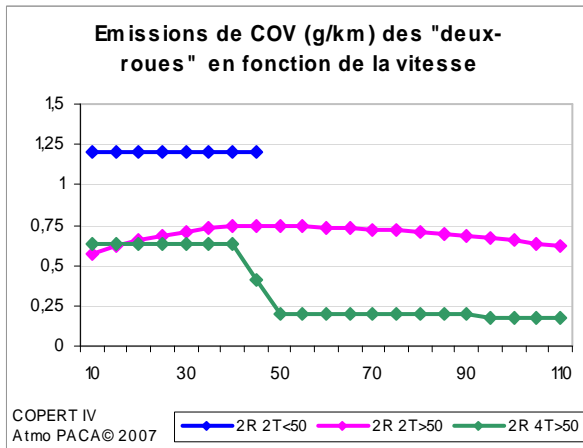
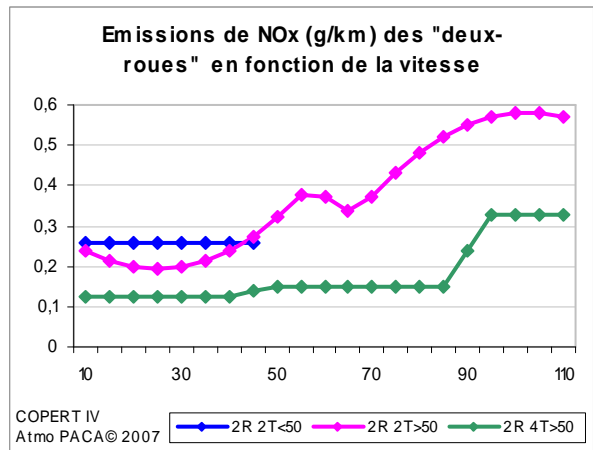
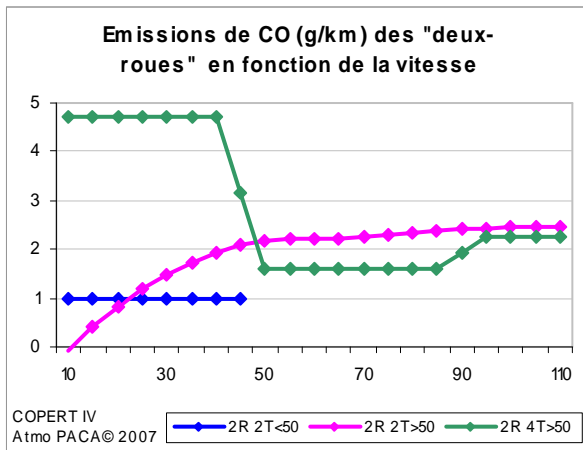


Figure 12 : Evolution des émissions des « deux-roues » en fonction de leur vitesse

4. LES EMISSIONS DUES AU TRAFIC ROUTIER (VILLE, ROUTE, AUTOROUTE)

Les émissions dues au trafic routier varient en fonction du mode de circulation. La répartition des types de véhicules ainsi que les vitesses moyennes diffèrent selon le type de voie. Pour mettre en évidence la pollution émise par type d'axe routier, un échantillon de 10000 véhicules a été réparti sur chacun des axes selon un parc automobile roulant (2004) puis les émissions en principaux polluants (CO, NO_x, COV, PM et CO₂) ont été calculées.

4.1. REPARTITION DES VEHICULES SELON LE TYPE DE VOIE

Le parc automobile utilisé pour ces calculs est le parc dynamique du CITEPA⁸ défini pour l'année 2004. D'après les valeurs fournies par le CITEPA, nous avons réparti les 10000 véhicules comme indiqué dans le tableau suivant :

	Ville	Route	Autoroute
VP	7778	7421	7389
VUL	1530	1726	1476
PL	379	601	999
Cars	17	21	27
Bus	109	52	0
Deux-roues	187	179	109

Tableau 4 : Répartition de 10000 véhicules selon le mode de circulation en fonction du parc automobile de 2004 (CITEPA)

La répartition des véhicules selon le parc défini pour l'année 2004 du CITEPA montre une part majoritaire occupée par les véhicules personnels quelque soit le type d'axe routier (75% environ du total des véhicules). Les poids lourds sont répartis de manière plus hétérogène et sont principalement présents sur autoroute où ils représentent environ 10% des véhicules, contre seulement 3,8% en ville.

