



HAL
open science

Parc, usage et émissions des véhicules routiers en France de 1970 à 2020

Stéphanie O.L. Lacour, R. Joumard

► **To cite this version:**

Stéphanie O.L. Lacour, R. Joumard. Parc, usage et émissions des véhicules routiers en France de 1970 à 2020. 2002, 89p. hal-00546282

HAL Id: hal-00546282

<https://hal.science/hal-00546282>

Submitted on 14 Dec 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Stéphanie LACOUR
Robert JOUMARD

***PARC, USAGE ET ÉMISSIONS
DES VÉHICULES ROUTIERS
EN FRANCE DE 1970 À 2020***

Rapport n° LTE 0208
Mai 2002



*INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SÉCURITÉ*

*Stéphanie LACOUR
Robert JOUMARD*

Parc, usage et émissions des véhicules routiers en France de 1970 à 2020

*Rapport n° LTE 0208
Mai 2002*

Les auteurs :

Stéphanie LACOUR, chargés de recherche, émissions des véhicules particuliers, LTE

Robert JOUMARD, directeur de recherche, spécialiste de la pollution de l'air, LTE

L'unité :

LTE : Laboratoire Transports et Environnement, INRETS, case 24, 69675 Bron cedex, France

Téléphone : +33 (0)4 72 14 23 00 - Télécopie : +33 (0)4 72 37 68 37

Email : joumard@inrets.fr

Remerciements

Nous tenons à remercier le Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et l'Ademe pour leur soutien financier à une partie de cette recherche correspondant respectivement aux contrats n°4/2001 et 01 03 035. Nous remercions également le Service Économie et Statistiques du Ministère de l'équipement, du logement et des transports, et en particulier Mr Curtet pour sa collaboration à cet ouvrage.



*INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SÉCURITÉ*

case 24, 69675 Bron cedex, France

tel.: +33 (0)472 14 23 00, fax: +33 (0)472 37 68 37

Fiche bibliographique

1 UR (1er auteur) INRETS-LTE		2 Projet n°		3 Rapport n° LTE 0208	
4 Titre Parc, usage et émissions des véhicules routiers en France de 1970 à 2020.					
5 Sous-titre				6 Langue F	
7 Auteur(s) LACOUR Stéphanie, JOUMARD Robert				8 Rattachement ext.	
9 Nom adresse financeur, co-éditeur MATE, 20 av. de Ségur, 75302 Paris 07 SP ADEME, 27, rue L. Vicat, 75737 Paris cedex 15				10 N° contrat, conv. 4/2001 01 03 035	
				11 Date de publication mai 2002	
12 Remarques					
13 Résumé <p>À partir des données nationales d'immatriculations détaillées des véhicules routiers (2-roues, véhicules légers, poids lourds), on calcule l'évolution du parc statique et du trafic français de 1973 à 2000. Les résultats prennent en compte les évolutions technologiques et l'évolution des usages des différentes sous-catégories de véhicules de manière très fine. Pour les années 2000-2020, on poursuit la modélisation en s'appuyant sur l'évolution du parc ancien, les évolutions des immatriculations et des usages, et les résultats de simulations macroscopiques faites par ailleurs.</p> <p>Ces données de trafic sont ensuite traduites en émissions de CO, HC, NOx, particules et CO₂, en différenciant les différentes catégories de véhicules et les trois types de voirie (ville, route, autoroute). Cela permet d'analyser les évolutions des émissions du trafic routier sur le moyen terme. Enfin sont calculées et analysées les émissions unitaires moyennes, ou facteurs agrégés d'émission, relatives à un type de voirie et à chacun des trois modes de trafic analysés.</p>					
14 Mots clés parc, véhicule, poids lourd, véhicule léger, deux-roues, transport routier, kilométrage, émission, polluant, inventaire, France			15 Diffusion restreinte libre X		
16 Nombre de pages 89 pages		17 Prix gratuit	18 Confidentiel jusqu'au		19 Bibliographie oui

Publication data form

1 Unit (1st author) INRETS-LTE		2 Project n°		3 INRETS report n° LTE 0208	
4 Title Fleet, use and emissions of road vehicles in France from 1970 to 2020					
5 Subtitle				6 Language F	
7 Author(s) LACOUR Stéphanie, JOUMARD Robert				8 Affiliation INRETS	
9 Sponsor, co-editor, name and address MATE, 20 av. de Ségur, 75302 Paris 07 SP, France ADEME, 27, rue L. Vicat, 75737 Paris cedex 15, France				10 Contract, conv. n° 4/2001 01 03 035 11 Publication date May 2002	
12 Notes					
13 Summary Using the detailed data of the new registrations of road vehicles in France (2-Wheeler, light vehicles, heavy duty vehicles), the evolution of the static fleet and of the traffic is calculated from 1973 to 2000. The results take into account very accurately the technological evolutions and the evolution of the usages of the different vehicle sub-categories. For the period 2000-2020 the modelling is based on the evolution of the old fleet, the evolutions of the new registrations and of the usages, and on the results of macroeconomic models carried out elsewhere. These traffic data are then transformed into emissions of CO, HC, NOx, particles and CO ₂ , differentiating the different vehicle categories and the three road types (urban, rural, motorway). It allows to analyse the evolutions of the road emissions at mid term. Finally aggregated emission factors, according to a road type (among three) and one out of the three vehicle categories, are calculated and analysed from 1973 to 2020.					
14 Key Words fleet, vehicle, heavy duty vehicle, passenger car, two-wheeler, road transport, mileage, emission, pollutant, inventory, France			15 Distribution statement limited free X		
16 Nb of pages 89 pages		17 Price free	18 Declassification date		19 Bibliography yes

Table des matières

NOMENCLATURE	9
ABRÉVIATIONS.....	9
CATÉGORIES DE VÉHICULE.....	9
1. INTRODUCTION	11
2. PARC DES VOITURES PARTICULIÈRES	13
2.1. IMMATRICULATIONS DE VOITURES EN FRANCE	13
2.2. PARC STATIQUE DES VOITURES PARTICULIÈRES.....	15
2.3. UTILISATION DES VOITURES PARTICULIÈRES	15
2.4. RÉPARTITION PAR TYPE DE VOIRIE	16
2.5. PROJECTION À L'HORIZON 2020	18
2.5.1. <i>Projection des volumes de ventes</i>	18
2.5.2. <i>Projection de la structure du parc</i>	19
2.5.3. <i>Projection du kilométrage moyen annuel</i>	19
3. PARC DES VÉHICULES UTILITAIRES	21
3.1. LES VÉHICULES UTILITAIRES LÉGERS.....	21
3.1.1. <i>Immatriculations des véhicules utilitaires légers</i>	21
3.1.1.1. Nombre annuel d'immatriculation de VUL neufs	21
3.1.1.2. Type de VUL	21
3.1.1.3. PTAC des VUL.....	23
3.1.1.4. Type de carburant	23
3.1.2. <i>Parc des véhicules utilitaires légers</i>	24
3.1.3. <i>Utilisation des VUL</i>	25
3.1.4. <i>Répartition par type de voirie</i>	26
3.1.5. <i>Projection du parc VUL à l'horizon 2020</i>	26
3.2. BUS ET AUTOCARS	27
3.2.1. <i>Immatriculations</i>	28
3.2.1.1. Données.....	28
3.2.1.2. Évolution des immatriculations	28
3.2.1.3. Normes d'émission	28
3.2.2. <i>Parc des bus et autocars en France</i>	30
3.2.2.1. Coefficients de survie	30
3.2.2.2. Parc statique de bus et d'autobus en service.....	30
3.2.2.3. Parc statique de bus utilisés	31
3.2.2.4. Nombre de bus et d'autocars	32
3.2.2.5. Nombre de places assises.....	32
3.2.2.6. Âge des bus et cars en service.....	33
3.2.3. <i>L'utilisation des bus et des autocars</i>	33
3.2.3.1. Kilométrage annuel.....	33
3.2.3.2. Voyageurs transportés.....	33
3.2.4. <i>Répartition par voirie</i>	34
3.2.5. <i>Projection à l'horizon 2020</i>	34
3.3. POIDS LOURDS	35
3.3.1. <i>Immatriculations de poids-lourds en France</i>	35
3.3.1.1. Données d'immatriculations.....	35
3.3.1.2. Correspondance entre charge utile et PTAC/PTRA	36
3.3.2. <i>Parc des poids-lourds en France</i>	36
3.3.2.1. Coefficients de survie	36
3.3.2.2. Parc des poids-lourds utilisés.....	36
3.3.3. <i>L'utilisation des poids-lourds</i>	37
3.3.4. <i>Répartition par voirie</i>	37
3.3.5. <i>Projection à l'horizon 2020</i>	38

4.	PARC ET USAGES DES 2-ROUES MOTORISÉS.....	39
4.1.	CATÉGORIES DE DEUX ROUES	39
4.1.1.	<i>Catégories administratives de 2-roues.....</i>	39
4.1.2.	<i>Catégories de permis.....</i>	40
4.1.3.	<i>Technologie des 2-roues.....</i>	40
4.1.4.	<i>Réglementation antipollution</i>	41
4.2.	LE MARCHÉ DES MOTOS EN FRANCE	41
4.2.1.	<i>Immatriculation de motos entre 1975 et 1999.....</i>	41
4.2.2.	<i>Rétropolation des séries de 1970 à 1975</i>	43
4.2.3.	<i>Prévisions des ventes de motos jusqu'en 2020</i>	43
4.2.4.	<i>Parc des motos en France entre 1980 et 1998.....</i>	44
4.2.5.	<i>Modèle de parc.....</i>	45
4.2.6.	<i>Proportions de moteurs 2-temps et 4-temps.....</i>	46
4.3.	LE MARCHÉ DES CYCLOMOTEURS EN FRANCE	47
4.3.1.	<i>Ventes des cyclomoteurs.....</i>	47
4.3.2.	<i>Parc des cyclomoteurs.....</i>	48
4.4.	USAGE DES 2-ROUES	49
5.	ÉVOLUTION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT ROUTIER ET DES ÉMISSIONS ASSOCIÉES	53
5.1.	LA DEMANDE DE TRANSPORT ROUTIER.....	53
5.2.	ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DU TRANSPORT ROUTIER EN FRANCE.....	59
6.	ÉMISSIONS UNITAIRES AGRÉGÉES	65
6.1.	ÉMISSIONS UNITAIRES EN 2000.....	65
6.2.	ÉVOLUTION DES FACTEURS D'ÉMISSION	68
6.3.	FACTEURS D'ÉMISSIONS POUR ENQUÊTES ÉPIDÉMIOLOGIQUES	69
7.	CONCLUSION	71
	ANNEXE 1 : RAPPELS SUR LES COEFFICIENTS DE SURVIE.....	73
	ANNEXE 2 : ÉVOLUTION DES TRAFICS PAR TYPE DE VOIRIE ET DE VÉHICULE	75
	ANNEXE 3 : ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS NATIONALES PAR TYPE DE VOIRIE ET DE VÉHICULE.....	76
	ANNEXE 4 : ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ET DE LEUR RÉPARTITION PAR TYPE DE VOIRIE	79
	ANNEXE 5 : ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ET DE LEUR RÉPARTITION PAR TYPE DE VÉHICULE	80
	ANNEXE 6 : ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS UNITAIRES MOYENNES PAR TYPE DE VOIRIE ET DE VÉHICULE	81
	ANNEXE 7 : ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS UNITAIRES MOYENNES PAR TYPE DE VOIRIE ET DE VÉHICULE EN FONCTION DU TRAFIC CUMULÉ VL ET PL	84
	LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	85
	BIBLIOGRAPHIE.....	87

Nomenclature

Abréviations

- GNV : gaz naturel pour véhicule
GPL : gaz de pétrole liquéfié
PL : poids-lourd
PTAC : poids total autorisé en charge
PTRA : poids total roulant autorisé, avec remorque
VP : voiture particulière
VUL : véhicule utilitaire léger

Catégories de véhicule

- voitures particulières

- D1 : véhicule diesel de cylindrée inférieure à 2 l.
D2 : véhicule diesel de cylindrée supérieure à 2 l.
E1 : véhicule essence de cylindrée inférieure à 1,4 l.
E2 : véhicule essence de cylindrée comprise entre 1,4 l et 2 l.
E3 : véhicule essence de cylindrée supérieure à 2 l.

- véhicules utilitaires légers

- PTAC1 : véhicule immatriculé pour un PTAC/PTRA inférieur ou égal à 1,5 t.
PTAC2 : véhicule immatriculé pour un PTAC/PTRA compris entre 1,5 t et 2,5 t.
PTAC3 : véhicule immatriculé pour un PTAC/PTRA supérieur à 2,5 t.

1. Introduction

Ce rapport présente des données nationales de trafic routier pour la France sur la période de 1970 à 2020. Il fait suite aux travaux de Bourdeau/98/ sur le parc et les usages des véhicules en France. La méthode repose sur une modélisation du parc qui, à partir des immatriculations annuelles de véhicules neufs pour la France, consiste à évaluer des coefficients de survie par tranches d'âge ainsi que des coefficients d'usage afin de déterminer les kilométrages annuels parcourus pour les différents modes de transports routiers. On peut alors en déduire les valeurs de la circulation routière en France et réaliser ainsi un inventaire national d'émissions de polluants.

Le présent rapport constitue une mise à jour des principaux résultats sur le parc des transports routiers en France, avec quelques compléments concernant notamment les 2-roues. Ce modèle de parc a été créé dans le but de procéder à des inventaires nationaux d'émissions de polluants, en intégrant une image précise de la structure du parc en fonction des catégories de véhicules pollueurs.

Par souci de clarté, nous avons choisi de présenter ce rapport par mode de transport routier. Les chapitres sont donc découpés de la façon suivante :

- les véhicules particuliers
- les véhicules utilitaires légers
- les poids lourds
- les bus et autocars
- les 2-roues.

Pour chacun de ces modes de transports, on présente l'évolution des immatriculations de ces dernières années ; on détaille ensuite les caractéristiques de survie et d'usage utilisées dans la modélisation ; on propose des évaluations des fractions kilométriques par type de voirie ; on présente également la méthode utilisée pour chaque mode pour évaluer une prospective désagrégée du parc à l'horizon 2020.

On présente en dernière partie les trafics et émissions de polluants associées de l'ensemble des transports routiers, ainsi que les émissions unitaires agrégées.

2. Parc des voitures particulières

Les données concernant les voitures particulières en France sont les plus nombreuses et les plus détaillées, ce qui semble relativement normal compte tenu du fait que cette catégorie représente près des trois quarts du kilométrage parcouru en France chaque année. Ce chapitre concerne les voitures particulières, c'est à dire les voitures immatriculées par des particuliers, que nous distinguons des véhicules utilitaires légers, immatriculés par des entreprises. Nous faisons cette distinction car nos fichiers de données d'immatriculations ne sont pas constitués de la même façon selon le type de véhicule : pour les voitures particulières, on connaît pour chaque année le nombre d'immatriculations en fonction de la marque, du modèle, du carburant et de la cylindrée du véhicule. Pour les véhicules d'entreprise, les immatriculations sont détaillées par marque, modèle, carburant et PTAC. Cette classification ne correspond pas toujours à celle d'autres sources statistiques : par exemple, les enquêtes ménages concernent les véhicules à disposition des ménages, qu'ils soient immatriculés en tant que véhicules d'entreprise ou non. Parfois, ce sont les camions et camionnettes qui peuvent être distingués des voitures. Enfin, dans d'autres sources, les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers ne forment qu'une seule et même catégorie. Ici, les résultats présentés ne s'appliquent qu'à la catégorie des véhicules immatriculés par des particuliers, c'est à dire à un parc réduit par rapport à d'autres sources statistiques.

2.1. Immatriculations de voitures en France

Ainsi qu'on l'a vu précédemment, on dispose d'une base de données des immatriculations en France depuis 1970 détaillées par marque, modèle, carburant et cylindrée. On dispose également d'une estimation des immatriculations de voitures pour la période de 1944 à 1970, mais celle-ci est beaucoup moins détaillée. Cette base de données nous permet ainsi d'estimer le parc des voitures particulières en France sur des segments qui correspondent exactement au niveau de détail requis pour le calcul des émissions par la méthodologie MEET.

La classification par type de carburant comprend les véhicules essence, les véhicules diesel et les véhicules électriques. Les véhicules équipés à la vente de système de bicarburant pour le GPL sont assimilés sans aucune distinction à des véhicules essence. D'une façon générale, on dispose de très peu de données sur les véhicules équipés au GPL, que ce soit d'origine ou montés après la vente. On ne connaît pas non plus le pourcentage d'utilisation du GPL pour les systèmes à double carburant. En l'absence de ces données et compte tenu du fait que le GPL est encore très marginal, on considère donc ces véhicules comme des véhicules essence.

Pour les diesel, on présente Tableau 1 le nombre de véhicules immatriculés équipés de systèmes à injection directe depuis 1997. L'évolution des immatriculations de voitures particulières neuves de ces vingt dernières années est représentée Figure 1. On remarque que les immatriculations fluctuent autour de 2 millions de véhicule par an. Le taux de diesel semble s'être stabilisé aux environs de 43 %.

	immatriculations		taux (%)
	tous diesel	diesel injection directe	diesel injection directe
1997	714 400	93 030	13
1998	774 200	228 200	30
1999	938 700	439 100	47

Tableau 1 - Taux de VP diesel équipés d'injection directe.

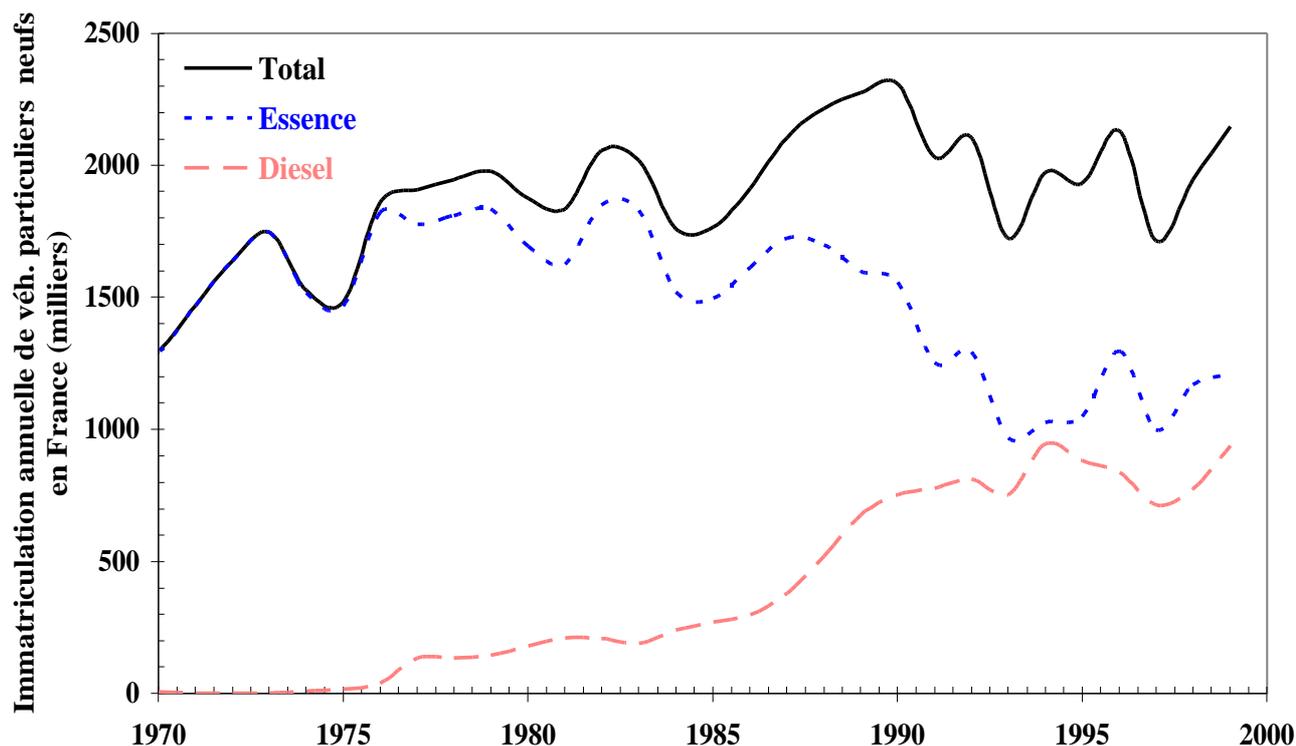


Figure 1 - Immatriculations de voitures particulières ces 20 dernières années en France.

En 1996, on remarque nettement sur la courbe des essence les effets de la prime Juppé sur les immatriculations de véhicules. Cet effet a concerné essentiellement les véhicules essence de petite cylindrée, qui voient leurs ventes augmenter brusquement.

Les moyennes des ventes de ces dix dernières années se répartissent ainsi :

- E1 - essence de cylindrée inférieure à 1,4 l : 38 %
- E2 - essence entre 1,4 et 2 l de cylindrée : 19 %
- E3 - essence de cylindrée supérieure à 2 l : 2 %
- D1 - diesel de cylindrée inférieure à 2 l : 32 %
- D2 - diesel de cylindrée supérieure à 2 l : 8 %

Le taux de diesel dans les immatriculations semble s'être stabilisé autour de 40 % des ventes, mais l'apparition des technologies à injection directe pourrait relancer la croissance de ce taux, d'autant plus que les effets "diesel" sur le plan environnemental sont controversés et que la fiscalité reste toujours légèrement favorable à ce carburant.

2.2. Parc statique des voitures particulières

Le parc est calculé à partir d'une méthode de coefficients de survie. Les coefficients de survie sont ceux proposés par l'INRETS-DEST - Gallez/2000/. Ils diffèrent selon la période étudiée (jusqu'à 1978 inclus, on utilise les coefficients de la période 68-78 et au delà, ceux de la période 79-92) en considérant les trois gammes de véhicule essence (voir ci-dessus). Pour le diesel, on prend le coefficient moyen sur l'ensemble de la période 68-92 sans distinction de gamme. En effet, l'effet de gamme est très sensible pour les véhicules essence : les voitures bas de gamme ont une durée de vie plus longue et un kilométrage annuel plus faible que les véhicules des gammes supérieures. Pour les diesel, l'effet de gamme est peu sensible, tant pour la durée de vie que pour le kilométrage annuel.

Le coefficient de survie au bout de k années des véhicules âgés de a ans s'exprime par :

$$s_k(a) = 1 - \frac{\Phi\left(\frac{\ln a - m}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{\ln A - m}{\sigma}\right)}$$

où : A est l'âge limite de survie,

m est l'abscisse du taux de survie médian,

σ mesure la dispersion des durées de vie autour de la médiane (vitesse de déclassement des véhicules),

Φ est la loi log-normale.