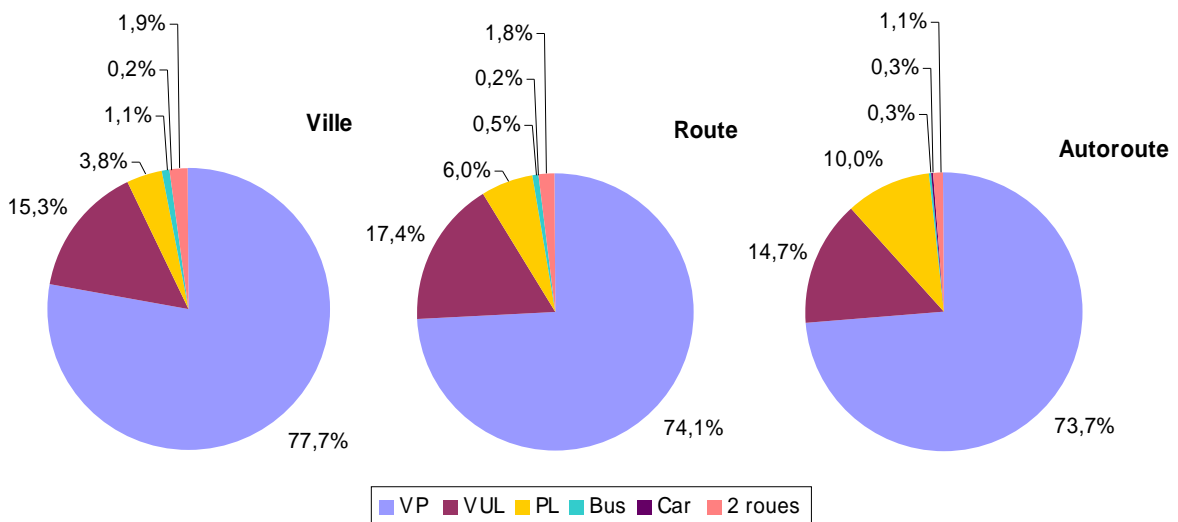


Figure 13 : Représentation graphique de la répartition des véhicules selon le mode de circulation

⁸ Le parc du CITEPA est utilisé dans les calculs du fait de sa mise à jour plus fréquente que le parc de l'INRETS (tous les 5 ans).

4.2. REPARTITION DES VITESSES SELON LE TYPE DE VOIE

Pour les 3 types de circulation étudiés, les véhicules ne roulent pas à la même vitesse. Les vitesses affectées à chaque catégorie de véhicules ont été estimées à partir du travail réalisé par *MVA Consultancy* dans le cadre du Programme ESCOMPTE en 2002, et sont présentées dans le tableau suivant.

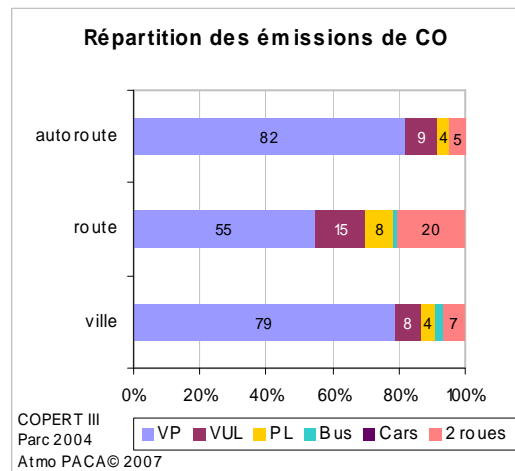
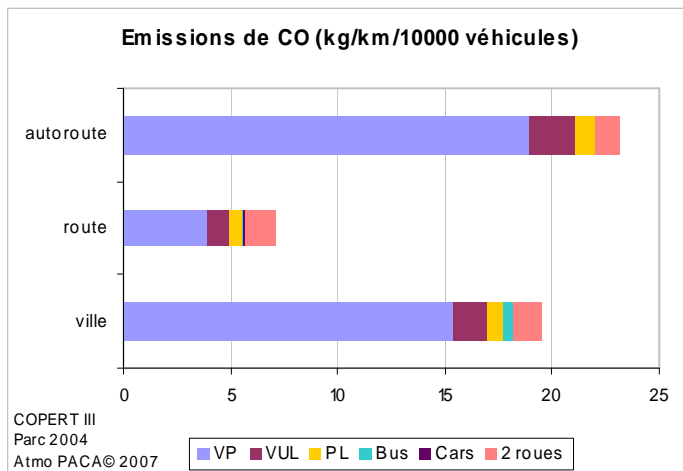
	VP	VL	PL	Bus	Cars	Deux-roues <50 cm ³	Deux-roues >50 cm ³
Ville	30	30	20	18	20	40	40
Route	80	80	70	50	70	50	90
Autoroute	130	110	100	/	100	/	110