Les paramètres des lois de coefficients de survie sont donnés Tableau 2.

période	gamme	m	σ	ln A	durée de vie moyenne	durée de vie médiane
1968-1978	E1	2,469	0,507	3,248	13,43	11,81
	E2	2,194	0,502	3,200	10,18	8,97
	E3	2,226	0,503	3,219	10,51	9,26
1979-1992	E1	2,422	0,408	3,295	12,25	11,27
	E2	2,349	0,407	3,199	11,38	10,48
	E3	2,254	0,557	3,199	11,12	9,53
1968-1992	D1 et D2	2,419	0,411	3,314	12,22	11,23

Tableau 2 - Paramètres des lois de survie relatives aux voitures particulières, d'après Gallez/2000/.

2.3. Utilisation des voitures particulières

L'enquête annuelle "parc automobile des ménages", réalisée conjointement par l'INRETS et la SOFRES depuis 1990 (cf. Hivert/2000/), permet de connaître le kilométrage moyen parcouru chaque année par les véhicules particuliers, en faisant la distinction entre les véhicules essence et diesel. Ce kilométrage moyen est assez stable pour chacun des deux types de carburant, tandis que le kilométrage moyen global tous carburants confondus a tendance à augmenter compte tenu

de l'augmentation du pourcentage de diesel dans le parc.

Pour la réalisation d'un bilan d'émissions, il est nécessaire d'avoir des données plus précises des variations de kilométrage en fonction de l'âge et de la taille du véhicule. En effet, les véhicules les plus âgés sont les plus polluants, mais il faut tenir compte du fait qu'ils parcourent nettement moins de kilomètres que les véhicules neufs. Si on leur affecte le même kilométrage que les véhicules neufs, on surestime nettement les émissions de ces véhicules. On introduit donc les coefficients d'utilisation des véhicules particuliers en fonction de leur âge tirés de l'enquête de mobilité de 1994 (Madre et Maffre/94/). On effectue également une correction du kilométrage parcouru en fonction de la cylindrée du véhicule, qui traduit le fait que les petits véhicules faiblement motorisés parcourent moins de kilomètres que les gros.

Ceci nous permet d'exprimer le kilométrage annuel parcouru $km(i,k,c)$ en km par une voiture d'âge i en années et appartenant à la catégorie de cylindrée k et de carburant c : ces coefficients sont utilisés pour toute la période de 1970 à 2000.

$$km(i,k,c) = km(c) * f(i) * g(k)$$

avec :

$km(c) = 11\ 500$ km/an pour les véhicules essence

$km(c) = 20\ 100$ km/an pour les véhicules diesel

$f(i) = 1,446 * \exp(-0,0561 * i)$, i variant de 1 à 28 ans pour les véhicules essence

$f(i) = 1,149 - 0,02488 * i$, i variant de 1 à 28 ans pour les véhicules diesel

$f(0) = 0,858$

$g(k) = 0,895$ pour les véhicules essence de moins de 1,4 l de cylindrée

$g(k) = 1,183$ pour les véhicules essence entre 1,4 et 2 l de cylindrée

$g(k) = 1,252$ pour les véhicules essence de plus de 2 l de cylindrée

$g(k) = 0,994$ pour les véhicules diesels de moins de 2 l de cylindrée

$g(k) = 1,030$ pour les véhicules diesels de plus de 2 l de cylindrée

Ce type de modèle de calcul du kilométrage nous permet d'intégrer directement les évolutions des trafics qui sont liés au changement dans la structure du parc : par exemple, l'augmentation du pourcentage de diesel, gros rouleur, induit automatiquement une augmentation du kilométrage moyen, ainsi que cela a été observé dans les enquêtes. Cela revient en fait à supposer une adéquation constante entre les caractéristiques techniques des véhicules et l'usage qui en est fait : par exemple, on suppose qu'une petite essence roulera toujours 30% de kilomètres en moins qu'une grosse essence à âge égal, ce qui paraît être une hypothèse robuste pour les projections.

2.4. Répartition par type de voirie

La répartition du kilométrage par type de voirie est toujours un point délicat de l'approche. En effet, les facteurs d'émission sont fonction de la vitesse de parcours, il est donc nécessaire de caractériser les différents types de trajet en fonction de la vitesse à laquelle ils sont réalisés. Pour cela, on utilise une description des classes de trajet en trois types : ville, route et autoroute. Ce découpage correspond à un compromis entre plusieurs éléments :

- Les vitesses de parcours dans chacune de ces catégories sont significativement différentes, il est donc important d'avoir une description suffisamment détaillée pour le calcul d'émission. On pourrait même souhaiter avoir une description encore plus détaillée et qui permettrait de

connaître les distances et le temps passé en situations de trafic congestionné, fluide..., qui correspondent à des valeurs de vitesse de parcours très différentes aussi.

- La distinction entre ces trois types d'usage semble a priori très aisée à faire. On n'a pas besoin d'expliquer à quelqu'un ce qu'est une ville, une route ou une autoroute lorsqu'on lui demande de décrire son usage de la voiture. Cependant, cette apparente simplicité est tout à fait trompeuse lorsqu'on se pose la question de décrire véritablement ces trois catégories d'usage : c'est particulièrement vrai pour les zones sub-urbaines où il est très difficile de dire si on est plutôt dans un usage correspondant à de l'autoroutier ou à de la route (par exemple sur boulevard périphérique), à de la ville ou de la route (secteur résidentiel clairsemé).

Évidemment, une description en trois classes (ville, route, autoroute) constitue un bon compromis entre un niveau de détail suffisant et une moyenne nationale de l'usage des véhicules. Seules les enquêtes instrumentées permettent d'obtenir des résultats nettement plus fins en terme de description de cinématiques de trajets, mais le problème qu'il pose est celui de leur représentativité car il est difficile dans ce type d'approche d'équiper suffisamment de véhicules pour avoir à la fois une description fine avec une couverture géographique (description des usages en zones rurales, montagnes...) et temporelle (description des trajets domicile-travail, mais aussi de ceux du week-end, de vacances ...) qui soit représentative de la réalité nationale annuelle. On observe d'ailleurs des différences assez significatives entre les enquêtes instrumentées sur l'usage des véhicules et les statistiques nationales, mais il est difficile de dire si ces différences sont liées à une mauvaise couverture géographique ou à l'incertitude pesant sur l'évaluation de leurs usages de la voiture faite par les sondés (voir rapport André/99/). Quoiqu'il en soit, les enquêtes par sondages sont aujourd'hui la source incontournable pour décrire les usages des voitures particulières sur le plan national.

Notons enfin que les facteurs d'émission peuvent parfois représenter une moyenne pondérée de certains types d'usage : par exemple, un facteur d'émission urbain peut être une mesure d'émission sur un trajet moyen, contenant une partie de type "circulation fluide", une partie de "circulation congestionnée" ... Dans ce cas, il n'est donc pas forcément utile d'avoir des statistiques d'usages précises pour faire le bilan d'émissions car ces statistiques sont déjà intégrées dans le facteur d'émission qui est pondéré par le type d'usage.

En ce qui concerne l'utilisation des véhicules par type de voirie, Bourdeau/98/ a supposé dans son travail que le coefficient d'utilisation des véhicules sur l'autoroute resterait proportionnel à la longueur du réseau et que le coefficient d'utilisation en ville ne changerait pas, compte tenu du fait de la constance dans la répartition géographique de la population. Si la première hypothèse semble toujours correcte, la seconde est contredite par les études de mobilité qui montrent que la part de l'urbain diminue sans cesse du fait de la péri-urbanisation et du développement des transports en commun. Par contre, la mobilité à grande distance ne cesse de s'allonger. La part de l'urbain devrait donc logiquement diminuer au profit du périurbain, qui correspond plutôt à de la route (routes secondaires et suburbaines, voir André/99/). Pour évaluer l'évolution du taux d'utilisation en ville des véhicules, on utilise les données fournies par le scénario B de modélisation de la demande de transport à l'horizon 2020 (SES- la demande de transport/98/). Ce scénario prévoit une croissance de 71 % du trafic entre 1994 et 2020 avec un taux de croissance annuel de 1,4 % par an pour la circulation locale (en ville) et de 2,8 % pour la circulation longue distance. Le taux d'utilisation urbain passe ainsi de 32 % en 1994 à 26 % en 2020, celui de l'autoroute de 22 à 26 %.

La répartition des usages des voitures particulières de 1970 à 2020 est synthétisée Tableau 3. Elle est indépendante de la catégorie de véhicule. On suppose que cette évolution est linéaire et on interpole donc ces valeurs pour les années intermédiaires.

	Urbain	Route	Autoroute
1970	35	62	3
1995	32	46	22
2020	26	48	26

Tableau 3 - Répartition des kilométrages en fonction du type de voirie (%).

2.5. Projection à l'horizon 2020

Pour évaluer les caractéristiques du parc à l'horizon 2020, on se base sur les prévisions de la demande de transports à cet horizon (voir SES/98/). Compte tenu de la difficulté à adapter le scénario au niveau de détail requis pour un inventaire d'émissions, nous n'étudierons ici que le scénario médian B, le plus plausible a priori. Les perspectives de la demande de transports sont évaluées en veh.km à l'horizon 2020. Cette grandeur est donc complètement intégrée par rapport à notre méthodologie et nécessite quelques ajustements pour que les évolutions soient répercutées de façon cohérente sur l'ensemble de nos variables.

Le SES nous propose une évolution de la circulation des ménages (en milliards de veh.km), qui passerait de 398 en 1994 à 683 en 2020.

Notons d'abord que cette circulation correspond à celle des ménages. Il faut donc raisonner sur les véhicules à disposition des ménages pour cette partie prospective. Pour cela, on ajoute au parc de voitures particulières la fraction du parc des véhicules utilitaires comprenant les véhicules dérivés des VP. Cette fraction (estimée sur les immatriculations) était de 32,2 % en 1989 et de 42,4 % en 1999. On en déduit ainsi le parc des véhicules à disposition des ménages, segmentés en 3 classes : les véhicules essence, les véhicules diesel et les dérivés de VP issus du parc de véhicules utilitaires léger.

2.5.1. Projection des volumes de ventes

La hausse de la circulation est le fruit de la croissance du parc automobile ainsi que de l'augmentation du kilométrage annuel par véhicule. Le parc est le produit des immatriculations annuelles de véhicules neufs par les coefficients de survie. La croissance du parc sur la période 2000-2020 dépend donc des évolutions des immatriculations de véhicules neufs mais aussi de l'évolution des coefficients de survie. Or les coefficients de survie sont des paramètres très sensibles du modèle de parc, car leurs variations, même assez faibles, peuvent avoir des répercussions très importantes sur les effectifs et sur la composition du parc. Mais ils sont excessivement difficiles à prévoir. Ils sont en effet étroitement liés à la conjoncture économique : lors des périodes de crise économique, on constate que la durée de vie des véhicules s'allonge du fait des reports des intentions d'achat de véhicule neuf. Mais par ailleurs, les améliorations techniques ont aussi un rôle relatif sur la durée de vie qui a tendance à s'allonger du fait de la meilleure fiabilité des véhicules dans le temps. De plus, la durée de vie pourrait dépendre du kilométrage annuel des véhicules : si le kilométrage annuel augmente significativement, la durée de vie des véhicules pourrait se réduire d'autant à cause d'une usure plus rapide. Il nous paraît donc plus aisé et plus certain de répercuter entièrement la croissance du parc sur les immatriculations en laissant les coefficients de survie constants, plutôt que de tenter de prédire des coefficients de survie hasardeux, d'autant plus qu'il nous paraît difficile de prédire si une

évolution de ces coefficients contribuerait plutôt à une hausse des immatriculations pour un renouvellement plus rapide du parc ou à une baisse des immatriculations liées à un allongement de la durée de vie des véhicules. Avec des coefficients de survie constants, on reste entre ces deux hypothèses.

Pour évaluer la croissance des immatriculations sur la période 2000-2020, on extrapole le taux de croissance (calculés sur les logarithmes des immatriculations désaisonnalisés sur 3 ans) observés sur les dernières données pour les trois segments de véhicules (VP essence, VP diesel et VUL-dérivé VP). Le taux de croissance des VP diesel et VUL-dérivé VP est contraint sur la période 2010-2020 de façon à ce que les immatriculations diesel et essence convergent pour se répartir équitablement le marché. Les immatriculations passeraient ainsi de 2,1 millions de véhicules en 1998 à 2,8 millions en 2020, soit un taux de croissance annuel de l'ordre de 1,4 % par an, ce qui est très modéré. En cumulé, le taux de croissance est de 32 %, dont un tiers pourrait être lié à des effets démographiques.

Le parc français des ménages passerait ainsi de 26,7 millions de véhicules en 1999 à près de 32,7 millions de véhicules en 2020, ce qui correspond assez bien au scénario moyen obtenu par modélisation socioéconomique (voir Gallez/2000/).

2.5.2. Projection de la structure du parc

Après avoir évalué le volume total des immatriculations en 2020, on projette également la structure des immatriculations. Pour cela, on sépare les véhicules essence et diesel et on étudie l'évolution des différentes catégories E1, E2, E3, D1 et D2 sur la période 1990-1999.

Catégorie		Part de marché en %	
		moyenne 1990-1999	en 2020
E1	essence < 1,4 l	64,2	54,2
E2	essence 1,4 - 2 l	32,1	41,7
E3	essence > 2 l	3,7	4,1
D1	diesel < 2 l	79,3	89,7
D2	diesel > 2 l	20,7	10,3

Tableau 4 - Part des immatriculations de véhicules neufs pour les différentes catégories de voitures particulières sur la période 1990-1999 et à l'horizon 2020.

La tendance observée pour la catégorie E1 (essence < 1,4 l) est orientée vers une diminution significative de sa part de marché au profit des deux autres catégories essence. Pour la catégorie D1 (diesel < 2 l), la tendance est plutôt à une augmentation des parts de marché. L'introduction des technologies d'injection directe permet d'augmenter nettement les performances des moteurs diesel et pourrait contribuer à renforcer la diminution de la part des diesel de grosse cylindrée. Les tendances observées nous permettent donc d'estimer la structure du marché automobile à l'horizon 2020. Sur l'ensemble de la période, on suppose une évolution linéaire des taux de répartition.

2.5.3. Projection du kilométrage moyen annuel

On doit également prévoir l'évolution du kilométrage moyen annuel des véhicules à l'horizon 2020. Là encore, compte tenu de la méthode détaillée, il est nécessaire de prendre quelques précautions sur la projection du kilométrage. En effet, l'augmentation du kilométrage moyen des

véhicules est directement liée à un changement progressif de la structure du parc ces dernières années : c'est l'augmentation progressive de la part des diesel, dont les kilométrages unitaires sont plus élevés, qui a entraîné une augmentation du kilométrage moyen. On prévoit un équilibrage progressif de la part de diesel dans les ventes de véhicules mais les répercussions sur la structure du parc sont plus lentes à intervenir du fait de l'inertie du parc.

À kilométrage constant, on observe une augmentation de 37 % de la circulation des ménages directement liée au changement de la structure du parc statique (augmentation du nombre de véhicules, diésélisation plus forte, part des véhicules essence de 1,4 à 2 l en hausse). Le SES prévoit par ailleurs une augmentation de la circulation dont 21 % serait lié à l'allongement des distances moyennes parcourues par trajet. On suppose que l'allongement des distances est décorrélé de la structure du parc et qu'il ne se répercute donc que sur le kilométrage annuel moyen. Le changement de structure du parc serait lui lié aux autres effets, comme l'effet démographique (augmentation des immatriculations annuelles). On suppose donc que le kilométrage moyen va augmenter de 21 % entre 2000 et 2020, de façon homogène sur toutes les catégories de véhicules. L'augmentation est supposée linéaire sur la période. Ainsi, en 2020, on utilise les mêmes fonctions kilométriques que précédemment, mais avec un coefficient $k(c)$ augmenté de 21 %. On fait donc l'hypothèse que le kilométrage moyen de chacune des catégories de VP va augmenter, contrairement à la stabilité précédente, afin d'atteindre le kilométrage total prévu par le SES. Ceci nous donne :

$$km(c) = 13915 \text{ km/an pour les véhicules essence}$$

$$km(c) = 24321 \text{ km/an pour les véhicules diesel}$$

L'ensemble de ces résultats est synthétisé chapitre 5, qui présente la synthèse de la demande de mobilité en France sur l'ensemble de la période étudiée. Ces données sont suivies de l'inventaire national d'émissions. Les émissions sont explicitées en fonction du type de voirie considérée, puis en fonction du mode de transport considéré. L'ensemble de ces données nous permet ensuite d'évaluer un facteur d'émission unitaire moyen, intégrant implicitement les différents types d'émission (à froid, à chaud, évaporation...) ainsi que la structure du parc (répartition des véhicules par norme, par cylindrée...) qui devrait permettre, sous certaines conditions, d'évaluer le facteur d'émission pour un trafic donné.

3. Parc des véhicules utilitaires

Les véhicules utilitaires sont les véhicules utilitaires tels que définis administrativement par leur carte grise. C'est à dire que ce sont principalement des véhicules à vocation économique : déplacements à titre professionnel, transport de marchandise ou de personnes, travail de chantier, services publics.... Compte tenu de leur diversité de taille et d'utilisation, les véhicules utilitaires sont en général découpés en plusieurs catégories :

- Les véhicules utilitaires légers : ce sont les véhicules de moins de 5 t de PTRA (poids total roulant autorisé, avec remorque) et de moins de 3,5 tonnes de PTAC (poids total autorisé en charge, porteur seul).
- Les poids lourds : ce sont les véhicules de plus de 5 t de PTRA. Ils se divisent en deux classes : les porteurs et les tracteurs ; les tracteurs sont des véhicules qui, contrairement aux porteurs, ne peuvent transporter des marchandises que si on leur attèle une remorque. Mais cela n'exclut pas l'attelage de remorques sur des porteurs pour former des trains routiers (voir Pillot/92/).
- Les bus et autocars : ce sont les véhicules de plus de dix places spécifiquement destinés aux transports de personnes. Parmi ce groupe, on peut encore distinguer les minibus, de moins de 5 t de PTRA et qui sont parfois associés aux véhicules utilitaires légers. Nous avons choisi de les associer plutôt à la catégorie bus et autocars de façon à regrouper tous les véhicules susceptibles de servir aux transports de personnes.

Comme ces catégories sont très différentes, autant en terme de nature que d'usages, on préfère les étudier séparément.

3.1. Les véhicules utilitaires légers

Cette catégorie (VUL) regroupe les véhicules dérivés de voitures particulières, les fourgons, les fourgonnettes, les pick-ups, 4x4 et tout terrains, ainsi que certains véhicules spéciaux.

3.1.1. Immatriculations des véhicules utilitaires légers

3.1.1.1 *Nombre annuel d'immatriculation de VUL neufs*

Après une période de crise du marché entre 1990 et 1995, les ventes de VUL (cf. Tableau 5) sont de nouveau croissantes et les ventes ont retrouvé leur niveau d'avant la crise. La part des immatriculations de VUL reste faible par rapport à celles des VP puisqu'elles n'en représente que 17,5%.

3.1.1.2 *Type de VUL*

On détaille Tableau 6 la répartition des ventes en fonction de la catégorie de PTAC ainsi qu'en fonction du type de VUL pour l'année 1999. Comme on peut le voir, le marché est porté

essentiellement par les ventes de fourgons, fourgonnettes et dérivés de voiture particulière. Les dérivés de VP constituent plus de 40 % des immatriculations de VUL. Ce taux était aux environs de 32 % à la fin des années 1980. On trouve ensuite les fourgons (plus de 30 % des immatriculations) et les fourgonnettes (environ 20%). Les pick-up et les tout-terrains ne représentent qu'une faible part des ventes (moins de 3% en 1999, contre 4,5 en 1990). Notons qu'un nombre important de véhicules est non classé.

Année	Immatriculations
1987	366,7
1988	374,7
1989	391,3
1990	394,7
1991	343,8
1992	320,5
1993	253,9
1994	286,4
1995	312,8
1996	331,4
1997	314,3
1998	347,5
1999	383,3

Tableau 5 - Évolution des immatriculations de VUL neufs entre 1987 et 1999, en milliers.

Type de VUL		Classe de PTAC			Total
		≤ 1,5 t	1,5 – 2,5 t	> 2,5 t	
Autre	Immatriculations	42	83	32197	32322
	% par ligne	0,13	0,26	99,61	100,00
	% par colonne	0,04	0,06	25,30	8,43
Fourgon	Immatriculations	119	21798	89486	111403
	% par ligne	0,11	19,57	80,33	100,00
	% par colonne	0,11	14,71	70,33	29,06
Fourgonnette	Immatriculations	18212	49342		67554
	% par ligne	26,96	73,04	0,00	100,00
	% par colonne	16,88	33,30	0,00	17,62
Pick-up	Immatriculations	106	1519	3968	5593
	% par ligne	1,90	27,16	70,95	100,00
	% par colonne	0,10	1,03	3,12	1,46
Tout-terrain	Immatriculations	771	1646	1574	3991
	% par ligne	19,32	41,24	39,44	100,00
	% par colonne	0,71	1,11	1,24	1,04
Dérivé de VP	Immatriculations	88670	73783	15	162468
	% par ligne	54,58	45,41	0,01	100,00
	% par colonne	82,16	49,80	0,01	42,38
Total Immatriculations		107920	148171	127240	383331
Total % par ligne		28,15%	38,65	33,19	100,00

Tableau 6 - Répartition des ventes de VUL en fonction du type de VUL et de la catégorie de PTAC pour l'année 1999.

3.1.1.3. PTAC des VUL

En principe, les véhicules utilitaires légers ont un PTAC inférieur à 3,5 t, mais notre base de données ne distinguant pas clairement le PTAC du PTRAC, nous avons quelques véhicules (moins de 3%) qui ont un PTAC/PTRAC supérieur à 3,5 t, mais inférieur à 5 t. Ces véhicules sont classés dans la 3^e catégorie de PTAC. On rappelle les trois catégories de PTAC définies par Bourdeau/98/ :

- PTAC 1 : inférieur à 1,5 t. Cette catégorie est essentiellement constituée de véhicules dérivés des VP.
- PTAC 2 : compris entre 1,5 et 2,5 t. Dans cette catégorie, on trouve des dérivés de VP ainsi que les fourgonnettes.
- PTAC 3 : supérieur à 2,5 t. Ce sont surtout des véhicules lourds de type fourgons et pick-up.

Comme on peut le voir Figure 2, la répartition par classe de PTAC a fortement évolué à partir de l'année 1996. Les VUL de faible PTAC (catégorie 1) ont été remplacés par des véhicules ayant un PTAC plus important (catégorie 2). Cette évolution s'explique surtout par l'augmentation du PTAC moyen des dérivés de VP et des fourgonnettes. En 1999, les trois classes de PTAC se partagent équitablement le marché.

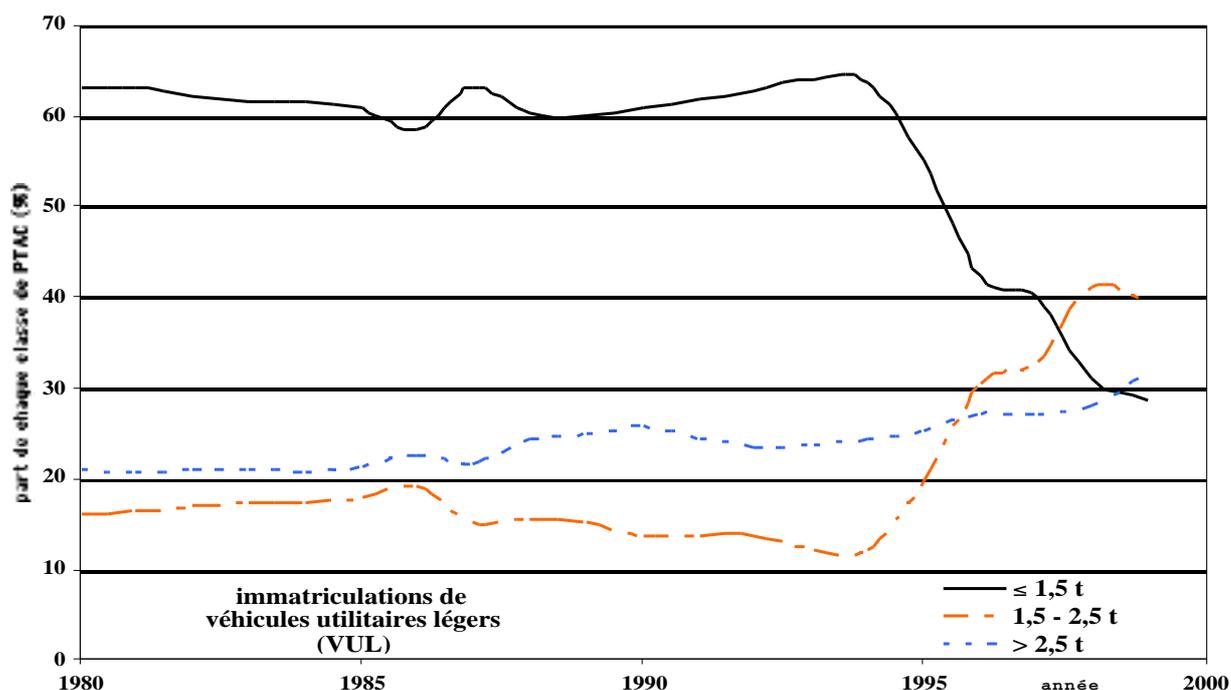


Figure 2 - Évolution de la répartition des immatriculations de VUL par classe de PTAC au cours des 20 dernières années.

Il faut noter que, pour les calculs d'émissions, les classes 1 et 2 de PTAC sont regroupées dans la même catégorie ($\leq 2,5$ t).

3.1.1.4. Type de carburant

Les VUL sont essentiellement des véhicules diesel : la part des essence n'a cessé de décroître ces dernières années et le diesel représente plus de 90 % depuis 1993 et près de 94 % en 1999

(cf. Figure 1). Depuis 1994, d'autres modes d'énergie émergent : quelques véhicules électriques, essentiellement des petits véhicules dérivés de voitures particulières comme la Saxo ou la Clio, sont vendus chaque année. Cependant, leurs ventes restent très limitées (815 exemplaires en 1999) et semblent avoir du mal à décoller. Les problèmes liés à cette énergie (recharge des batteries, faible autonomie ...) limitent la polyvalence de l'utilisation de ces véhicules. Par contre, on assiste à un réel démarrage des ventes de VUL équipés pour la bicarburation essence et GPL : l'offre s'étend chaque année en termes de modèles disponibles et la demande, croissante ces dernières années, a atteint près de 3800 unités en 1999. Les incertitudes pesant sur la défiscalisation et les incitations gouvernementales pour ce genre d'énergie incite néanmoins à une prévision prudente quand au potentiel de croissance de ce mode d'énergie. Il semble que cette énergie pourrait au plus remplacer la part des véhicules essence vendus aujourd'hui, soit environ 6% des ventes. Cependant, la hausse des prix de l'essence et du diesel pourrait induire un développement rapide de cette énergie.

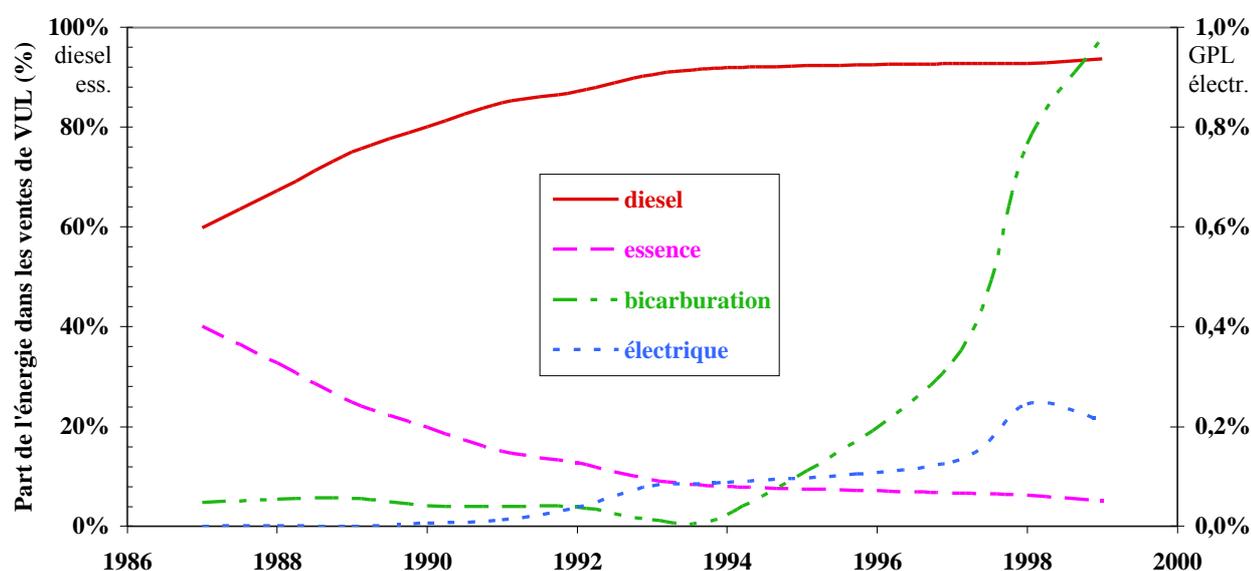


Figure 3 - Évolution de la part des différentes énergies dans les ventes de VUL.

3.1.2. Parc des véhicules utilitaires légers

Le calcul du parc se fait avec la méthode des coefficients de survie en reprenant les coefficients de survie utilisés par Bourdeau/98/. Ces coefficients ne sont différenciés ni par classe de PTAC, ni par type de carburant. Compte tenu de la prépondérance des véhicules diesel, l'absence de distinction par carburant semble acceptable. Par contre, en ce qui concerne le PTAC, il pourrait être intéressant de distinguer les coefficients de survie selon le PTAC pour tenir compte du fait que les véhicules ayant un PTAC < 2,5 t ont généralement une durée de vie inférieure aux autres. Cependant, le manque de données nous incite à ne pas désagréger abusivement les coefficients de survie ; l'âge limite de survie des VUL est de 21 ans, notre champ VUL est proche de celui relatif à l'enquête du SES sur les VUL, qui considère les véhicules de moins de 20 ans.

Année (31 déc.)	Effectif (milliers)	Âge moyen (an)	Taux de diesel (%)	Taux de - 10 ans (%)
1970	1348	6,81	0,06	78,0
1975	1841	6,84	1,36	78,5
1980	2462	6,92	13,5	78,1
1985	3094	7,22	28,1	76,3
1990	3895	7,27	48,4	74,9
1995	4100	8,08	66,8	71,3
1999	4288	8,26	78,6	66,7

Tableau 7 - Évolution des caractéristiques du parc des VUL sur les 30 dernières années.

Malgré un champ légèrement plus large, nos estimations de parc sont systématiquement inférieures à celles des enquêtes VUL du SES, qui estimait les VUL de moins de 20 ans en service à 4 896 milliers (dont 96% d'utilisés) au 1er janvier 1997, ce qui représente un écart de l'ordre de 12 %. On observe le même écart entre notre estimation du parc et celle du CCFA pour l'année 1999. Cet écart reste dans la fourchette habituelle des estimations de parc VUL (voir Pillot/92/). L'âge moyen estimé (de 8,3 ans en 1999, cf. Tableau 7) augmente au fur et à mesure des années, conformément aux observations faites par le SES (âge moyen de 7,9 ans en 1996). La part des véhicules diesel augmente aussi, ce qui traduit l'évolution observée sur les immatriculations en intégrant l'inertie du parc. Notre structure du parc correspond donc bien dans ses grandes lignes aux données disponibles par ailleurs dans la littérature, mais on sous-estime systématiquement l'effectif total. Il est vraisemblable que cette sous-estimation provienne d'une mauvaise description des courbes de survie pour les véhicules âgés de plus de 10 ans : le taux de survie pourrait bien être sous-estimé entre 10 et 15 ans et surestimés après, ce qui expliquerait que l'âge moyen estimé corresponde à celui du SES alors qu'il devrait être plus élevé.

Compte tenu de la relativité de "l'erreur" de notre estimation, ainsi que du manque de données pour aller au-delà, on accepte ce modèle de parc tout en gardant en tête que les volumes du parc VUL pourraient être sous-estimés de 10 %.

3.1.3. Utilisation des VUL

Vue la diversité des véhicules regroupés dans la catégorie des VUL, on observe une dispersion très importante des usages des véhicules en fonction de leur type, mais aussi de leurs utilisateurs (particuliers ou entreprises, chauffeurs-livreurs). Cela se traduit sur les usages par une très forte dispersion du kilométrage moyen, mais aussi du nombre moyen de jours d'utilisation, de la fréquence des arrêts et de la distribution du kilométrage par type de voirie. On pourra d'ailleurs se reporter à Roumégoux/93/ pour une analyse plus fine des usages en fonction du type d'utilisateurs. Les enquêtes VUL du SES mettent également bien en évidence la disparité du parc en fonction des types d'utilisateurs.

Ici, compte tenu de la durée importante de la période considérée, on ne peut descendre à ce niveau de détail et on se contente de distinguer les usages en fonction du type de carburant en faisant en sorte que nos valeurs moyennes reflètent correctement la moyenne des différents usages dans le temps. On tient également compte du facteur vieillissement du véhicule qui a un très fort impact sur les kilométrages pour deux raisons : la première raison est que les véhicules les plus âgés, quelque soit leur type, parcourent toujours un nombre de kilomètres inférieur en moyenne aux véhicules récents. La seconde est inhérente à la dispersion des comportements d'usage pour les VUL : les VUL détenus par les particuliers sont plus anciens (10,3 ans) que ceux des sociétés (5,6 ans) et parcourent systématiquement moins de kilomètres (11 000 km/an)

que les véhicules de société (22 600 km/an). On a donc le double effet de l'âge du véhicule et du propriétaire du véhicule qui tend à augmenter l'impact du vieillissement des véhicules sur le kilométrage annuel : les véhicules âgés roulent moins d'une part parce qu'ils sont plus âgés et d'autres part parce qu'ils sont détenus par des utilisateurs qui ont tendance à moins rouler. On estime donc le kilométrage moyen annuel de la même façon que pour les VP :

$$km(i,c) = km(c) * f(i)$$

$km(c) = 16000$ km/an pour les véhicules essence

$km(c) = 27000$ km/an pour les véhicules diesel

$$f(i) = 1 - \frac{\phi(i,m,\sigma)}{\phi(I,m,\sigma)}$$

i variant de 1 à 21 ans

$I = 30$

$m = 8, \sigma = 3.5$ pour les véhicules essence

$m = 4, \sigma = 1.4$ pour les véhicules diesel

Le parcours annuel moyen est ainsi estimé à 17 900 km/an/veh en 1999. Ce parcours est en constante augmentation ces dix dernières années, du fait de l'augmentation du nombre de véhicules diesel dans le parc. A titre de comparaison, les données du SES estimaient ce parcours à 16 200 km/an/veh en 1996 contre 17 000 ici. Cette différence (5%) vient du fait qu'on surestime légèrement les kilométrages diesel par rapport aux kilométrages essence. On souligne qu'on traite ici les véhicules équipés de bicarburation comme des véhicules essence, bien qu'ils fassent en général plus de kilomètres par an que des véhicules essence conventionnels. On peut sans doute considérer que cette surestimation du kilométrage de 5 % compense en partie la sous-estimation du parc de 10 %.

3.1.4. Répartition par type de voirie

La répartition par type de voirie est déterminée à partir des réponses utilisateurs aux questionnaires relatifs à l'usage des VUL. Les données utilisées ici sont celles fournies par André/99/.

type de voirie	essence	diesel
urbain	39,8	27,5
route	45	52,1
autoroute	15,2	20,4

Tableau 8 - Répartition du kilométrage VUL en fonction du type de voirie (%).

3.1.5. Projection du parc VUL à l'horizon 2020

La projection du parc VUL à l'horizon 2020 se fait sur la base des prévisions fournies par le SES et se fait de façon complémentaire par rapport aux projections concernant les VP, puisque les prévisions de circulation du SES se décomposent en circulation des ménages et circulation totale des voitures et véhicules légers. On dispose donc de la prévision du volume total des ventes de VUL à l'horizon 2020 ainsi que de la part de marché des dérivés de VP parmi ces immatriculations (voir la section relative aux voitures particulières). Il nous faut maintenant

connaître la répartition de ces immatriculations par catégorie de PTAC. Compte tenu du fait que pour le calcul des émissions, les facteurs d'émission sont identiques pour les catégories 1 et 2 de PTAC, on regroupe ces 2 classes et on évalue leur poids sur le marché de 2020 en extrapolant linéairement le poids de la classe de PTAC 3 observée sur la période 1986-1999. On estime ainsi que la classe de PTAC 1 et 2 fera environ 41 % du marché des VUL en 2020. Enfin, on suppose que la part du diesel ne devrait plus tellement évoluer et qu'elle devrait atteindre 95 % du marché en 2020, les autres véhicules étant essentiellement des véhicules essence, sans doute équipés au moins à 50 % de système de bicarburation (les véhicules à bicarburation sont traités comme des véhicules essence dans le calcul d'émission).

On obtient donc la structure de parc du Tableau 9 pour l'année 2020.

PTAC	Énergie	Immatriculations
PTAC3	diesel	242 182
PTAC 1 et 2	diesel	331 082
PTAC 1 et 2	non diesel	17 425
total		590 689

Tableau 9 - Structures des immatriculations de VUL à l'horizon 2020.

3.2. Bus et autocars

Dans la réglementation européenne, les véhicules utilisés pour le transport de personnes sont classés dans la catégorie M. Dans cette catégorie, on distingue la classe M1 (moins de 9 places sans le chauffeur ou moins de 10 au total) qui sont regroupés avec les VP. Ensuite, on a la catégorie M2 pour les véhicules de plus de 10 places mais d'un poids maximal autorisé inférieur à 5 t, enfin les M3 dont le poids excède 5 tonnes. Dans MEET, M2 et M3 sont regroupés dans les poids lourds.

Les bus et autocars sont des véhicules de transports en communs de personnes d'au moins 10 places assises comprenant celle du conducteur. Dans cette catégorie, on distingue les autobus ou bus, qui comportent des places assises mais qui assurent également le transport de personnes debout, et les autocars ou cars qui servent uniquement au transport de voyageurs assis.

Dans le cadre d'un inventaire d'émissions, il semble approprié de distinguer les véhicules de moins de 5 t de PTAC, qui seront plutôt assimilés à des VUL et les véhicules de plus de 5 t de PTR, qui appartiennent plutôt au groupe des poids lourds :

- les minibus : utilisés pour le transport de personnes, supérieurs à 10 places, mais d'un PTR inférieur à 5 t.
- les bus et cars : ce sont des véhicules destinés aux transports de personnes d'un PTR supérieur à 5 t.

Cette distinction nous paraît particulièrement justifiée d'une part parce que l'usage et la durée de vie de ces deux catégories de véhicules sont très différents (moindre résistance dans le temps des petits VUL) et d'autre part parce que les coefficients d'émission de chacune de ces deux catégories sont relativement différents.

Les estimations de parc qui seront présentées dans la suite pour l'année X sont les estimations du parc au 1er janvier de l'année X.

Pour cette catégorie de véhicule, nos principales sources de données sont : les données détaillées du SES sur le marché des véhicules, l'enquête TRV (Transport routier de voyageurs) également éditée par le SES, ainsi que des données d'enquêtes effectuées par le CERTU sur les transports collectifs urbains.

3.2.1. Immatriculations

3.2.1.1. Données

Grâce au travail de Bourdeau, on dispose des données d'immatriculations générales depuis 1970 et d'informations détaillées par classe de PTAC depuis 1981. Les séries d'immatriculations sont mises à jour pour ces dernières années à partir des données fournies par le SES.

En 1987, la méthode de comptage des bus change : les bus de moins de 10 places ne sont plus intégrés dans les immatriculations des bus et autocars, mais dans ceux des véhicules utilitaires légers. Les dernières estimations de parc publiées n'incluent donc plus ces véhicules et nous devons donc corriger nos données afin de supprimer les moins de 10 places dans nos séries. B. Bourdeau a bien distingué les séries moins de 10 places et plus de 10 places. Dans les estimations de parc présentées ici, nous ne tenons donc plus compte des véhicules de moins de 10 places qui ont été transférés dans le parc des VUL.

Depuis 1997, on dispose également de données fiables sur l'énergie utilisée par ces véhicules. (voir Tableau 10 et Tableau 11).

Les immatriculations ne prennent pas en compte les véhicules détenus par l'État (immatriculations de la série TT).

3.2.1.2. Évolution des immatriculations

Dans les Tableau 10 et Tableau 11, on remarque que les immatriculations de bus sont globalement en hausse.

Pour les minibus, on assiste à un redémarrage spectaculaire des ventes de très petits bus (PTAC < 3,5 t). Ces minibus fonctionnent essentiellement au diesel (99 % des ventes). Les ventes de véhicules essence sont quasiment devenues inexistantes et semblent être remplacées petit à petit par celles des véhicules bicarburation (essence et GPL) qui constituent pour l'instant environ 1% du volume total de ventes. Notons enfin que les ventes de minibus électriques ont complètement cessé.

Pour les bus et cars, on assiste également à une reprise très nette des ventes en 1998 et 1999. Le taux de diésélisation, voisin de 100% depuis 1981, est en faible diminution au profit des véhicules équipés au gaz (GNV et GPL). Ces derniers représentent 5% des ventes en 1999.

3.2.1.3. Normes d'émission

On rappelle les réglementations applicables aux bus. Pour les bus PL, les normes applicables aux émissions sont les suivantes :

- * avant 1993, conventionnel, ECE R49 et 88/77/EEC
- * 1993 - 1996, Euro 1, 91/542/EEC stage I
- * 1997-2000, Euro 2, 91/542/EEC stage II

Pour les VUL (essence et diesel),

- * avant 1995, conventionnel, pas de réglementation

* 1995-1998, Euro 1, 93/59/EEC

* 1998-200, Euro 2, 98/69/EEC

PTAC	≤ 2,5 t	2,5-3,5 t				3,5-5 t			total
	diesel	diesel	essence	bicarbu- ration	électri- que	diesel	essence	bicarbu- ration	
1981	2709	584	0	0	0	397	0	0	3690
1982	2295	852	0	0	0	598	0	0	3745
1983	1534	949	0	0	0	629	0	0	3112
1984	1217	1105	0	0	0	574	0	0	2896
1985	1118	1337	0	0	0	597	0	0	3052
1986	1032	1228	0	0	0	507	0	0	2767
1987	26	247	21	0	0	662	58	0	1014
1988	25	239	4	0	0	746	62	0	1076
1989	33	201	2	0	0	777	43	0	1056
1990	12	184	6	0	6	805	39	0	1052
1991	22	117	4	0	7	685	25	0	860
1992	52	86	5	0	1	704	17	0	865
1993	21	80	7	0	3	569	9	0	689
1994	62	57	1	0	0	630	4	0	754
1995	0	93	0	0	0	752	0	0	845
1996	0	127	0	0	0	758	0	0	885
1997	0	98	4	0	0	633	2	0	737
1998	0	207	1	4	0	547	4	3	766
1999	0	381	1	4	0	491	0	4	881

Tableau 10 - Immatriculations de minibus en France depuis 1981 en fonction de leur PTAC et de leur mode d'énergie (depuis 1987, les moins de 10 places ne sont plus comptabilisés).

PTAC	bus et autocars						total	total minibus, bus et autocars
	5-6 t	6-11 t	≥ 11 t					
énergie	diesel	diesel	diesel	gaz	GPL	électr.		
1981	1374	251	3366	0	0	0	4991	8681
1982	2173	245	3551	0	0	0	5969	9714
1983	2450	197	3168	0	0	0	5815	8927
1984	1989	171	3093	0	0	0	5253	8149
1985	1772	168	3277	0	0	0	5217	8269
1986	1483	266	3096	0	0	0	4845	7612
1987	8	236	2873	0	0	0	3117	4131
1988	8	213	2780	0	0	0	3001	4077
1989	2	256	2761	0	0	0	3019	4075
1990	9	262	2887	0	0	0	3158	4210
1991	36	220	2940	0	0	0	3196	4056
1992	32	158	2899	0	0	0	3089	3954
1993	31	98	3114	0	0	0	3243	3932
1994	36	68	2723	0	0	0	2827	3581
1995	0	74	3062	0	0	0	3136	3981
1996	0	67	3039	0	0	0	3106	3991
1997	24	60	3037	2	0	0	3124	3861
1998	27	98	3858	101	1	0	4085	4851
1999	28	179	3992	163	65	8	4435	5316

Tableau 11 - Immatriculations de bus et autocars en France depuis 1981 en fonction de leur PTAC et de leur mode d'énergie (depuis 1987, les moins de 10 places ne sont plus comptabilisés).

3.2.2. Parc des bus et autocars en France

3.2.2.1. Coefficients de survie

L'évaluation du parc statique d'autobus se fait avec la méthode des coefficients de survie. Les coefficients de survie permettent de calculer chaque année le nombre de véhicules survivant dans une tranche d'âge, c'est à dire les véhicules d'un âge donné immatriculés et en état de fonctionner. Ils intègrent le déclassement des véhicules pour cause d'accident, de vétusté mais ils permettent également d'intégrer les flux de véhicules aux frontières. Le parc statique ainsi calculé est égal au parc des véhicules en service.

On a vu précédemment que les minibus sont très différents dans leur nature des bus et cars : il nous paraît effectivement difficile de mettre sur le même plan un VUL aménagé pour le transport de personnes et un bus sur le seul critère de leur utilisation. C'est pourquoi après les immatriculations, nous distinguerons les coefficients de survie applicables aux bus de ceux des minibus. Pour les bus, nous utiliserons les coefficients de survie bus proposés par Bourdeau. Pour les minibus, nous utiliserons les coefficients de survie des VUL. Ceci revient en fait à considérer un déclassement beaucoup plus rapide des minibus (durée de vie maximum de 22 ans au lieu de 29 ans pour un bus).