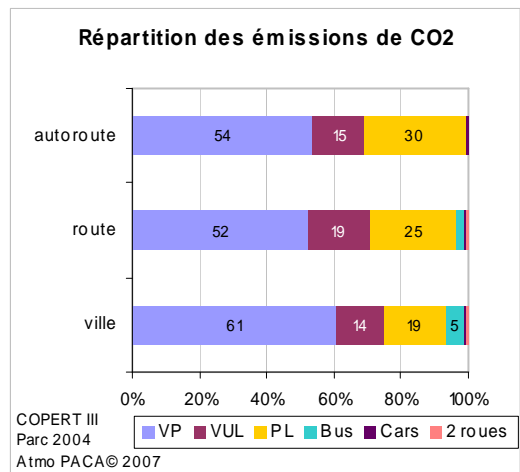
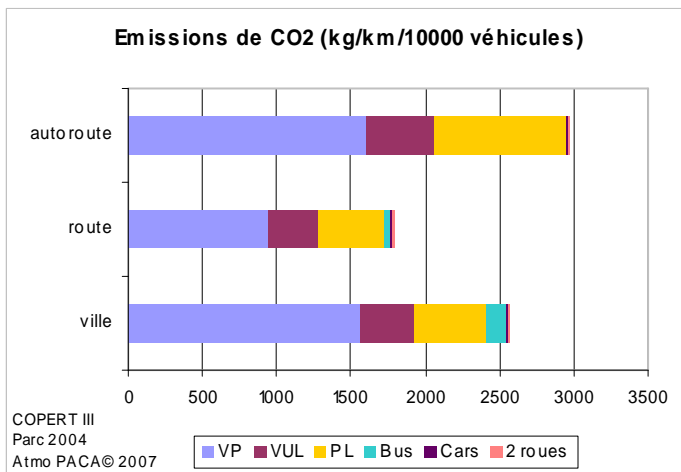
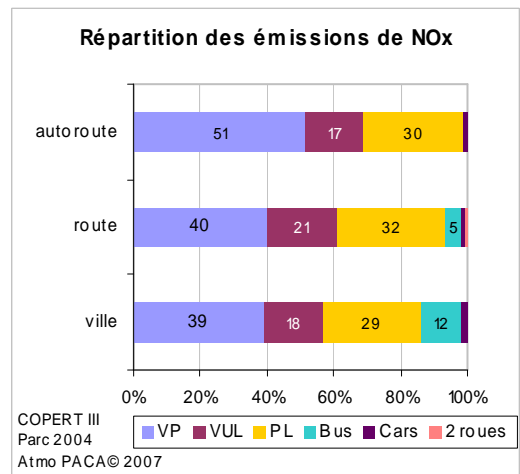
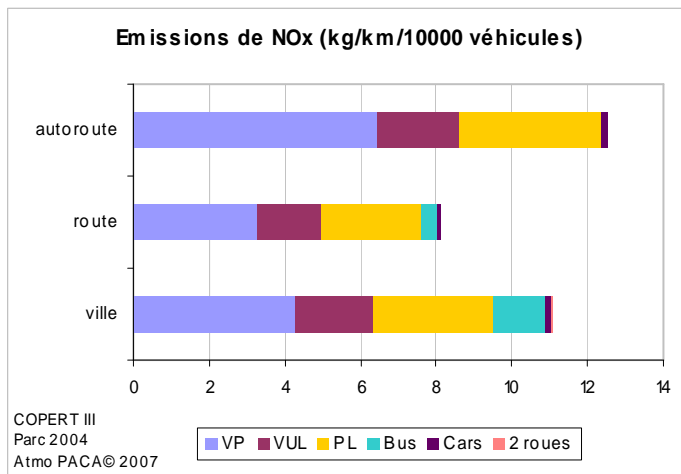
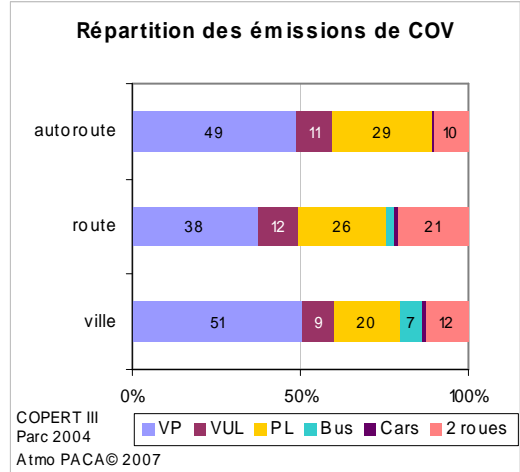
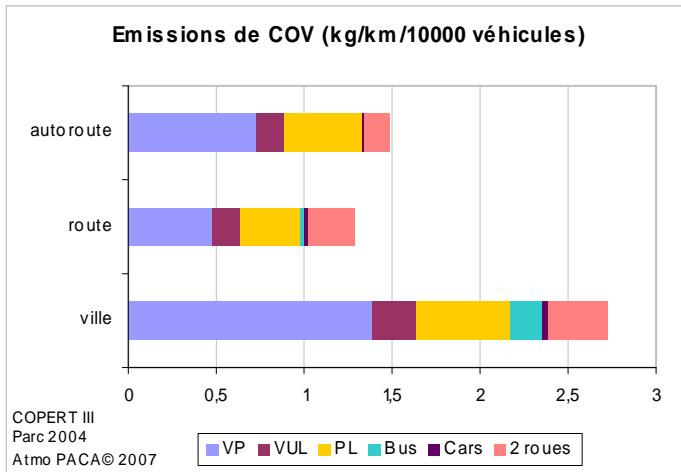
Tableau 5 : Les vitesses des catégories de véhicules selon le mode de circulation