D'après le fichier central des automobiles, les proportions de véhicules détruits ou hors d'usage dans le fichier des cartes grises est de 10 % pour les véhicules de moins de 10 ans et de 57% des véhicules de plus de 10 ans. On peut comparer ces chiffres à ceux fournis par la méthode Bourdeau. On constate que le taux de véhicules ayant plus de 10 ans et déclassés correspond effectivement à environ 57 %. Avec la méthode des coefficients de survie, le déclassement des véhicules est plus faible (7 % au lieu de 10 % selon l'enquête TRV) pour les véhicules de moins de 10 ans. Les coefficients de survie (voir Annexe 1) sont donc sans doute un peu surestimés dans les premières années, ce qui expliquerait les écarts relevés sur la structure par âge de notre parc (voir Tableau 14). Néanmoins, le manque de données ne nous permet pas de réévaluer les coefficients de survie de manière satisfaisante et on préfère les conserver tels quels.

Enfin, il faut noter que la durée de vie des bus a été estimée à 29 ans par Bourdeau à partir des données de l'enquête TRV. Dans cette enquête, les véhicules de plus de 25 ans sont totalement écartés du champ de l'enquête alors que le taux de survie moyen est de 40% pour la classe de 15-25 ans. Cette valeur très élevée montre que l'espérance de vie vraisemblable des bus se situe sans doute au-delà de 30 ans mais l'absence totale d'information, autant sur le nombre que sur les usages des bus de plus de 25 ans, nous conduit à ne pas considérer cette catégorie de véhicule. Celle-ci représente moins de 1% du parc en appliquant les valeurs Bourdeau.

3.2.2.2. Parc statique de bus et d'autobus en service

En 1998, le parc des bus et minibus estimé par le SES (d'après le fichier cartes grises) se monte à 93 393 véhicules de moins de 26 ans, en incluant les véhicules de la RATP. Mais le nombre de bus réellement en service n'est que de 78 863 unités (enquête TRV). Le parc des moins de 26 ans estimé par Bourdeau pour cette même année se monte à 79 135 véhicules dont près de 5 300 véhicules de plus de vingt ans. Les deux estimations des parcs en service sont donc proches (moins de 1% d'écart) et sont concordantes sur les dernières enquêtes correspondant à 1996, 1997 et 1998 (moins de 2 % d'écart au maximum). La méthode dérivée de Bourdeau, avec distinction des minibus et des bus, nous paraît donc cohérente avec l'enquête TRV. Nous l'utilisons donc dans toute la suite, et en particulier pour réaliser les estimations de parc en service de 1980 à 2000 présentées Tableau 12 pour les minibus et Tableau 13 pour les bus et

autocars.

Dans ces tableaux, on remarque que le parc, après avoir fortement décru depuis 1990 semble actuellement se stabiliser à moins de 80 000 véhicules. Au 1er janvier 1999, le parc des "transports en commun" de l'État comporte 1001 véhicules, ce qui représente environ 1 % du parc national, non intégré dans les enquêtes.

Ces estimations de parc concernent les véhicules en service (immatriculés et en état de rouler), mais non le parc réellement utilisé qui est abordé dans le paragraphe suivant.

PTAC	≤ 2,5 t		2,5 -3,5 t			3,5 – 5 t			non dét.	total (milliers)
	diesel	diesel	essence	bicarbu- ration	électriqu e	diesel	essence	bicarbu- ration		
1980	n	n	n	n	n	n	n	n	25333	25,3
1985	7349	3360	n	n	n	2109	n	n	22158	35,0
1990	8291	5904	25	n	n	4942	157	n	13608	32,9
1995	5938	4911	43	n	15	7080	223	n	6420	24,6
1999	4059	3964	40	4	13	8160	184	3	2449	18,9
2000	3628	4006	38	7	12	8186	170	6	1512	17,6

Tableau 12 - Parc au 1er janvier des années concernées des minibus (moins de 5 t de PTAC) en France selon le PTAC et le type d'énergie.

PTAC	5 – 6 t		6 –11 t		≥ 11 t			non dét.	total (milliers)
	diesel	diesel	diesel	GNV	GPL	électrique			
1980	n	n	n	n	n	n	n	74706	74,6
1985	7972	861	13144	n	n	n	n	62899	84,8
1990	10805	1949	27167	n	n	n	n	43303	83,2
1995	10078	2615	39740	n	n	n	n	24170	76,6
1999	8838	2681	49342	103	2	n	n	10491	71,5
2000	8339	2773	50006	266	67	8	n	7640	71,1

Tableau 13 - Parc au 1er janvier des années concernées des autobus et autocars (plus de 5 t de PTAC) en France selon le PTAC et le type d'énergie.

3.2.2.3. Parc statique de bus utilisés

Tous les bus en service ne font pas forcément partie du parc roulant. En effet, une partie des véhicules ne sert qu'occasionnellement (bus de tourisme, cars scolaires) et la maintenance du parc nécessite également de ménager des périodes de non-utilisation des véhicules pour procéder à leur entretien. Le sondage, base de l'enquête TRV, porte sur une semaine d'utilisation des véhicules. À cette échelle, il est donc naturel de faire intervenir un taux d'utilisation des véhicules pour prendre en compte le fait que tous les véhicules ne sont pas utilisés pendant la semaine d'enquête. À l'échelle de l'inventaire, l'utilisation de ce taux d'utilisation est nécessaire pour garantir la compatibilité de certaines données entre elles. En effet, un certain nombre de données sont rapportées au parc des véhicules en service et d'autres au parc utilisé. Il est donc nécessaire d'introduire la notion de taux d'utilisation pour rester compatible avec les données relatives au parc utilisé. On a donc préféré faire intervenir de façon très explicite cette notion de taux d'utilisation, de parc en service et de parc utilisé, de façon à clarifier les données et mettre en évidence ce qui a sans doute généré certaines erreurs d'estimations des kilométrages des véhicules lourds dans le travail de Bourdeau/98/. On définit donc un taux d'utilisation qui est le rapport du nombre de véhicules réellement utilisés sur le nombre de véhicules en service. Le taux d'utilisation est assez différent selon l'usage des véhicules. Pour les autocars, il avoisine

70 % (moyenne sur les quatre dernières années). Pour les bus, le taux d'utilisation est de l'ordre de 85 % (moyenne sur les quatre dernières années). Cette dernière valeur fluctue beaucoup selon les années. On accède donc au parc roulant de chaque catégorie en multipliant l'effectif global par la part de la catégorie étudiée, puis par le taux d'utilisation de celle-ci.

On choisit de faire intervenir explicitement cette valeur de taux d'utilisation par souci de clarté. Ce taux d'utilisation aurait pu être inclus implicitement dans le calcul du kilométrage annuel des bus, mais on a souhaité le faire apparaître clairement afin d'attirer l'attention du lecteur sur un point ambigu : selon les sources, les kilométrages annuels sont évalués sur un parc en service ou sur le parc utilisé. Dans le premier cas, le kilométrage annuel par véhicule est plus faible et il ne faut pas faire intervenir le coefficient d'utilisation. Dans le second cas, ce même kilométrage est plus élevé mais il est nécessaire de tenir compte de la fraction de bus qui ne roulent pas. Cette ambiguïté explique sans doute les valeurs de kilométrage particulièrement élevées de Bourdeau dans son travail de modélisation, qui a utilisé des kilométrages évalués sur un parc utilisé sans tenir compte des véhicules non-utilisés.

3.2.2.4. Nombre de bus et d'autocars

L'enquête TRV nous permet de connaître le nombre de bus et de cars qui composent le parc total. La part des bus affectés au transport urbain dans le parc statique est plutôt stable sur les cinq dernières années et se monte à 23 % de l'effectif total (tous véhicules confondus, cars, bus et minibus), le reste constituant les cars.

3.2.2.5. Nombre de places assises

Les données d'immatriculations dont on dispose permettent de classer les bus en fonction de leur PTAC, mais on ne dispose pas de renseignements sur le nombre de places des véhicules vendus. On peut trouver des données d'immatriculations en fonction du nombre de places assises depuis 1980 mais nous n'avons pas de données permettant de croiser ces deux paramètres.

Cependant, l'enquête TRV nous permet d'établir les répartitions des bus et cars en fonction de leur nombre de places (cf. Figure 4). On note que les cars ont en général un nombre de places assises supérieur à celui des bus, mais que les petits véhicules (10 à 19 places) ne servent pas uniquement aux transports urbains puisqu'ils constituent tout de même 11% des autocars.

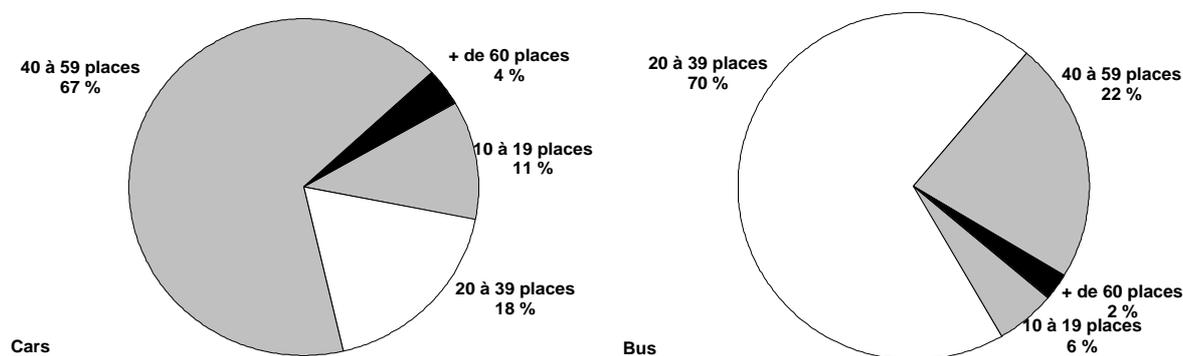


Figure 4 - Répartition des cars (à gauche) et des bus (à droite) en fonction du nombre de places assises.

3.2.2.6. Âge des bus et cars en service

On dispose également de données sur la répartition des autocars par tranches d'âge, qui sont récapitulées Tableau 14.

L'âge moyen des bus varie entre 9 et 10 ans pendant ces 15 dernières années. On observe une légère diminution de l'âge moyen sur les 4 dernières années.

Tranche d'âge	Bus SES	Cars SES	Parc SES	Parc calculé (INRETS)
0 - 4 ans	30	19	22	25
5 - 9 ans	37	23	26	23
10 - 14 ans	22	24	24	28
15 - 25 ans	9	34	29	24

Tableau 14 - Répartition des bus et cars par classe d'âge en 1997 (en %).

3.2.3. L'utilisation des bus et des autocars

3.2.3.1. Kilométrage annuel

Le kilométrage moyen annuel dépend du type de bus (car ou bus) et de l'âge du véhicule. L'enquête TRV permet d'évaluer ce kilométrage moyen (des véhicules utilisés) pour différentes classes d'âge. On se sert de ces valeurs pour construire une fonction de kilométrage fonction de l'âge. Les fonctions utilisées sont les suivantes :

$$\begin{aligned}
 km(i, t) &= km(t) * f(i) \\
 km(t) &= 55000 \\
 f(i) &= 1 - \frac{\phi(i+1; m; \sigma)}{\phi(I; m; \sigma)} \quad \text{avec } i=0 \text{ à } 29 \\
 \left| \begin{array}{lll} I=35 & m=7 & \sigma=2.8 \quad \text{cars} \\ I=35 & m=3 & \sigma=1 \quad \text{bus} \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

On estime ainsi le kilométrage annuel moyen des bus en service à 26 000 km/an/veh (soit 31 600 km/an/veh pour les bus utilisés) et à 24 600 km/an/veh pour les cars (soit 35 100 pour les cars utilisés). Là encore, les valeurs obtenues semblent assez stables sur les 10 dernières années.

3.2.3.2. Voyageurs transportés

A titre indicatif, on précise ici quelques valeurs importantes relatives au transport de personnes. Sur le kilométrage total annuel parcouru, environ 20 % correspond à des parcours à vide pour les cars et 12 % pour les bus.

Les distances moyennes de parcours peuvent être estimées avec le rapport des voyageurs.kilomètres annuels sur le kilométrage total (à vide inclus) : le parcours moyen d'un usager est de 37 km pour les cars. Il est de 2,7 km pour les usagers de la RATP et de 10 km pour les autres bus en Ile de France. Nous n'avons pas de données pour les réseaux urbains de province.

Le nombre moyen de voyageurs par kilomètre parcouru (à vide inclus) est de l'ordre de 0,7 pour

les cars. Il est de 2,7 pour les bus de la RATP, de 6 pour les autres bus d'Île-de-France et de 4 pour les réseaux urbains de province.

Ces chiffres moyens (pour 1996, 1997 et 1998) sont donnés ici à titre purement indicatif et ne sont pas utilisés dans les calculs d'émissions.

3.2.4. Répartition par voirie

La répartition par voirie est naturellement extrêmement différente selon qu'il s'agit de bus ou d'autocars. La répartition adoptée ici pour l'année de référence est celle proposée par André/99/.

type de voirie	bus	cars
urbain	92,8	28,3
route	5,9	55,3
autoroute	1,3	16,4
total	100	100

Tableau 15 - Répartition du kilométrage par type de voirie (%).

L'évolution de cette répartition à l'horizon 2020 est évaluée selon la méthode proposée par Bourdeau/98/ en appliquant les taux de variation observée pour les VP pour la conduite urbaine et autoroutière.

3.2.5. Projection à l'horizon 2020

Comme pour les autres modes de transports, il est très délicat d'apprécier l'évolution de la demande de transport en considérant l'approche désagrégée utilisée ici. Pour évaluer l'évolution du transport de voyageurs à l'horizon 2020, on utilise les scénarios d'évolution de la demande de transport basés sur des indicateurs macroscopiques (voir SES/97/). Ces évolutions sont ensuite répercutées dans notre modèle sur les immatriculations, les taux d'utilisation et le kilométrage étant supposés constants. Cette hypothèse simplificatrice nous paraît assez bien justifiée par le fait que les kilométrages moyens observés ces dernières années sont assez constants. Le taux d'utilisation par contre pourrait l'être un peu moins car il est assez sensible aux variations de l'âge moyen du parc qui a tendance à décroître légèrement ces dernières années (renouvellement plus rapide du parc). Mais il nous paraît préférable d'utiliser cette hypothèse simple pour notre estimation car d'autres paramètres pourraient évoluer fortement dans les prochaines années et avoir un impact beaucoup plus importants que celui-ci : en effet, l'émergence de nouveaux carburants (nouveaux carburants, véhicules hybrides et à pile à combustible...) pourrait, si leur développement se poursuit, avoir un impact très grand tant sur les données de mobilité (pour des raisons d'autonomie, de longévité ...) que sur les données d'émissions.

Les scénarios d'évolution de la demande de transport prévoient un taux moyen de croissance annuelle de 0,3 % du nombre de voyageurs.kilomètres entre 1994 et 2020 (mobilité locale), ce qui, si on l'applique directement au nombre d'immatriculations, nous amène à 1023 véhicules neufs immatriculés en 2020. Les autres paramètres du modèle sont supposés constants exceptée la répartition par voirie (voir paragraphe précédent).

3.3. Poids lourds

On rappelle que, pour cette catégorie, les statistiques d'activités distinguent généralement les camions, ou porteurs, des tracteurs, ces derniers à remorque. La distinction entre porteurs et tracteurs n'est pas justifiée par le calcul d'émission, puisque les émissions des poids-lourds ne dépendent que de la norme d'émission des véhicules et de leur PTAC. Par contre, les usages très différenciés des camions et des porteurs rendent nécessaire de désagréger les deux catégories pour la réalisation d'un bilan de mobilité correct. Les calculs de parc se font donc sur des données désagrégées qui sont ensuite réagrégées pour le calcul d'émission.

On ne trouvera donc ici que très peu d'informations sur l'aspect transport de marchandises.

3.3.1. Immatriculations de poids-lourds en France

3.3.1.1. Données d'immatriculations

On présente Figure 5 l'évolution des immatriculations de camions et de tracteurs sur les 20 dernières années. On remarque que jusqu'en 1992 les immatriculations de camions et de tracteurs suivent globalement les mêmes tendances. En 1993, on assiste à une forte diminution des immatriculations des camions. Ensuite, on retrouve globalement des tendances à la hausse pour les camions et les tracteurs, ces derniers étant les plus nombreux.

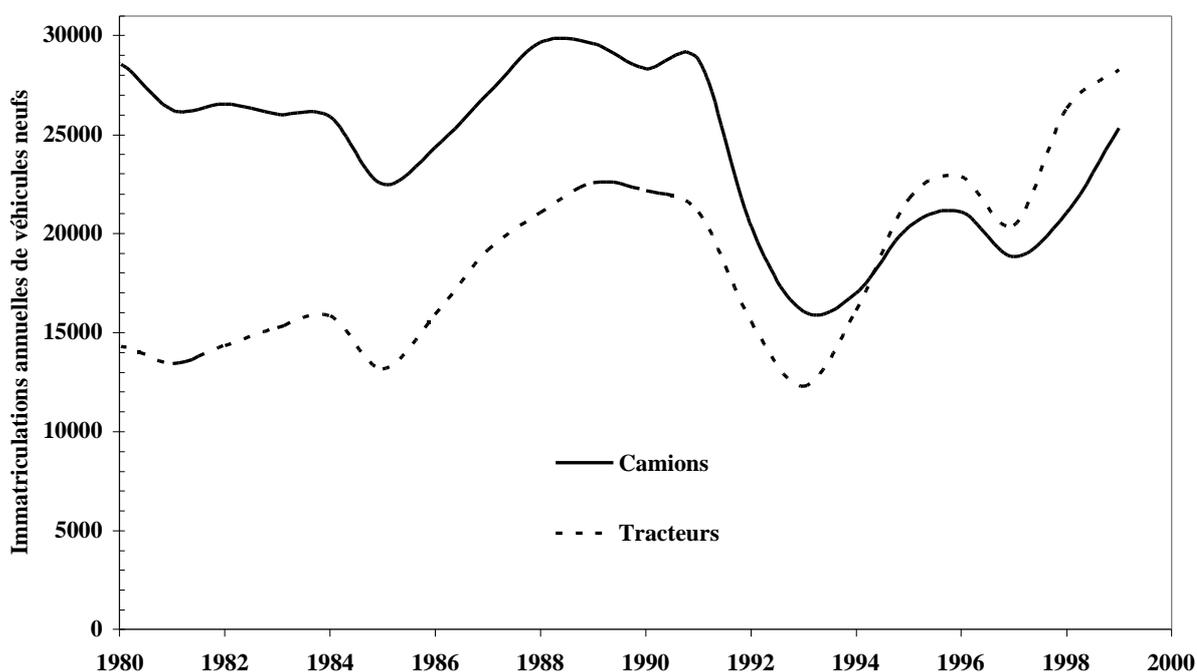


Figure 5 - Évolution des immatriculations annuelles de poids-lourd en France entre 1980 et 2000.

Cette flotte de véhicules est essentiellement diesel. On observe quelques immatriculations de véhicules bi-carburant mais trop marginales pour être considérée ici. Le PTAC moyen des tracteurs, d'environ 43 t, est stable ces dernières années alors que celui des camions a tendance à

augmenter puisqu'il passe de 14,5 t en 1990 à 17,5 t en 1999.

3.3.1.2. Correspondance entre charge utile et PTAC/PTRA

Les données de transport de marchandises sont souvent exprimées en fonction des quantités transportées, c'est pourquoi le lien entre le PTAC (utilisés pour le calcul d'émission) et la charge utile est une donnée qu'il nous paraît intéressant de rappeler (voir Tableau 16).

Charge utile	PTAC
3 à 4,5 t	3,5 à 5 t
4,5 à 6,5 t	5 à 7,5 t
6,5 à 9 t	7,5 à 12 t
9 à 13 t	12 à 16 t
13 à 17 t	16 à 26 t
> 17 t	> 26 t

Tableau 16 - Correspondance entre la charge utile et le PTAC d'un camion (d'après Bourdeau/98/).

3.3.2. Parc des poids-lourds en France

3.3.2.1. Coefficients de survie

Les coefficients de survie utilisés sont ceux de Bourdeau/98/. Ils sont différents pour les tracteurs et les poids-lourds. La durée de vie maximale considérée est de 20 ans pour les tracteurs et de 23 ans pour les porteurs. Les valeurs utilisées sont rappelées en Annexe 1. Ils sont considérés comme constants sur toute la période étudiée. Le croisement des données d'immatriculations et des données de survie permet de déterminer le parc des poids-lourds en service.

3.3.2.2. Parc des poids-lourds utilisés

Comme pour les bus, il est nécessaire distinguer le parc utilisé du parc en service en faisant intervenir le taux d'utilisation des véhicules. Ce taux d'utilisation varie en fonction de l'âge et du PTAC du véhicule. Nous n'avons tenu compte que de la variation du taux d'utilisation en fonction de l'âge dans notre modèle car il s'agit de la variable la plus sensible. Le taux d'utilisation a été évalué à partir des données des enquêtes TRM en étudiant les rapports de parc utile sur parc en service pour les différentes classes d'âge (données 1997). La courbe d'utilisation est supposée avoir la même forme fonctionnelle que les coefficients de survie et les coefficients de cette courbe sont déterminés par optimisation par rapport aux données en respectant la contrainte d'âge limite de nos coefficients de survie.

$$tx_{utile} = 0.83 * \left(1 - \frac{\phi(i+1; m; \sigma)}{\phi(I; m; \sigma)} \right)$$

i varie de 0 à l'âge limite (20 ans pour les tracteurs, 23 ans pour les camions)

$$\begin{cases} I = 26 & m = 8 & \sigma = 2 & \text{camions} \\ I = 21 & m = 3.5 & \sigma = 0.925 & \text{tracteurs} \end{cases}$$

On obtient ainsi les valeurs de parc utilisé indiquées Tableau 17.

Année	1985	1990	1995	2000
Camions	272	262	232	219
Tracteurs	136	173	174	194

Tableau 17 - Évolution du parc utilisé des poids-lourds en France entre 1985 et 2000, en milliers de véhicules.

On obtient ainsi un taux d'utilisation moyen de 65 % (contre 70 % pour l'enquête TRM). Le taux d'utilisation moyen est inférieur à celui de l'enquête car on tient compte des véhicules anciens alors que l'enquête se limite aux véhicules de moins de 15 ans. Inversement, l'effectif de notre parc est plus élevé (30 %) que celui de l'enquête pour la même raison.

La comparaison avec d'autres sources de données est relativement malaisée car il est souvent difficile de savoir si le parc avancé est un parc utile ou un parc en service. De ce fait, on peut avoir des différences d'effectifs importantes mais des kilométrages parcourus sensiblement voisins.

3.3.3. L'utilisation des poids-lourds

Le kilométrage moyen annuel est extrêmement variable selon l'âge du véhicule. L'enquête TRM permet d'évaluer ce kilométrage moyen (des véhicules utilisés) pour différentes classes d'âge. On se sert de ces valeurs pour construire une fonction de kilométrage fonction de l'âge. La fonction des kilométrages utilisés pour les tracteurs est la suivante :

$$km(t,i) = 100000 * \left(1 - \frac{\phi(i + \frac{1}{2}; m; \sigma)}{\phi(I; m; \sigma)} \right) \text{ avec } i = 0 \text{ à } 20$$

| I = 21 m = 2.5 σ = 1 km(t,i)

Pour les camions on utilise la fonction suivante :

$$km(i,t) = km * f(i)$$

$$km = 68000$$

$$f(i) = \exp(-0,0766.i) \text{ avec } i = 0 \text{ à } 23$$

On estime que 89% du kilométrage effectué par les tracteurs (respectivement 95% pour les camions) est effectué en France.

Le kilométrage moyen des poids-lourds calculé sur le parc en service est donc de l'ordre de 50 000 km/an/veh en 2000. Ce kilométrage moyen a tendance à augmenter (45 500 km/an/veh en 1995) du fait de l'accroissement de la proportion de tracteurs dans le parc, ces derniers effectuant un nombre plus important de kilomètres par an.

3.3.4. Répartition par voirie

La répartition par voirie est naturellement extrêmement différente selon le PTAC du véhicule. La répartition adoptée ici (cf. Tableau 18) pour l'année de référence 1995 est celle proposée par André/99/.

type de voirie	< 7,5 t	7,5 - 16 t	16 - 32 t	> 32 t
urbain	47,8	49,4	44,2	15,2
route	38,2	49,4	39,4	49,6
autoroute	14	14,8	16,4	35,2
total	100	100	100	100

Tableau 18 - Répartition du kilométrage par type de voirie selon le PTAC (%).

L'évolution de cette répartition sur la période d'étude est évaluée selon la méthode proposée par Bourdeau/98/ en appliquant les taux de variation observée pour les VP pour la conduite urbaine et autoroutière.

3.3.5. Projection à l'horizon 2020

Comme pour les autres modes de transports, il est très délicat d'apprécier l'évolution de la demande de transports en considérant l'approche désagrégée utilisée ici, d'autant plus que le demande en transport routier de marchandises est exprimée en tonnes.kilomètres et non en nombre de véhicules. On propose donc de procéder par extrapolation des tendances observées sur les immatriculations pour prévoir le parc de poids-lourds à l'horizon 2020. Sur les tracteurs, cela revient à appliquer un taux de croissance 2,1 % par an. Le redécoupage des immatriculations par classe de PTAC se fait également par extrapolation des tendances : sur les 15 dernières années, les PTAC > 32 t constituent environ 98,5 % du marché, les autres se partageant à peu près équitablement le reste du marché ; compte tenu de l'importance de ce segment, l'hypothèse d'une répartition constante jusqu'en 2020 nous paraît tout à fait acceptable. Pour les camions, compte tenu de la perte de vitesse du marché observée ces dernières années, on applique le taux de croissance du scénario de faible croissance de la demande établi par le SES, à savoir 1,9 % de croissance annuelle.

Les fonctions kilométriques ne sont pas modifiées pour la projection. Néanmoins, le modèle prévoit une hausse du kilométrage moyen liée au changement de structure du parc (augmentation de la part des tracteurs routiers, âge moyen en baisse). Ainsi, la mobilité résultante augmente à un rythme de 2,3 % par an, ce qui est donc légèrement inférieur au 2,6% prévu pour l'augmentation des tonnes.kilomètres par le scénario médian, mais qui peut se justifier par le fait que le trafic (en véhicules.kilomètres) augmente moins vite que le transport (en tonnes.kilomètres).

4. Parc et usages des 2-roues motorisés

Compte tenu du fait que cette partie n'a pas été abordée dans le travail de Bourdeau/98/, on détaille les données relatives à ce mode de transport.

4.1. Catégories de deux roues

4.1.1. Catégories administratives de 2-roues

On rappelle ici quelques définitions relatives aux 2-roues motorisés (dictionnaire Robert) :

motocycle : véhicule automobile à deux roues,

cyclomoteur : bicyclette à moteur ayant une cylindrée inférieure à 50 cm³,

vélomoteur : motocyclette ayant une cylindrée comprise entre 50 cm³ et 125 cm³,

motocyclette : véhicule à 2-roues, à moteur à essence et de cylindrée supérieure à 125 cm³,

scooter : motocycle léger caréné, à cadre ouvert et à petites roues.

Dans la législation européenne (92/61/CEE), les 2-roues forment la catégorie L des véhicules. Celle-ci est divisée en 5 classes :

- L1 : cyclomoteurs ayant une vitesse maximale inférieure à 45 km/h.
- L2 : tricycles ayant les mêmes caractéristiques techniques que les cyclomoteurs.
- L3 : motocycles ayant une cylindrée supérieure à 50 cm³ ou une vitesse supérieure à 45 km/h.
- L4 : tricycles ayant les mêmes caractéristiques techniques que les motocycles.
- L5 : tricycles ayant les mêmes caractéristiques techniques que les motocycles, avec un poids inférieur à 1000 kg.

En France, les véhicules ayant une cylindrée inférieure à 50 cm³ ne sont pas immatriculés : ce sont les cyclomoteurs et une partie des scooters. Les vélomoteurs, les motocyclettes et les scooters de plus de 50 cm³ de cylindrées sont immatriculés.

Dans la suite, nous appellerons "cyclomoteurs" ou "cyclos" les deux roues motorisés non immatriculés (cylindrée < 50 cm³, incluant les scooters) et "motos" les deux roues immatriculés (cylindrée ≥ 50 cm³ incluant les scooters).

Les scooters posent un problème car ils sont souvent traités séparément des cyclos et des motos, sans qu'il y ait de justification évidente du point de vue des émissions. Comme une partie des scooters est immatriculée, on ne peut pas intégrer directement cette catégorie de 2-roues dans l'un ou l'autre des deux autres groupes. L'enquête 2-roues de la SOFRES indique qu'en 1999, 75 % des scooters ne sont pas immatriculés, ayant une cylindrée inférieure à 50 cm³.

La puissance administrative des motos est calculée directement en fonction de leur cylindrée :

1 CV	≤125 cm ³	2 CV	126-175 cm ³	3 CV	176-250 cm ³
4 CV	251-350 cm ³	5 CV	351-500 cm ³	6 CV	501-625 cm ³
7 CV	626-750 cm ³	8 CV	751-875 cm ³		

Au-delà de 500 cm³, on ajoute 1 CV par tranche de 125 cm³ de cylindrée supplémentaire.

4.1.2. Catégories de permis

Les motocycles sont partagés en différentes catégories selon le permis nécessaire à leur conduite (voir Annexe 1):

- TeQ tricycles (TM) et quadricycles (QM) à moteur
- MTL motocyclettes légères, $P < 11 \text{ kW}$ et $50 \text{ cm}^3 \leq \text{cyl} < 125 \text{ cm}^3$
- MTT1 motocyclettes autres que légères, $P \leq 25 \text{ kW}$ et $P/M \leq 0,16 \text{ kW/kg}$
- MTT2 autres

La conduite de cyclomoteurs ne nécessite pas de permis.

Parmi les motocyclettes légères, on peut encore distinguer :

- MTL1 cyl. $\leq 80 \text{ cm}^3$ et vitesse maximum $< 75 \text{ km/h}$, boîte automatique
- MTL2 cyl. $\leq 80 \text{ cm}^3$ et vitesse maximum $< 75 \text{ km/h}$, non automatique, $P < 1 \text{ CV}$
- MTL3 cyl. $\leq 125 \text{ cm}^3$ et 13 CV

Permis	Catégorie	Âge (ans)	Limitations
A (ou ancien A2, A3)	MTT	18	$P < 100 \text{ CV}$ MTT2 : au moins 2 ans de permis
A1 (ancien AL) B (au moins 2 ans)	MTL	16	$P < 11 \text{ kW}$ et cyl $< 125 \text{ cm}^3$
B1 (ancien AT) autres permis	TeQ	16	$P < 15 \text{ kW}$ et $M < 550 \text{ kg}$

Tableau 19 - Permis de conduire relatifs à la conduite des 2-roues.

Le permis "moto" est le permis A. Les permis A1 et B1 sont généralement destinés à autoriser la conduite de petites motos ou cyclomoteurs pour les jeunes entre 16 et 18 ans. Le permis B permet aussi de conduire des petites motos. La définition d'une "petite moto" varie souvent selon les réglementations. Le dernier changement de réglementation remonte à 1996. À partir de cette date, on considère que les petites motos sont celles d'une cylindrée inférieure ou égale à 125 cm^3 , pouvant être conduite par tout détenteur du permis B, A1 ou B1. En effet, depuis le 6 juillet 1996, les détenteurs du permis B depuis plus de 2 ans sont autorisés à conduire une moto de moins de 125 cm^3 .

4.1.3. Technologie des 2-roues

Les cyclomoteurs sont des petits véhicules ayant des performances généralement assez limitées (vitesse maximum limitée à 50 km/h en général). Le moteur est le plus souvent un 2-temps. Ces véhicules sont fréquemment modifiés (modification du système d'alimentation, d'échappement, voir alésage des cylindres ...) afin d'en améliorer les performances. La plupart des cyclomoteurs ne possèdent pas de boîte de vitesse, mais le nombre de cyclomoteurs dotés d'une boîte de vitesse est en augmentation.

Les motos peuvent avoir des moteurs 2-temps ou 4-temps. D'une façon générale, lorsque la cylindrée est inférieure à 250 cm^3 , les constructeurs préfèrent monter des moteurs 2-temps, surtout pour les motos "tout-terrain" ou "sport". A partir de 250 cm^3 , les moteurs sont le plus

souvent en 4-temps. Cependant, les moteurs de 125 cm³ en 4-temps sont de plus en plus fréquents et l'introduction des normes antipollution risque d'amplifier ce phénomène. On trouve aussi quelques moteurs de cylindrée inférieure à 125 cm³ en 4-temps. Les moteurs 2-temps ou 4-temps peuvent être mono- ou multi-cylindres.

Les scooters peuvent être considérés comme un concept carrosserie : petites roues, carénage, position de conduite assise avec les pieds devant... La gamme de cylindrée des scooters est relativement étendue : de moins de 50 cm³ à 250 cm³. Ils font donc partie autant des motos que des cyclomoteurs, ce qui induit régulièrement des problèmes dans les comparaisons de sources statistiques.

Pour le carburant, les 2-roues fonctionnent à l'essence : essence classique pour les moteurs à 4-temps et mélange pour les 2-temps. Seuls quelques quadricycles (dont les immatriculations sont associées à celles des motos) peuvent fonctionner en diesel. Le mélange des 2-temps est réalisé au niveau du véhicule et non plus au niveau de la distribution en carburant comme cela a pu être le cas par le passé. Un réservoir permet d'ajouter de l'huile à l'essence avant l'admission du mélange dans le moteur. Notons enfin que les réservoirs de carburant sont réduits et donc que l'autonomie de ces véhicules est très limitée (en général 250 à 300 km par plein).

Les motos nécessitent un entretien régulier et fréquent (par exemple changement de la courroie de distribution) et le moteur dépasse rarement les 150 000 km.

Notons enfin que 92 % des propriétaires de motos s'occupent eux mêmes de la maintenance de leur véhicule.

4.1.4. Réglementation antipollution

Pour les motos, il existe une réglementation européenne depuis 1979 (ECE-R40), qui a été amendée en 1988. Cette réglementation, non restrictive du point de vue des gaz d'échappement n'a pas été adoptée par la France. La Suisse dispose d'une réglementation nationale (FAV3 - voir Keller/95/).

Pour les cyclomoteurs, la réglementation européenne "ECE-R47" a été mise en place en 1981, mais elle n'a pas été adoptée par tous les pays de la communauté. La Suisse a mis en place en 1988 une réglementation, FAV-4, plus sévère que l'ECE-R47. Cette législation a été également adoptée par l'Autriche.

Seule, la directive européenne n°97/24/CEE du 17 juin 1997 impose une réduction des émissions à l'échappement pour les motos et les cyclomoteurs neufs mis sur le marché à compter du 17 juin 1997 dans toute l'Europe communautaire.

4.2. Le marché des motos en France

4.2.1. Immatriculation de motos entre 1975 et 1999

Pour les motos, on dispose des données d'immatriculations de ces véhicules de 1975 à 1999 (données SES/98/, SES/97/, OEST/de84à95/ et Filou/2000/). Les immatriculations de motos neuves sont classées en fonction de la puissance fiscale du véhicule, qui est directement reliée à la cylindrée. On ne connaît pas la répartition des motos en fonction du type du moteur (2-temps ou 4-temps), mais on connaît les immatriculations de véhicules d'occasion.

Sur la Figure 6, on remarque que les immatriculations de motos d'occasion ont été en progression constante ces 20 dernières années. Il faut remarquer la très faible part du marché de l'occasion au début des années 80 (à peine 55 % des acquisitions). Cette part a très rapidement augmenté pour se stabiliser aux environs de 70 % du marché, ce qui est voisin du taux de l'occasion observé pour les voitures particulières.

Le marché du neuf a subi de grosses fluctuations : après une baisse très importante des ventes entre 1980 et 1985, on assiste à une reprise aussitôt suivie d'une nouvelle récession en 1993. Depuis 1995, on observe une reprise très nette des ventes, dopées par les ventes des moins de 125 cm³. En 1999, le volume total des ventes est à nouveau supérieur à celui du début des années 80.

En détaillant l'évolution par catégorie fiscale, on remarque que depuis 1985 le renouvellement du parc est essentiellement assuré par la vente de très petites motos (≤ 125 cm³) et des très grosses motos (> 500 cm³). Le marché des gammes intermédiaires est assez stable (environ 11% des immatriculations) depuis 1985. Les ventes de motos de 1 CV (cylindrée inférieure à 125 cm³) ont énormément chuté entre 1980 et 1985 puisqu'elles ont été divisées par 2. Le niveau de 1985 se stabilise ensuite jusqu'en 1996, période à laquelle les ventes redémarrent. Cette reprise particulièrement marquée des ventes de motos de moins de 125 cm³ pourrait s'expliquer par le changement de réglementation sur les permis en 1996. En effet, depuis cette date, les automobilistes sont autorisés à conduire ce type de véhicule sans avoir à passer un permis spécial. En 1998, le segment "moins de 125 cm³" constitue 45 % des immatriculations, soit autant que la part des grosses motos. Ces dernières sont les seules à avoir connu une progression relativement régulière durant ces quinze dernières années.

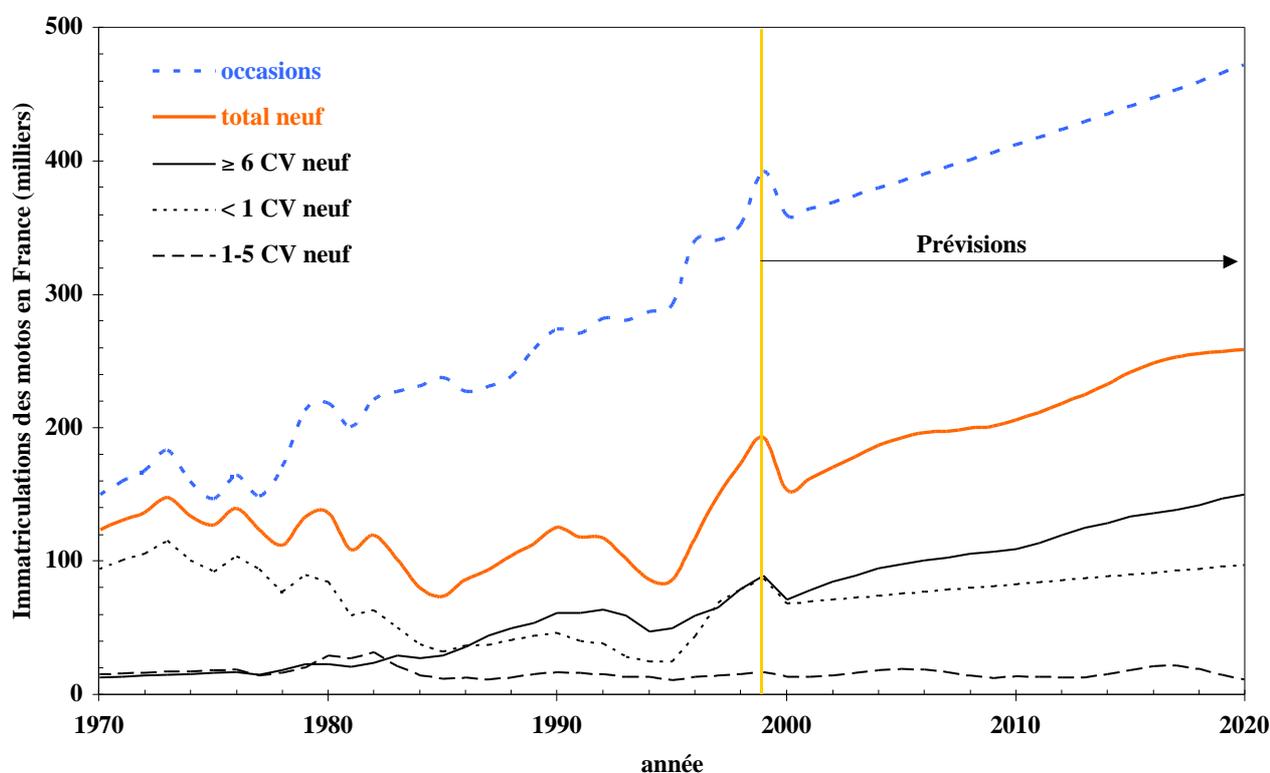


Figure 6 - Évolution des immatriculations de motos en France de 1970 à 2020.

4.2.2. Rétropolation des séries de 1970 à 1975

Compte tenu du volume des ventes des catégories intermédiaires et des plus de 5 CV, ainsi que des tendances observées entre 1975 et 1988, on suppose que la tendance des immatriculations entre 1970 et 1975 a été quasiment linéaire pour ces deux catégories. On rétopole ainsi facilement ces deux séries. Pour la catégorie 1 CV, on remarque que la saisonnalité des immatriculations est identique à celles observée pour les immatriculations de voitures particulières et que les événements marquants se retrouvent aux mêmes dates. On rétopole donc cette série en s'inspirant des phénomènes observés sur le marché des voitures, à savoir une phase de croissance sur la période 1970 à 1973 et une légère décroissance des immatriculations sur la période 1973 à 1975. Cette même méthode est utilisée pour le marché de l'occasion.

4.2.3. Prévisions des ventes de motos jusqu'en 2020

Vues les différences entre gammes, les ventes sont extrapolées en procédant segment par segment. Il paraît logique d'attendre une phase de croissance du marché de la moto sur la prochaine décennie pour les raisons suivantes : vues les valeurs des immatriculations atteintes dans les années 70, il semble qu'on se trouve actuellement assez loin d'un seuil de saturation du marché ; les transferts de mode de transports jouent plutôt en faveur des 2-roues comme mode alternatif à la voiture ; les nouvelles politiques d'aménagement urbains en faveur des modes alternatifs pourraient également avoir un effet bénéfique sur le développement de ce mode de transport ; la crise économique tend à se résorber pour faire place à une période de croissance ; les changements de répartition du temps de travail (35 heures, annualisation du temps de travail...) auront de plus une influence positive sur les investissements en loisirs, dont la moto tend à faire partie - pour une partie de son marché au moins.

Cette tendance générale de hausse se décline différemment selon les segments, en observant les trends des séries désaisonnalisées :

- Augmentation modérée mais régulières des ventes de motos de plus de 6 CV. Cette catégorie a connu une période de croissance très régulière et cette tendance semble relativement durable, c'est pourquoi on suppose que la croissance va se maintenir sur la prochaine décennie. Au delà de 2008, le taux de croissance se ralentit et il est diminué de 50% sur la période qui suit.
- Poursuite de la stabilisation des ventes pour les gammes intermédiaires. La croissance semble surtout profiter aux deux autres segments et le redémarrage du marché de la moto se traduit par l'arrêt de la diminution des ventes sur le segment intermédiaire.
- Croissance sur le segment des moins de 1 CV : le taux de croissance actuel de ce segment, dopé par le changement de réglementation de 1996, ne peut être utilisé pour la prévision à long terme du marché. Le taux de croissance futur est donc évalué sur la période de croissance précédente (1986-1991) et correspond au taux de croissance moyen observé sur les douze dernières années.
- Poursuite de la tendance actuelle du marché de l'occasion : compte tenu de la progression très régulière de ce marché ces cinq dernières années, on extrapole directement la tendance. Dans ce cas, les immatriculations d'occasion constituent entre 65 et 70 % des immatriculations de motos en France. Cette fourchette correspond à celles observées jusqu'ici tant pour les motos que pour les voitures pendant les périodes de croissance du marché et traduit la maturité de ce marché.

Les évolutions du marché de la moto sont synthétisées Figure 6 pour la période de 1970 à 2020.

4.2.4. Parc des motos en France entre 1980 et 1998

Les estimations du parc des motos sont très variables selon les sources et peuvent varier pour une même source d'une année sur l'autre (voir Figure 7). La Chambre syndicale nationale des motocycles réalise des estimations de parc en tenant compte des immatriculations de motos neuves et en intégrant des données "garagistes" qui permettent de connaître l'âge des véhicules en circulation soumis à des réparations dans le réseau de garagistes français. Cependant, ces données sont très indicatives puisque de nombreux propriétaires de motos effectuent eux-mêmes la maintenance de leur véhicule. On observe d'ailleurs de très grosses fluctuations des séries fournies par la CNSM selon les années. L'Argus fournit également une estimation du parc de motos en circulation, mais la méthode adoptée pour réaliser cette estimation n'est pas connue. On dispose également d'estimation de parc 2-roues effectuées par l'APSAD (Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances Dommages) et par l'OCM (Officiel du Cycle et de la Moto). Sur la Figure 7, on présente différentes estimations du parc motos en France. On remarque que les chiffres varient parfois de plus de 20 % selon les sources.

Les estimations peuvent en fait être distinguées en 2 groupes : le premier (Argus, SES) correspond à l'estimation faible, alors que le second (APSAD, CNSM - ancienne série) est une estimation plutôt élevée. Les scénarios européens se situent entre ces deux bornes. Par contre, les tendances du parc sont assez similaires entre les différentes sources d'information. L'estimation fournie par l'APSAD est relativement intéressante car les données de base utilisées (contrats d'assurance) diffèrent de celles utilisées classiquement pour estimer les parcs. Cependant, le SES/98/ retient l'estimation basse recoupée entre plusieurs sources (CNSM, Argus, Sofres...). En l'absence d'éléments pertinents pour trancher entre les deux valeurs, on préfère pour l'instant retenir deux parcs, un fort et un faible, qui suivent les même tendances.

Globalement, le nombre de motos en circulation en France semble avoir été relativement stable entre 1985 et 1990, malgré une baisse marquée des immatriculations de motos neuves durant cette période. Depuis 1990, il semble que le parc soit plutôt en augmentation avec une hausse beaucoup plus marquée depuis 1995, date à laquelle on observe un réel redémarrage des immatriculations de véhicules neufs. On a vu précédemment (cf. Figure 6) que les ventes de motos neuves avaient fortement chuté entre 1975 et 1985 : on remarque que cette baisse n'a que peu d'influence sur le parc depuis 1985, sans doute à cause de la croissance du marché de l'occasion à cette période. On peut donc supposer un allongement de la durée de vie des motos à cette époque. Après 1995, le redémarrage des ventes se visualise très rapidement sur le parc.