4.3. CALCUL D'EMISSIONS EN VILLE, SUR ROUTE ET AUTOROUTE

En prenant l'ensemble de ces valeurs comme base de calculs, les émissions émises par les différents types de véhicules selon le mode de circulation ont été calculées. Le logiciel utilisé, IMPACT ADEME V2, permet de calculer les émissions sur des tronçons de longueur souhaitée (dans notre cas, les tronçons routiers ont une longueur de 1 km) et sur une période choisie (1 journée). Dans cet exemple théorique, l'échantillon de véhicules a été fixé à 10 000, ce qui permet de ramener facilement les résultats à des cas concrets d'axes routiers dont le trafic journalier est connu.

- Les résultats montrent que les polluants émis dans l'atmosphère ne sont pas rejetés en quantités équivalentes selon le type de circulation. En effet, on constate que les modes de circulation en ville et sur autoroute émettent plus au kilomètre que la circulation sur route. Les émissions sur autoroute sont généralement plus importants pour l'ensemble des polluants considérés, seuls les COV sont majoritairement émis en ville.
- Les VP représentent environ 75% des véhicules quelque soit le type d'axe considéré. Ils contribuent donc à une part importante des émissions, en particulier pour le CO.
- Malgré leur part relativement faible dans le trafic routier, les poids lourds contribuent de manière significative aux émissions de COV, CO₂ et de NO_x : ils émettent par exemple environ 30% des émissions de ces polluants sur autoroute (pour seulement 10% du trafic).
- Les « deux-roues » contribuent principalement aux émissions de CO et de COV (20%) lors d'une circulation sur route.