Il faut noter que pour plupart des estimations, l'année 1994 correspond à la période de baisse du parc des motos, ce qui peut expliquer la part très faible des 2-roues dans les résultats de l'enquête de mobilité de 1994. La prochaine enquête de mobilité permettra de vérifier si cette diminution de l'usage des 2-roues a été purement conjoncturelle ou si le phénomène est réellement lié à un changement de structure dans le mode de déplacement de la population française.

Pour nos calculs d'émissions, nous tiendrons compte du parc fort, qui correspond en fait à une moyenne des estimations de parc réalisées par ailleurs en 1999 et qui permet d'atteindre en 2020 une mobilité 2-roues équivalente à celle prévue par le CITEPA.

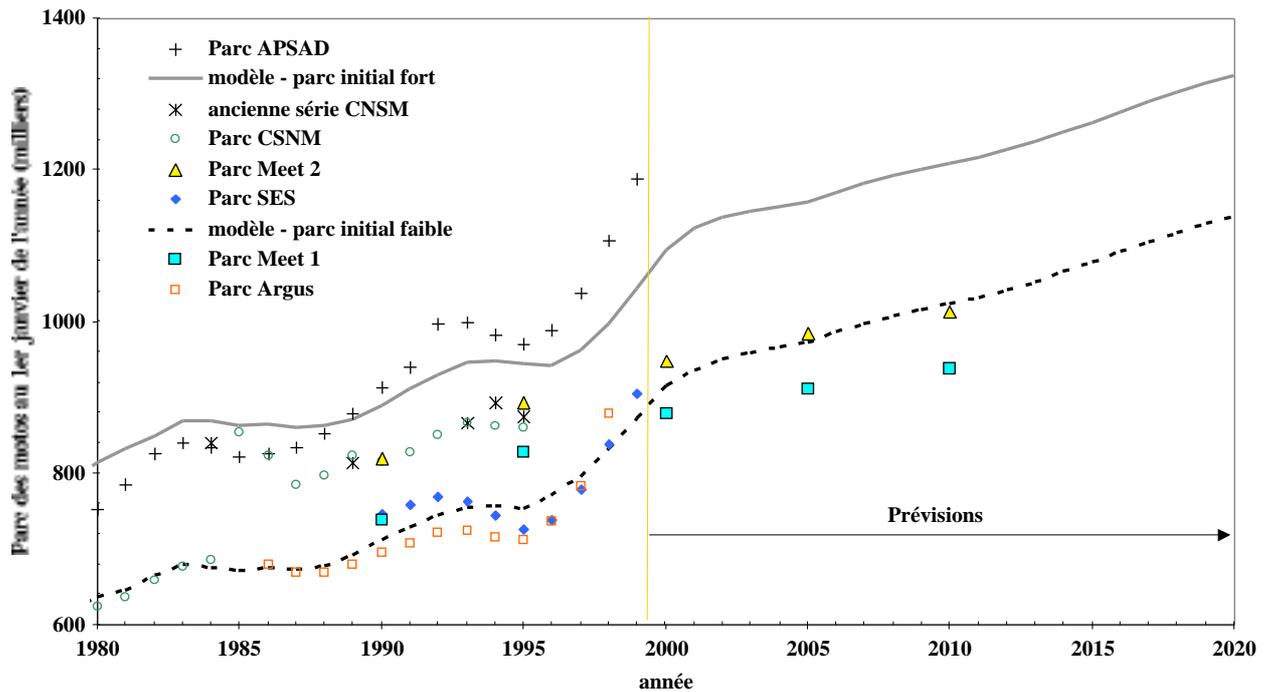


Figure 7 - Parc des motos en France de 1980 à 2020.

4.2.5. Modèle de parc

On cherche à effectuer une projection du parc de 2 roues en conservant une méthodologie identique à celle utilisée notamment par Bourdeau/98/ pour tous les autres types de véhicules motorisés. On cherche donc à évaluer les coefficients de la loi de survie relatifs aux motos.

Pour cela, en l'absence de données d'enquête, on se réfère à des considérations pratiques liées à une connaissance de l'usage de ces véhicules. Il paraît en effet probable, compte tenu de la nature spécifique des motos, que :

- le déclassement des motocycles est certainement plus rapide pendant les premières années de vie que celui des voitures : accidents plus nombreux, vols...
- les coefficients de survie sont très différenciés selon la catégorie des véhicules : la durée de vie des petites motos est très inférieure à celles des grosses.
- l'âge limite de survie est certainement plus faible que celui des véhicules particuliers : en effet, la fragilité des motos fait que ces véhicules dépassent rarement les 150 000 km (pour les grosses motos). Si on considère les données d'usage, la moyenne du kilométrage annuel pour ces véhicules est de 9 000 km/an, ce qui indiquerait que la durée de vie des grosses motos serait de l'ordre de 16 à 17 ans. La durée de vie des motos plus petites est d'ailleurs inférieure à ce chiffre.

C'est pourquoi on se propose, dans les modèles de survie, de fixer l'âge maximal de survie à 18 ans, ce qui, à partir des données de ventes depuis 1970, permet de remonter à des estimations de parc depuis 1988. En supposant que les coefficients de survie sont donnés par une loi normale centrée réduite (voir Gallez/94/) et connaissant l'âge limite de survie, on recherche donc à retrouver les coefficients de survie qui permettent de reconstituer le parc à partir des

immatriculations. Les lois de survie ainsi calculée à partir des parcs Argus, SES et CNSM nous donnent un âge moyen des motos variant entre 6,6 et 7,7 ans et un âge médian du parc très proche de l'âge moyen. Ceci se traduit par des lois de survie très raides : le déclassement est quasiment nul sur la première partie de la courbe puis il s'effectue très rapidement entre 5 et 9 ans. Cette allure de la courbe de survie nous paraît peu satisfaisante. De plus, vues les allures des courbes d'immatriculations et de parc, il paraît très vraisemblable que les coefficients de survie des motos ont beaucoup évolué au cours du temps, en particulier selon les périodes de crise, de croissance et de restructuration du marché. Or, quand on connaît la sensibilité de ce modèle aux coefficients de survie, la méthode semble assez mal adaptée au parc des motos. Cette conclusion s'impose d'autant plus que les habitudes de consommation relatives au marché des motos sont très différentes de celles concernant l'automobile : en effet, la moto est un bien beaucoup moins durable que la voiture et seulement 26 % des motards l'utilisent comme moyen de transport principal.

C'est pourquoi on s'oriente finalement vers une autre méthode pour modéliser le parc des motos. On exprime l'accroissement du parc de motos en fonction de l'accroissement de la demande sur le marché du neuf (immatriculations de véhicules neufs) et le marché de l'occasion (immatriculations d'occasion).

$$(1) \quad P_{n+1} = P_n + \delta_{neuf,i} * I_{neuf,n} + \delta_{occas,n} * I_{occas,n}$$

$$(2) \quad \delta_{neuf,n} = \frac{I_{neuf,n} - I_{neuf,n-1}}{I_{neuf,n-1}}, \text{ accroissement de la demande en neuf}$$

$$(3) \quad \delta_{occas,n} = \frac{I_{occas,n} - I_{occas,n-1}}{I_{occas,n-1}}, \text{ accroissement de la demande en occasion}$$

$$(4) \quad P_{1970} = 535000 \text{ motos, valeur initiale faible}$$

$$P_{1970} = 695000 \text{ motos, valeur initiale forte}$$

Pour calculer le parc à partir des données d'immatriculations annuelles, il est nécessaire d'avoir une valeur initiale du parc. Selon la valeur initiale choisie en 1970, le modèle approche l'estimation haute ou l'estimation faible. Les deux estimations de parc ainsi calculées sont représentées Figure 7. Les estimations sont lissées par rapport aux estimations annuelles de parc, mais cette allure est normale compte tenu de l'horizon assez lointain de notre prospective. L'avantage d'un tel modèle réside essentiellement dans sa simplicité. L'inconvénient est qu'il ne permet pas de connaître la répartition du parc par gamme de cylindrée. Il faut néanmoins préciser que la répartition par gamme de cylindrée, calculée à partir d'un modèle de survie, est biaisée car les coefficients de survie sont supposés égaux pour toutes les gammes, ce qui semble difficile à vérifier. Le manque de données sur ce mode de transport rend les segmentations de ce marché difficiles ou risquées. On remarque que les prévisions européennes sont plutôt inférieures au scénario proposé ici, mais elles sont basées sur l'année de référence 1995, c'est à dire sur une phase de décroissance du marché.

4.2.6. Proportions de moteurs 2-temps et 4-temps

Du point de vue des facteurs d'émission, il est important non seulement de distinguer les motos en fonction de leur cylindrée, mais également en fonction de leur type de moteur. Kyriakis/98/ propose dans son modèle une structure du parc de motos en fonction de la technologie du moteur. D'après lui, 9,2% des motos du parc sont équipées de moteurs 2-temps. Cette répartition est supposée constante entre 1990 et 2010. En l'absence de données, on utilise ce même taux jusqu'en 2020.

4.3. Le marché des cyclomoteurs en France

4.3.1. Ventes des cyclomoteurs

Les cyclomoteurs n'étant pas immatriculés, on se sert ici des données de ventes pour réaliser les estimations de parcs. Les données, tirées de l'Argus/91 à 99/, des OEST memento/84à90/ et de la Note Économique du CNPA/2000/, sont très homogènes et elles sont représentées Figure 8.

Après une période de très forte récession entre 1974 et 1980 (plus d'un million de cyclomoteurs vendus en 1974 contre 225 000 en 1985), le marché des cyclomoteurs est resté stable jusqu'en 1990. Ensuite, les ventes diminuent à nouveau, mais faiblement, entre 1990 et 1995. Depuis, elles sont stabilisées entre 190 et 210 milliers d'exemplaires par an. On remarque que le changement de réglementation des permis moto n'a eu aucun effet sur le marché des cyclomoteurs, qui diffère sensiblement du marché des motos.

Depuis 1994, les ventes se partagent assez équitablement entre les cyclomoteurs "classiques" (46 % du marché) et les scooters. Des données plus détaillées montrent que les ventes de cyclomoteurs avec boîte de vitesse augmentent nettement au détriment des cyclomoteurs sans boîte de vitesse.

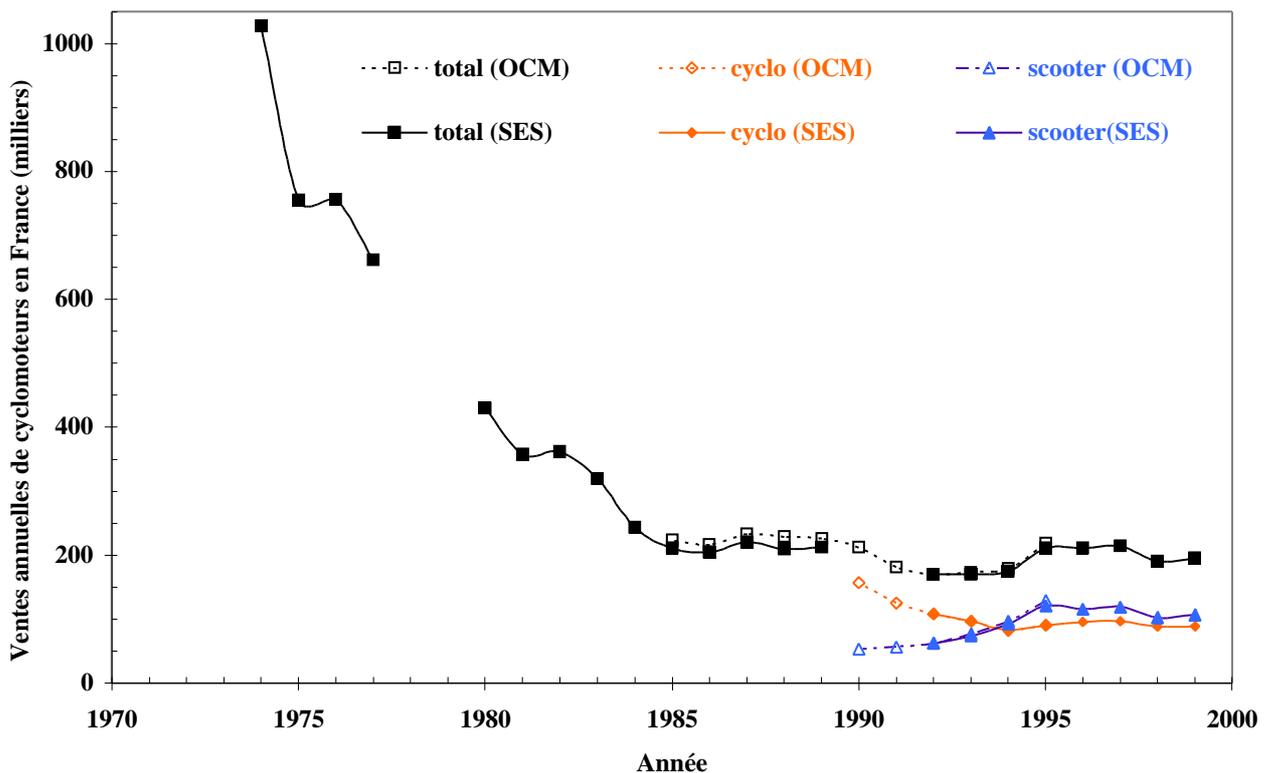


Figure 8 - Évolution des ventes de cyclomoteurs en France depuis 1974 (sources ONISR/95/, SES).

4.3.2. Parc des cyclomoteurs

La Figure 9 présente les estimations de parc des cyclomoteurs en France réalisées par différentes sources. Le nombre estimé de cyclomoteurs en circulation peut varier de 30 % selon la source d'information considérée. Il faut noter que les estimations du CNSM ont été corrigées en 1997 : les nouveaux chiffres ont servi à établir les estimations CNPA et SES98. Ces deux dernières séries semblent donc plus fiables que la première, d'autant plus qu'elles sont convergentes. Pour le parc, on retient les données de l'APSAD jusqu'en 1995 et la moyenne entre les données Argus et SES au delà.

L'évolution du parc est cependant à peu près la même en tendance quelle que soit la source retenue. On observe un recul constant du nombre de cyclomoteurs en circulation entre 1985 et 1995. Cette baisse correspond à la décroissance très marquée des ventes entre 1980 et 1990 associée au déclasserment progressif des vieux cyclomoteurs. Cette diminution semble se ralentir depuis 1994, date à laquelle les ventes redémarrent doucement. Ce redémarrage se traduit par une stabilisation du parc (ou une légère croissance du parc pour l'Argus). Le niveau de vente de ces dernières années ne suffit pas à assurer un solde positif ou nul du parc de cyclomoteurs, ce qui indique que la part des cyclomoteurs neufs dans le parc est faible et que la longévité de ces véhicules est relativement importante.

La décroissance forte dans les années 70-80 correspond sans doute à un bouleversement des comportements routiers en France : la propagation de la deuxième voiture dans les ménages, la politique "voiture" de pouvoirs publics, l'allongement des distances domicile-travail sont sans doute des causes ayant conduit à l'abandon progressif du cyclomoteur, en particulier dans les zones périurbaines. L'accès élargi à la voiture a vraisemblablement aussi contribué à la diminution des cyclomoteurs en zone rurale.

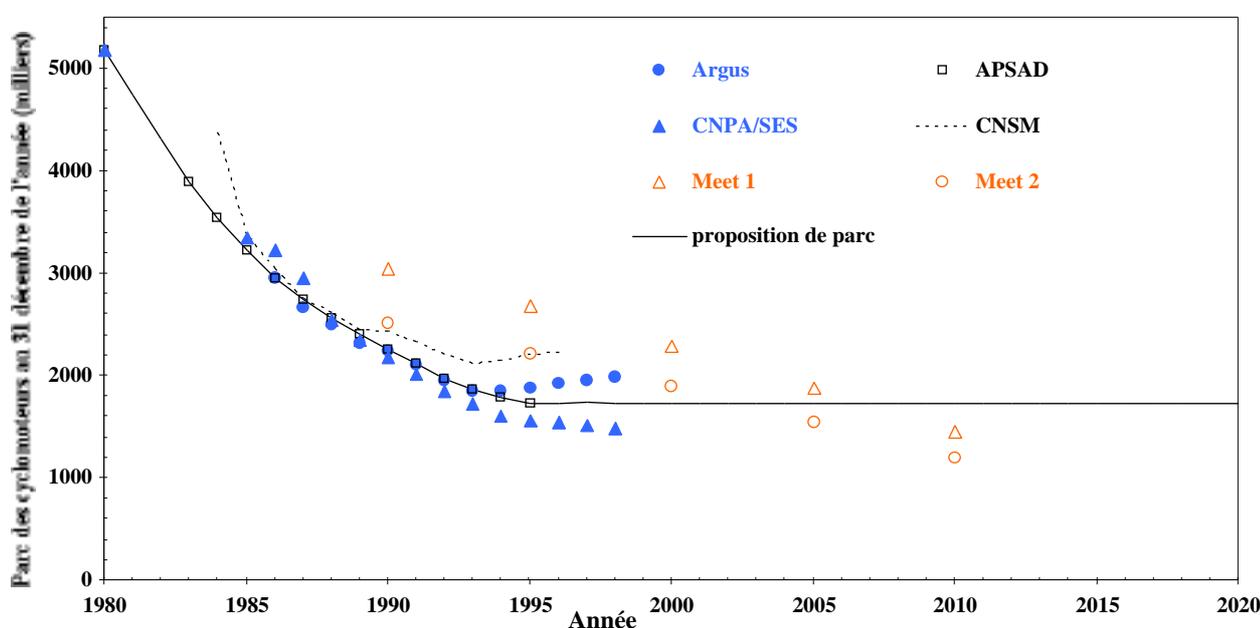


Figure 9 - Évolution du parc des cyclomoteurs en France depuis 1986 selon plusieurs sources, dont INSEE/95/.

La diminution du nombre de cyclomoteurs en France semble donc irréversible et explique sans doute en grande partie la diminution de la part 2-roues dans les déplacements en France (voir

§ suivant). Cependant, les incitations pour l'abandon de la voiture en centre ville et le développement des activités de service (livraison à domicile) sont peut être à l'origine du redémarrage des ventes en 1994. Mais il est probable que la nouvelle réglementation des permis moto entraîne sans doute depuis 1996 un transfert des ventes de cyclos au profit des petites motos plus polyvalentes et plus rapides. L'intérêt des cyclomoteurs réside essentiellement dans leur faible coût et dans le fait qu'ils ne nécessitent pas de permis. En cette période de reprise, on peut donc imaginer qu'ils sont essentiellement destinés à la tranche d'âge des 14-19 ans. Comme l'effectif de cette tranche d'âge devrait être stable dans les prochaines années (voir INSEE/95/), on peut penser que les ventes de cyclomoteurs le seront également. Il se peut que l'évolution de la mobilité conduise à un redémarrage des ventes de cyclos, grâce à l'amélioration des conditions de circulation des 2-roues en zone urbaine et peut-être, pour le jeune public, à cause de l'étalement des zones périurbaines. Mais trop peu d'éléments nous permettent d'évaluer la vraisemblance de cette hypothèse, ni son impact. C'est pourquoi on prévoit un parc stable de cyclomoteurs pour la période 2000-2020.

4.4. Usage des 2-roues

Les données concernant les taux d'usage et le kilométrage des 2-roues sont encore plus réduites que celles du parc statique. Elles ne permettent pas toujours de distinguer les motos des cyclomoteurs. Pour la France, la source principale reste la dernière enquête "Transports et communications" réalisée conjointement par l'INRETS et l'INSEE en 1993-1994 (INSEE/97/), ainsi que la précédente réalisée en 1982 (voir Gallez/97/). Dans le Tableau 20 et le Tableau 21, on présente les résultats de ces enquêtes en nombre de déplacements effectués en 2-roues pour la France, pour les zones urbaines et les zones rurales.

Taille de la ZPIU	Effectifs	Distance (km)	Durée (mn)	Circulation (*1000 veh.km)
50-300 mh	833 788	3,5	30,92	2918
300-900 mh	460 256	6,4	19,76	2946
> 900 mh	154 767	5,63	16	871
Paris	373 707	8,69	20,34	3248
1994 (1982)	2 140 878 (6 729 456)	5,2 (3,9)	12,6 (12,3)	-
tous modes 1994 (1982)	152 440 171 (155 046 499)	5,4 (4,1)	15,7 (15,4)	-

Tableau 20 - Circulation des 2-roues motorisés internes aux zones de peuplement industriel et urbain (ZPIU) en 1994. Base : déplacements internes à la ZPIU de résidence un jour moyen de semaine.

Pour les 2-roues, le nombre de déplacements recensé est très faible et en général négligé. Leur contribution à la circulation locale est très faible (2% en 1994), ce qui représente une distance parcourue annuellement par les 2-roues de l'ordre de 12 à 14 milliards de kilomètres en 1994.

	Effectif	Effectif tous modes de transport	Distance (km)	Durée (mn)
1994 (1982)	170 116 (140 026)	15 240 009 (9 936 370)	14,9 (15,3)	22 (26)

Tableau 21 - Circulation des 2-roues motorisés externes aux ZPIU en 1994. Base : déplacements externes de résidence un jour moyen de semaine.

Dans Meet/99/, on dispose de données plus désagrégées sur l'usage des 2-roues en France en fonction de la motorisation du véhicule. Mais ces données sont très variables selon la source statistique utilisée. Dans le Tableau 22, on regroupe les caractéristiques d'usage des 2-roues en France pour l'année de référence 1995. Ces données présentent l'avantage de distinguer par type de technologie les usages qui peuvent être faits des 2-roues. Les données concernant les vitesses moyennes des motos sur autoroute sont certainement sous-estimées car les enquêtes montrent que la vitesse des motos est supérieure à celle des voitures quel que soit le type de route (voir La sécurité routière des motocyclettes/90à98/). Aussi, pour l'autoroute, on propose de retenir la vitesse maximale observée pour les voitures plutôt que la valeur fournie par Meet/99/ pour les grosses motos. Ces quinze dernières années, on observe une augmentation de la vitesse des motocyclettes sur autoroute, une stagnation pour la route et une légère diminution de la vitesse pratiquée en milieu urbain, sans doute liée au passage de 60 à 50 km/h pour la vitesse limite en ville.

	cyclomoteurs	motos (2-temps)	motos (4-temps)
kilométrage annuel	2500 / (3000)	6500 / (8000)	9000 / (11000)
% kilométrage en ville	80 / (40)	33 / (30)	33 / (30)
% kilométrage en zone rurale	20 / (60)	46 / (50)	46 / (50)
% kilométrage sur autoroute	0 / (0)	21 / (20)	21 / (20)
vitesse moyenne en ville (km/h)	23	30	30
vitesse moyenne sur route (km/h)	30	70	70
vitesse moyenne sur autoroute (km/h)	-	90 / 108	90 / 118

Tableau 22 - Usages des 2-roues en France (deux valeurs selon les sources de statistiques, pour plus de détails, voir André/96/).