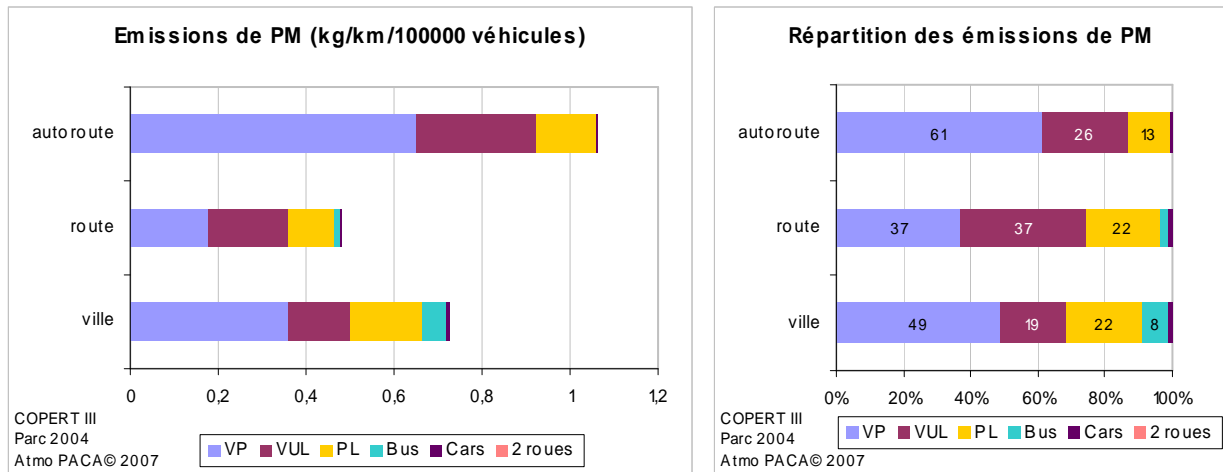


Figure 14 : Représentations graphiques des émissions pour 3 modes de circulation (ville, route, autoroute) et de la contribution de chaque catégorie de véhicule

En région PACA, on constate sur autoroute des trafics moyens journaliers (TMJ) aux alentours de 50000 à 80000 véhicules dont environ 10% sont des poids lourds. Sur une autoroute urbaine, le trafic moyen journalier peut aller jusqu'à 150000 véhicules. La part des poids lourds sur ce type de voie n'est plus que de 4%. Des exemples d'émissions engendrées par le trafic autoroutier en PACA ont été calculés et sont présentés dans les figures suivantes.

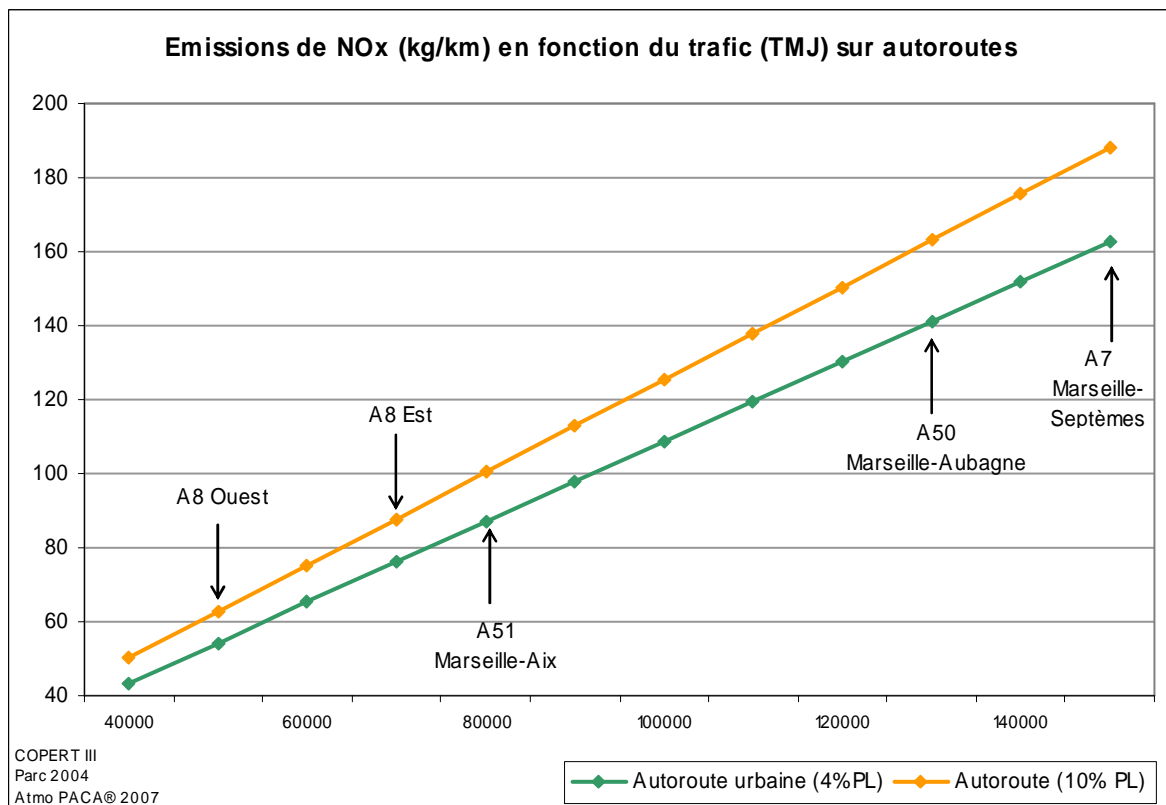


Figure 15 : Les émissions moyennes journalières (en kg/km) sur autoroutes

Les autoroutes urbaines sont des voies de déplacement très fréquentées avec un trafic qui peut être le double de celui observé sur les autoroutes interurbaines. Les poids lourds y sont cependant moins présents (4% du trafic contre 10% sur autoroute) mais la forte fréquentation des autoroutes urbaines entraîne des émissions plus importantes.

5. CONCLUSION

Les transports routiers constituent une véritable préoccupation en termes de pollution atmosphérique. Cependant, du fait de la diversité des véhicules, l'estimation des émissions dues aux transports est complexe.

A chaque type de véhicule (VP, VUL, PL, « deux-roues ») correspond des caractéristiques d'émissions différentes. Ces émissions varient également en fonction de l'âge du véhicule et de la norme dont il dépend.

- On observe notamment que les véhicules « deux-roues » sont les véhicules qui émettent unitairement le plus de CO et de COV. Les poids lourds, quant à eux, émettent de grandes quantités de NO_x, CO₂ et particules.
- Cette différence est aussi visible au sein d'une même catégorie de véhicules, selon le carburant utilisé, essence ou diesel. Globalement, les véhicules diesel sont plus polluants que les modèles essence : ils émettent plus de NO_x et sont les seuls à émettre des particules en suspension⁹. Ce résultat est à mettre en regard de la diésélisation progressive du parc automobile

L'étude des différentes classes de véhicules et la comparaison de leurs émissions respectives est nécessaire pour appréhender l'impact potentiel des différents modes de transport sur la pollution atmosphérique. Cette vision permet aussi de mieux percevoir les notions d'émissions par type de voyageur et de mettre en lumière les enjeux pour une utilisation « durable » des transports en commun par exemple : si un bus unitaire émet environ 20 fois plus de NO_x par exemple qu'un véhicule particulier, lorsqu'un considère le taux d'occupation moyen des transports urbains, les bus permettent un gain de 60% des émissions de NO_x (composé le plus pénalisant pour les bus).

Si les véhicules émettent de manière inégale, il est aussi essentiel d'étudier la variation de ces émissions en fonction de la vitesse des véhicules. D'une manière très générale, la courbe Emission=f(Vitesse) présente une forme en « U », c'est-à-dire qu'à faibles vitesses, les émissions ont tendance à diminuer pour obtenir un optimum aux alentours de 60-80 km/h, seuil à partir duquel les émissions augmentent en même temps que la vitesse. Bien évidemment, il est important là encore de comparer le comportement des différents types de véhicules.

- Les VP essence sont moins sensibles à la vitesse que les VP diesel en ce qui concerne leurs émissions de NO_x. A l'inverse, une variation de la vitesse va engendrer des modifications plus importantes des émissions de CO pour un véhicule essence que pour un véhicule diesel.
- Les « deux-roues » ont des modes de fonctionnement très différents qui impliquent des émissions évoluant avec la vitesse de manière distincte selon le type de véhicule. En général, les « deux-roues 2 temps » émettent d'autant plus de polluants que leur vitesse augmente. Pour les « 4 temps » on observe une diminution des émissions de CO et de COV pour des vitesses élevées.

Enfin, pour évaluer la pollution émise par l'ensemble du trafic routier, les émissions ne doivent plus être étudiées par véhicule mais en fonction d'un parc automobile. Ainsi, sont pris en compte tous les véhicules constituant le parc automobile mais aussi le kilométrage moyen effectué par chaque type de véhicule sur différents axes routiers.

- D'une manière générale, les modes de circulation sur autoroute et en ville émettent plus au kilomètre qu'une circulation sur route. Pour l'ensemble des polluants considérés, les émissions sont les plus importantes sur autoroute. Seuls les COV sont principalement émis en ville.
- On peut constater que quelque soit le mode de circulation (ville, route, autoroute), les véhicules particuliers constituent 75% du trafic. Cette catégorie de véhicule contribue donc de manière majeure aux émissions du trafic routier. Les poids lourds ont une répartition beaucoup plus hétérogène que les VP, passant de 4 % en ville à 10% sur autoroute. Cependant, malgré leur part plus faible au sein du trafic, on peut noter l'influence des PL qui émettent 30% des émissions de NO_x quelque soit le mode de circulation et 30% des émissions de CO₂ sur autoroutes.

⁹ Résultats observés pour des véhicules issus de la norme EURO III (2000-2005).