Si on retient les valeurs principales (en gras) de ce tableau, on évalue le kilométrage total annuel parcouru par les 2-roues entre 11 (parc faible) et 12,4 milliards (parc fort) de km en 1994. Ce kilométrage devrait augmenter faiblement dans les prochaines années (cf. Figure 10). Ce kilométrage est plus élevé que les valeurs estimées par le SES, qui tournent aux environs de 6 milliards de kilomètres par an pour les 2-roues, mais il correspond très bien aux valeurs estimées par l'INRETS à partir des enquêtes de mobilité. La valeur totale du SES correspond à un kilométrage moyen annuel de 2000 km par 2-roues, ce qui semble sous-estimé par rapport aux autres sources de données.

Le nombre de trajets par jour est évalué à partir des statistiques fournies par l'enquête de mobilité de 1994 croisées avec les données fournies par MEET pour les voitures particulières : le nombre de déplacements journaliers, ramené à l'effectif du parc, nous permet d'évaluer le nombre de démarrages quotidiens pour les 2-roues et pour les voitures. La valeur 2-roues est corrigée par un facteur multiplicatif qui est le rapport des démarrages MEET/Enquête de mobilité observé pour

les voitures. Le nombre de démarrage par jour est ainsi estimé à 1,25 démarrage par jour.

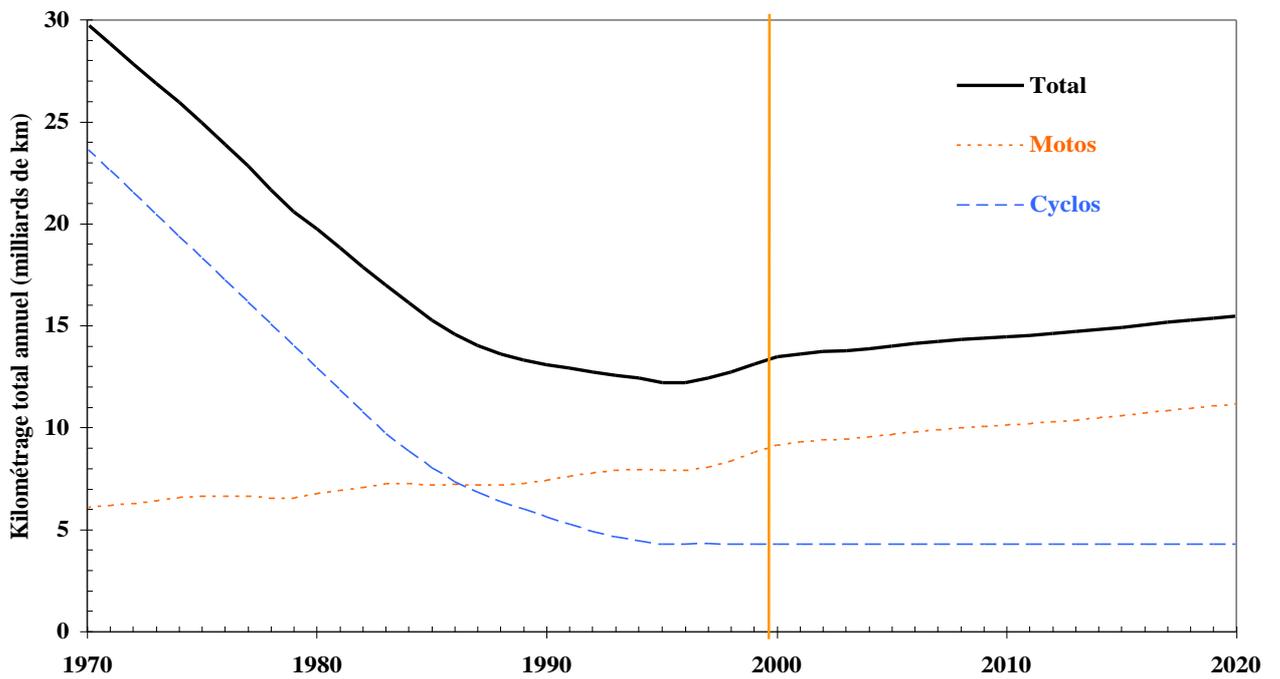


Figure 10 - Évolution des kilométrages annuels parcourus par les 2-roues en France de 1970 à 2020.

5. Évolution de la demande de transport routier et des émissions associées

Ce chapitre constitue la synthèse des chapitres précédents. Pour chaque mode de transport, on applique le modèle de parc détaillé précédemment. On obtient ainsi des résultats sur la mobilité en France sur la période d'étude. Ces résultats sont détaillés dans le premier paragraphe. Dans une deuxième partie, on utilise ce modèle de parc afin de réaliser un inventaire d'émissions au niveau national. Cet inventaire servira de base pour évaluer les facteurs d'émission unitaire moyen correspondant à des modes agrégés de transport. Ces facteurs, détaillés dans le troisième paragraphe, pourront permettre ensuite d'évaluer facilement, pour un trafic donné, les émissions associées à ce trafic pour une période donnée.

5.1. La demande de transport routier

On rappelle brièvement ci-dessous la méthode utilisée pour le calcul des données de transport routier.

Les immatriculations annuelles sont détaillées en fonction des catégories de véhicules définies dans Meet/99/. Notre base de données nous permet de connaître, pour chaque année, le nombre d'immatriculations en fonction du type de véhicule (VP, VUL, bus et autocars, porteurs, tracteurs, motocycles), de sa cylindrée pour les VP et de son PTAC/PTRA pour les utilitaires et du carburant utilisé (diesel, essence ou bicarburant d'origine). L'année d'immatriculation nous permet de déterminer la norme d'émissions applicable aux véhicules.

Pour une année donnée, on calcule le nombre de véhicules survivant pour chaque classe d'âge (tranche de 1 an) en fonction des données d'immatriculation et des taux de survie de la catégorie de véhicule concernée. On estime ainsi le parc de véhicules. Puis, on affecte aux véhicules de chaque classe d'âge un coefficient d'utilisation qui permet d'évaluer le kilométrage réalisé par ce véhicule dans l'année considérée. Ce kilométrage est ensuite pondéré par le taux d'utilisation du véhicule par type de voirie pour connaître le kilométrage parcouru sur chaque type de voirie. Ces données sont ensuite agrégées pour constituer 3 classes de véhicules plus faciles à appréhender du point de vue d'évaluation de trafic :

- VP et VUL : cette catégorie regroupe les voitures particulières, les véhicules utilitaires légers ainsi que les minibus.
- PL (poids-lourds) : on regroupe dans cette classe les porteurs, les tracteurs ainsi que les bus et les autocars.
- 2-roues : on regroupe les cyclomoteurs et les motocycles.

Dans le Tableau 24, on récapitule les données agrégées relatives au parc et à la circulation des véhicules en France pour la période concernée ; les trafics sont tracés Figure 11, Figure 12 et Figure 13 et donnés en détail en Annexe 2.

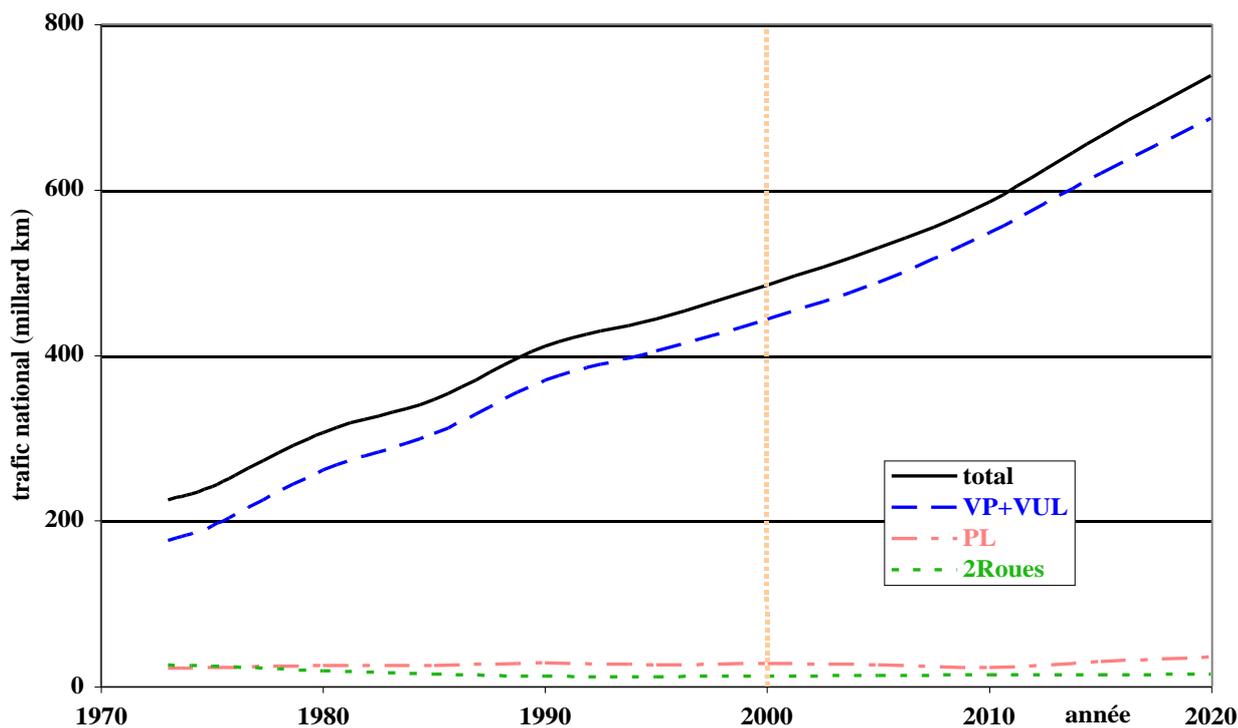


Figure 11 - Évolution des trafics des 3 grandes classes de véhicules routiers en France de 1973 à 2020.

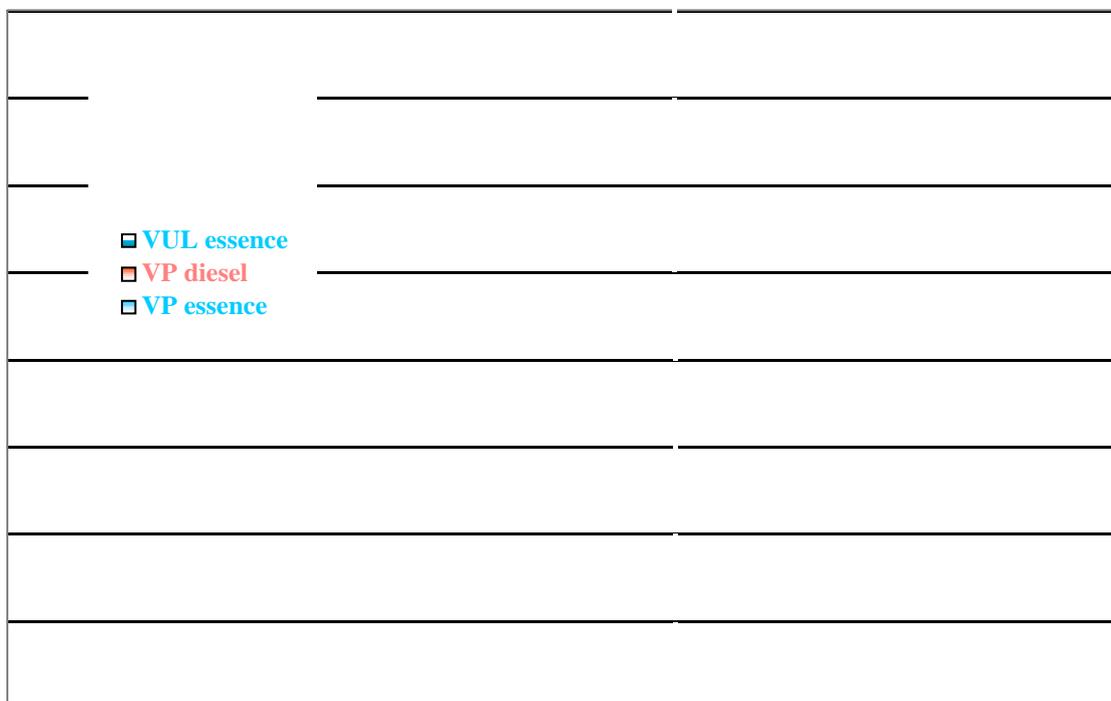


Figure 12 - Évolution du trafic routier en France par classe de véhicule et carburant, de 1973 à 2020, en cumulé.

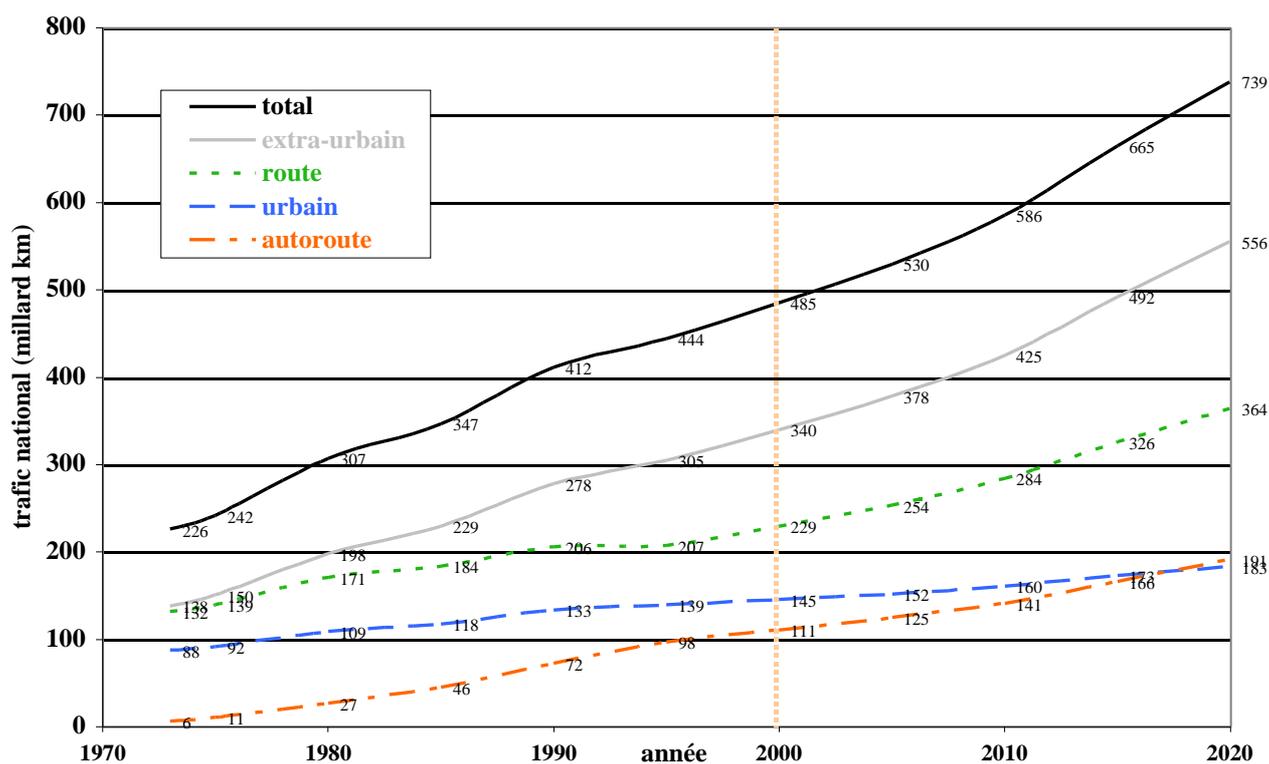


Figure 13 - Évolution du trafic routier en France de 1973 à 2020 selon le type de voirie.

Le parc estimé par la méthode Gallez/2000/ est plus faible que celui du CCFA surtout pour les VP+VUL (estimé à 32 454 000 véhicules en 2000 contre 28 676 000 pour notre estimation de parc). Cette différence provient essentiellement de la façon de décrire la survie des véhicules d'une classe d'âge. Gallez/2000/ évalue des coefficients de survie à partir des réponses aux enquêtes Parc-Auto de la SOFRES, alors que jusqu'en 2000, le CCFA (voir Jeger/2001/) le faisait à partir du fichier des vignettes. Rappelons que ces deux méthodes sont appliquées à un parc des ménages (qui inclut dans son champ une partie des VUL) alors que dans notre étude, une distinction est faite entre les voitures particulières, immatriculées par des particuliers et les VUL dérivés de VP (sans siège ou banquettes arrière, avec un hayon à l'arrière ou un arrêt de charge). Or ces derniers sont utilisés à 40 % en 1996 par des particuliers, ce qui montre à quel point ces deux champs peuvent se recouvrir. Pour nous, il est beaucoup plus approprié de conserver un parc VP complètement dissocié du parc VUL (donc un parc qui n'est pas un parc des ménages) pour des questions de réglementation et de facteurs d'émission. En effet, les facteurs d'émission relatifs aux VUL sont établis en tenant compte des véhicules dérivés de VP (voir Joumard/2001/).

Malgré ces écarts sur le parc, les kilométrages annuels parcourus sont proches des ceux estimés par le SES (voir Les comptes des transports/2000/) ou par le CITEPA (Allemand/2000/) sur la période de 1990 à 2000 et les écarts observés sont en général voisins de 5 %, excepté pour les 2-roues (voir le chapitre consacré aux 2-roues).

Par contre, les estimations de trafic à l'horizon 2020 sont très divergentes selon les sources (voir Tableau 23). On rappelle que l'estimation proposée ici pour les VP+VUL a été élaborée à partir des scénarios d'évolution de la demande de transport à l'horizon 2020 relative à la circulation des ménages. Pour cela, nous avons donc affecté une part de la circulation VUL à la circulation des ménages. Cette part a donc été soustraite à la circulation VUL proprement dite : les écarts

observés entre les estimations INRETS et CITEPA proviennent précisément de cette fraction : si la fraction VUL affectée aux ménages est comptée avec le kilométrage VP, les estimations sont cohérentes sur les kilométrages des ménages, mais notre kilométrage est largement sous-estimé pour les VUL. Si cette part est affectée au VUL, les kilométrages INRETS et CITEPA sont voisins pour les VUL, mais c'est alors la circulation des voitures particulières que nous sous-estimons. On retrouve une fois de plus le problème de l'affectation des véhicules à un parc. De plus, il semble que les coefficients de survie pour les VUL déterminés par Bourdeau/98/ sont légèrement sous-estimés puisque le parc VUL de Bourdeau est de 4111 milliers de véhicules alors que le même parc est estimé à 4896 milliers de véhicules en 1996. Le manque d'information sur cette catégorie ne nous a pas permis d'améliorer les propositions de Bourdeau et il faut donc considérer notre proposition de projection comme étant faible par rapport au scénario médian proposé par le ministère de l'équipement et des transports. D'autre part, l'absence de clarté des autres prévisions sur les affectations des véhicules à des parcs VP et/ou VUL ne permettent pas de savoir dans quelle mesure l'estimation INRETS est faible pour les VUL.

	CITEPA	MEET	notre estimation (INRETS)
VP+VUL	730	494	687
PL	46,8	72	36
2-roues	15,4	-	15,5

Tableau 23 - Comparaison des prévisions de demande de transports (milliards de km/an) selon plusieurs sources à l'horizon 2020.

Par contre, on note que l'estimation INRETS est également faible en ce qui concerne la circulation des Poids-Lourds (voir le chapitre consacré à ce mode de transport). Ce résultat est dû en partie au choix d'un scénario faible d'évolution de la demande de transport pour ce mode. De plus, nous avons tenté de tenir compte du fait que les kilométrages parcourus augmentent moins vite que les tonnages transportés (unités d'expression de la demande de transport) ce qui explique la position de notre projection par rapport à celle du CITEPA par exemple. Ces choix ont été retenus afin de prendre en compte certaines évolutions relevées depuis l'élaboration des scénarios du SES (tentative de développement du ferroutage en France) et pour inclure la marge d'amélioration de la logistique transport.

	1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Parc (milliers de véhicules)							
VP+VUL	15292	16760	21895	24856	27930	28525	28676
PL	428	438	483	490	513	481	483
2-roues	8923	8089	5953	4050	3113	2623	2773
Kilomètres parcourus par an (milliard de km)							
VP+VUL	176,39	193,78	261,56	305,66	369,82	405,55	443,83
PL	22,70	23,16	25,74	25,99	28,58	26,55	28,18
2-roues	26,91	24,99	19,74	15,28	13,10	12,23	13,48
% de km parcourus en milieu urbain							
VP+VUL	36	36	35	34	33	32	30
PL	19	19	20	21	21	20	18
2-roues	75	73	68	60	54	50	46
% de km parcourus sur autoroute							
VP+VUL	3	5	9	13	17	22	22
PL	5	7	13	19	25	32	34
2-roues	1	1	3	6	10	14	14

Tableau 24 - Évolution des parcs, des kilométrages et de la répartition par type de voirie pour les INRETS).

5.2. Évolution des émissions du transport routier en France

Le parc détaillé dont nous disposons nous permet d'effectuer un inventaire national d'émissions. Cet inventaire est réalisé à l'aide du logiciel Copert III développé par le LAT. Il est réalisé par pas de temps de cinq ans sur la période de 1975 à 2020. Les données de parc, d'utilisation et de répartition par voirie sont les données INRETS présentées dans ce rapport. Elles tiennent compte des évolutions sur la période considérée. Les données de température et pression sont celles de Copert III pour la France. Pour les données de démarrage à froid, on utilise les données proposées dans Copert III malgré les polémiques qui les entourent. Ces données devront sans doute être revues lorsque la question de méthode aura été tranchée par les spécialistes. Dans cette attente, on s'abstient de toute modification de ces valeurs et on ne prévoit donc pas de variation (par ailleurs très délicate à prévoir) des longueurs de trajets à froid, du nombre de trajets par jour ou d'autres facteurs influençant ce type d'émission. Les réglementations futures considérées sont les réglementations Euro 3 et Euro 4. Les facteurs d'émissions correspondant à ces normes sont obtenus en multipliant les facteurs actuels par un coefficient de réduction. On ne tient pas compte de l'introduction du filtre catalytique pour les diesel, qui permet d'abaisser bien au delà des normes prévues les émissions de particules, ni de la climatisation qui accroît très fortement les émissions de polluants, notamment pour les véhicules essence, cf. Barbusse/98/. Les émissions de NOx et HC (ou COV) sont exprimées resp. en équivalent NO₂ et CH_{1,85}.

Les figures suivantes (Figure 14, Figure 15, Figure 16) et l'Annexe 3 montrent l'évolution des polluants CO, HC, NOx, CO₂ et des particules sur la période étudiée, présentées sous forme synthétique et relative Figure 17. Les émissions de CO et HC ont connu une relative stabilité au cours des années 70 et 80, tandis que les émissions de NOx et surtout de particules ont assez fortement augmenté. Par la suite ces émissions connaissent une décroissance jusqu'en 2010, particulièrement importante pour CO et HC. Après cette date, les tendances ne sont guère significatives car il n'est pas possible de prévoir correctement les réglementations qui seront en vigueur ou les technologies (hybrides...). Les émissions de CO₂ augmentent en revanche assez linéairement au cours de l'ensemble de la période étudiée, cependant légèrement moins vite que la mobilité. Cette augmentation serait supérieure si l'on tenait compte de la climatisation.

En Annexe 4, on récapitule les émissions totales pour ces polluants en décomposant la part d'émission selon le type de voirie. On ne constate pas de modification tranchée dans la répartition des émissions par type de voirie entre les années 2000 et 2020, excepté pour les particules, pour lesquelles on observe une réduction de la part autoroutière au profit de la part urbaine. En 2020, les émissions de CO, HC et particules sont émises majoritairement en zone urbaine, alors que les émissions de NOx et CO₂ sont plus importantes en extra-urbain.

En Annexe 5, on présente l'évolution de la contribution de chaque mode de transport aux émissions globales annuelles. Pour le CO, la contribution essentielle provient des véhicules légers et cette contribution diminue du fait de la réduction de leurs facteurs unitaires d'émission. De ce fait, la contribution des 2-roues devrait donc légèrement augmenter dans les prochaines années, pour atteindre près du quart. Pour les NOx, les émissions sont liées aux deux tiers à la circulation des véhicules légers et au tiers aux poids-lourds, cette répartition restant relativement stable dans le temps. Pour les HC, les émissions proviennent essentiellement des véhicules légers (véhicules essence), mais la part liée aux 2-roues devrait fortement augmenter dans les prochaines années. Les émissions des particules étaient initialement dues au seul trafic de poids-lourds, mais la très forte diésélisation du parc des véhicules légers a fait que la contribution de ce

secteur est devenue largement prépondérante ces dernières années. Cette tendance semble se poursuivre dans l'avenir du fait de l'augmentation très forte de la circulation des véhicules légers par rapport aux poids-lourds. La part d'émission des poids-lourds se réduirait donc très fortement. Enfin, les émissions de CO₂, en augmentation constante, sont essentiellement liées à la circulation des véhicules légers.

Globalement, le secteur le plus émissif est celui qui roule le plus (véhicules légers). Les prévisions de la demande de transport à l'horizon 2020 prévoient encore un accroissement de la part modale de ces véhicules. Les émissions devraient donc toujours être émises majoritairement par ce type de véhicule et la réduction des facteurs unitaires d'émission ne saurait couvrir la différence de kilométrage parcouru par ce secteur par rapport aux autres.

Par ailleurs la part des surémissions à froid dans l'ensemble des émissions est de l'ordre du tiers, avec des variations importantes selon les polluants (cf. Tableau 25) allant de 5 à 50 %. Sachant que ces chiffres intègrent les émissions de tous les modes routiers, mais que seules les émissions à froid des véhicules légers sont calculées par le modèle d'émissions, il est certain que ces chiffres sont beaucoup plus élevés pour les véhicules légers. Notons aussi la part non négligeable des évaporations d'hydrocarbures en provenance des véhicules légers et des 2-roues.

Polluant	Émission à chaud	Surémission à froid	Évaporation
CO	50	50	-
COVNM	45	29	26
NOx	95	5	-
CO ₂	91	9	-
PM	76	24	-
Benzène	48	45	7

Tableau 25 - Contribution en % des différents types d'émission dans l'inventaire national, tous modes confondus, pour l'année 2000.

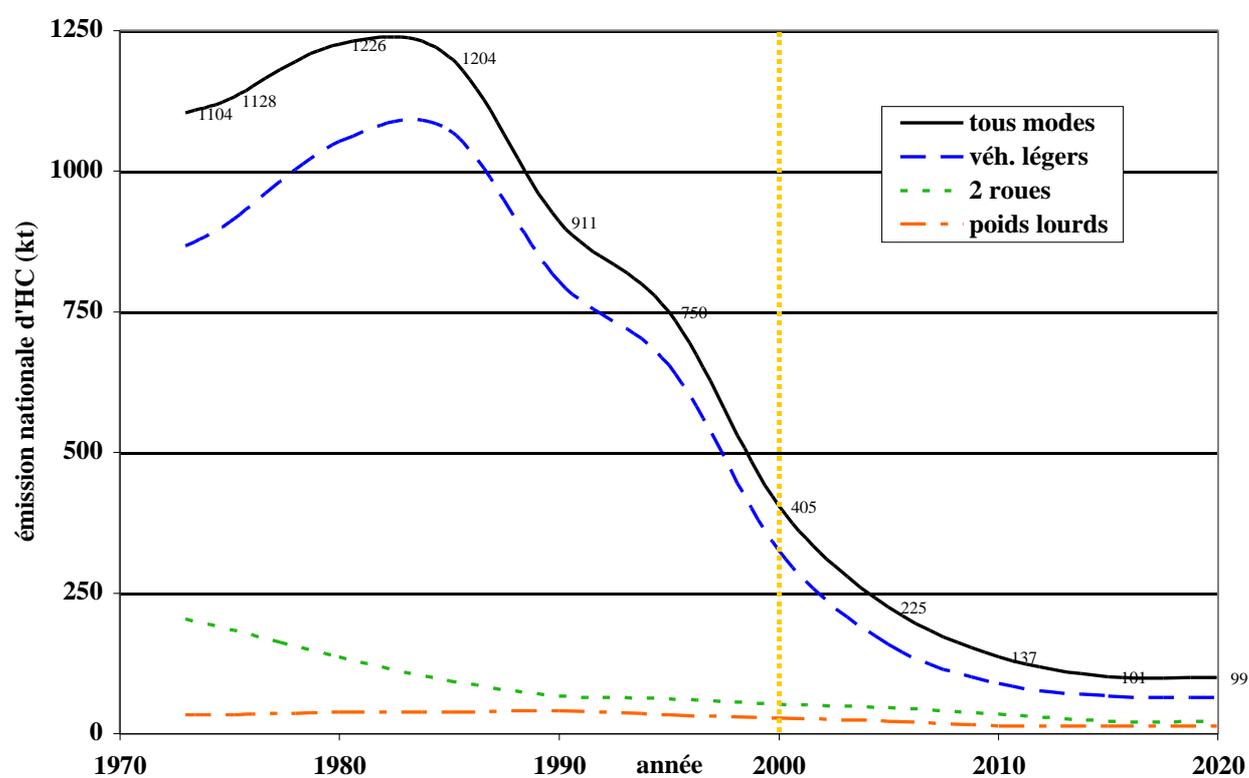
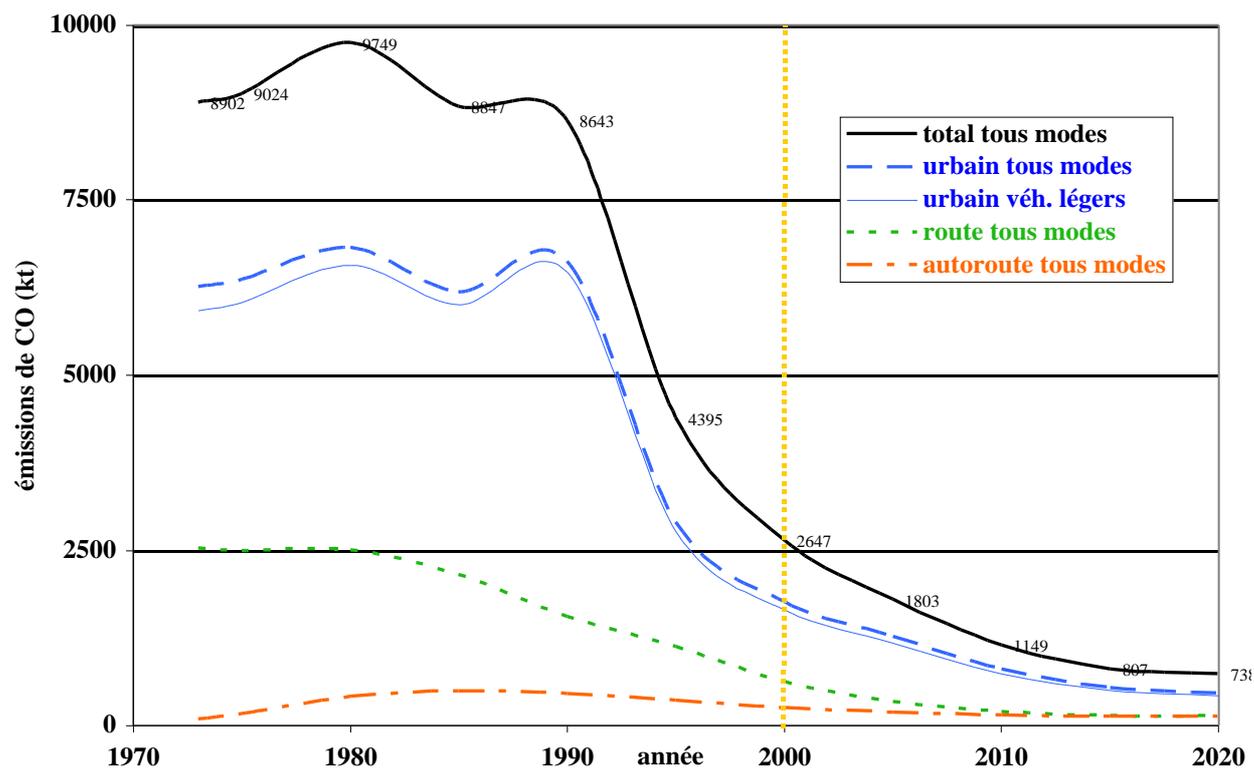


Figure 14 - Évolution des émissions du trafic routier en France de 1973 à 2020 pour les polluants CO et HC.

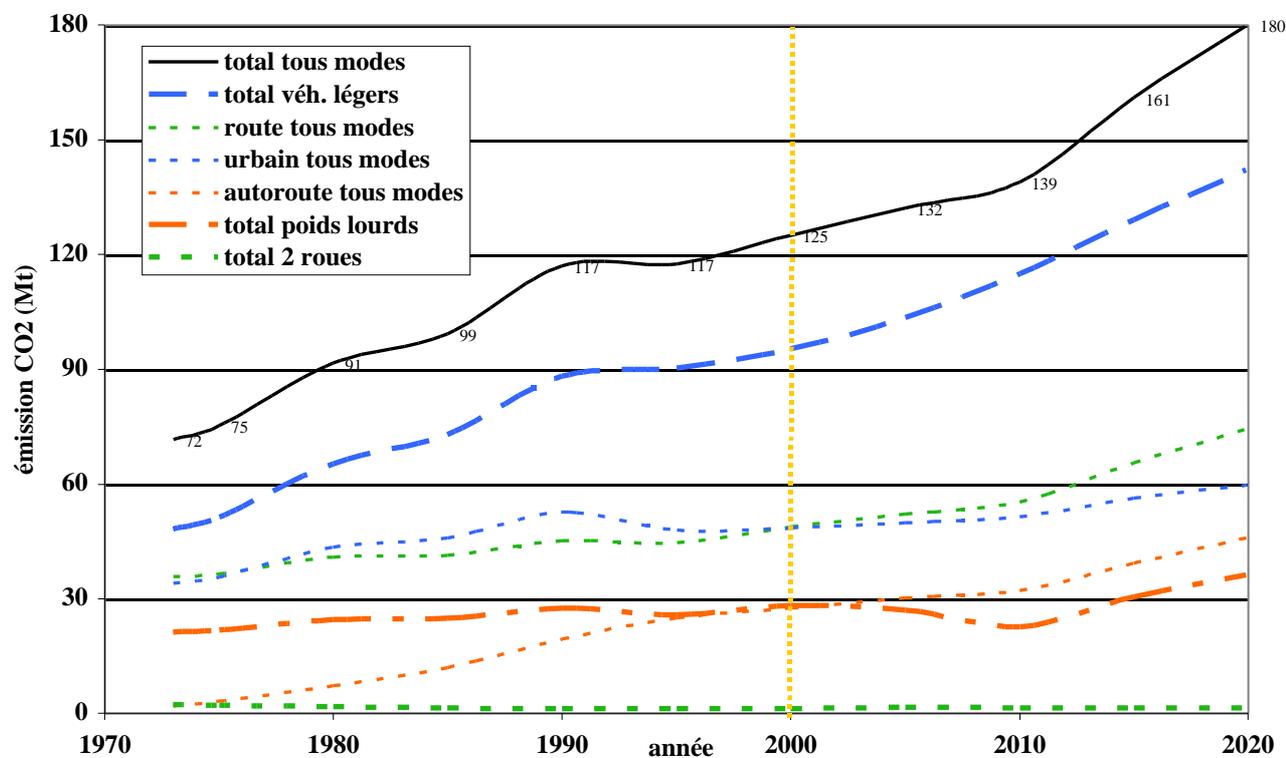
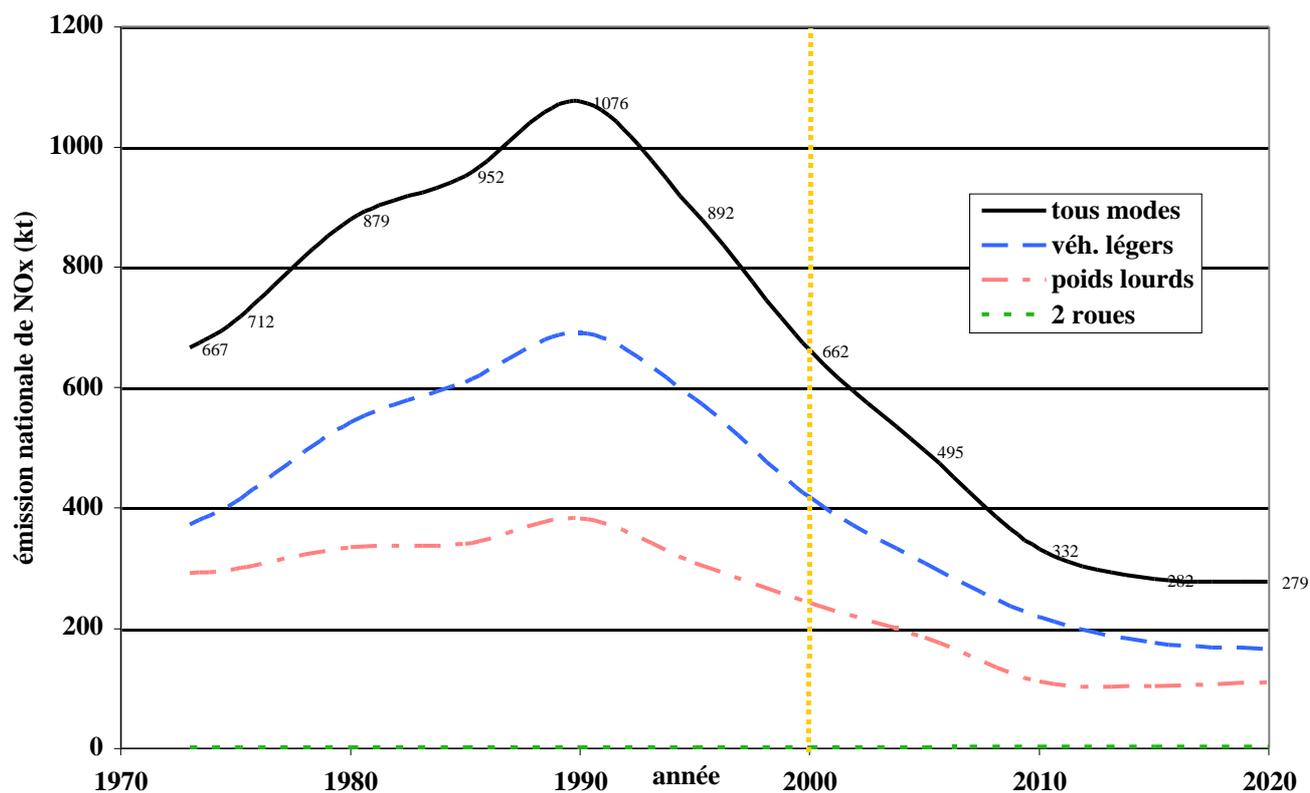


Figure 15 - Évolution des émissions du trafic routier en France de 1973 à 2020 pour les polluants NOx et CO₂.

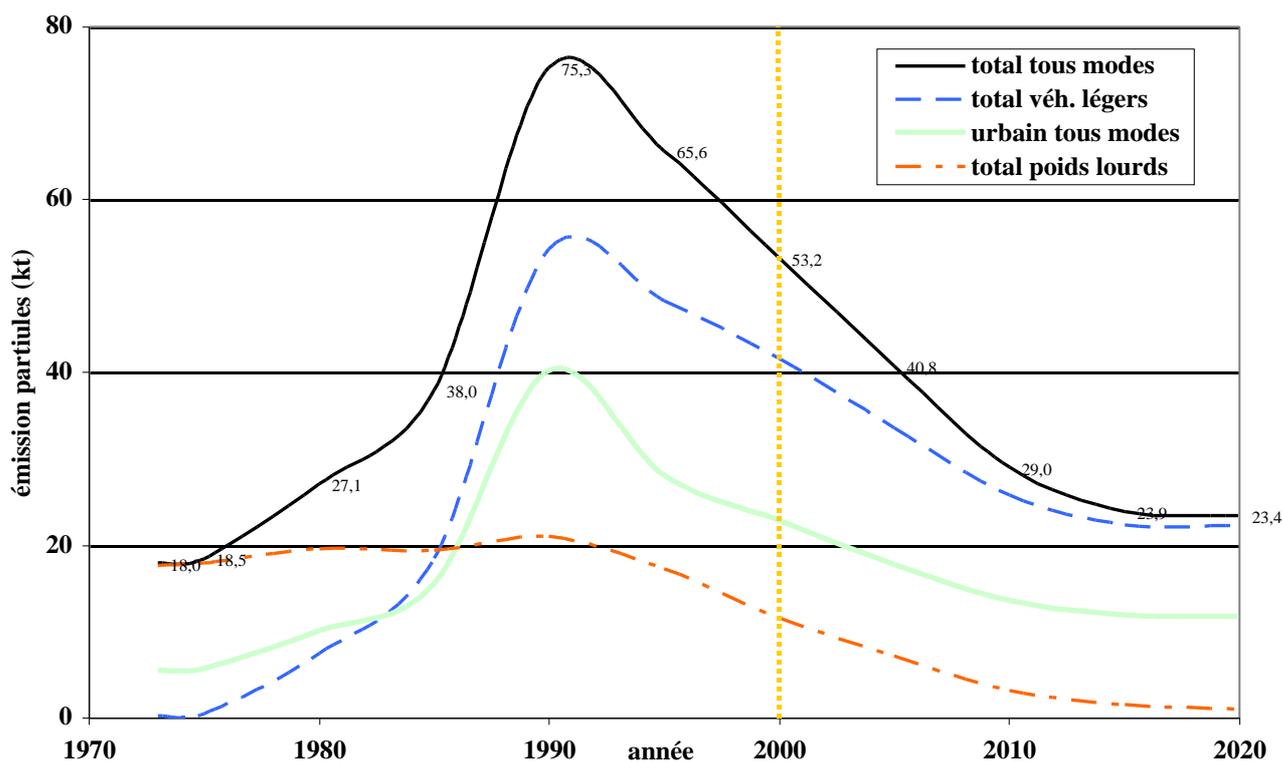


Figure 16 - Évolution des émissions du trafic routier en France de 1973 à 2020 pour les particules.

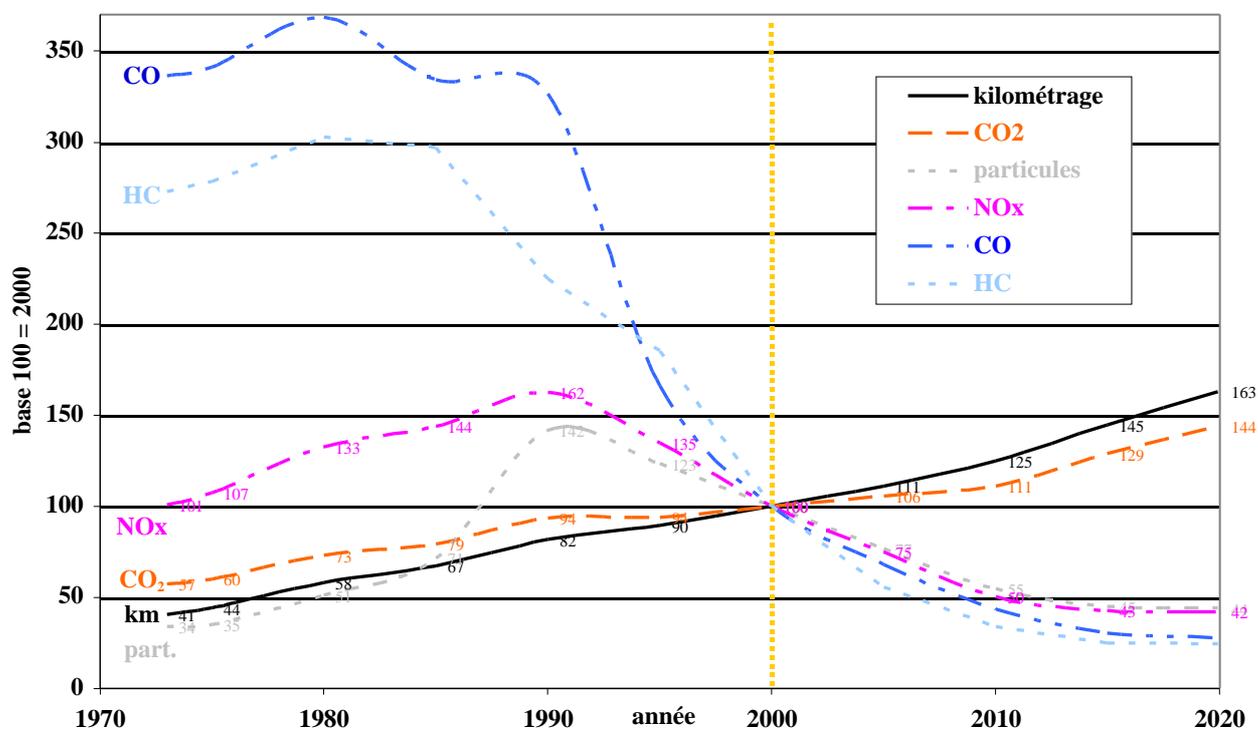


Figure 17 - Évolution relative par rapport à 2000 des émissions de l'ensemble du trafic routier français de 1973 à 2020.

6. Émissions unitaires agrégées

Un facteur unitaire agrégé d'émission, ou émission unitaire moyenne, en g/km, est obtenu en divisant les émissions totales par le nombre annuel de kilomètres parcourus, pour un trafic donné. Il inclut les différents types d'émission : émission à chaud, émission à froid, évaporation... Il est également une moyenne des différents véhicules rencontrés sur le type de voie considéré et intègre donc la structure du parc. On récapitule ces facteurs agrégés en Annexe 6 pour chaque polluant et chaque type de conduite. Ils sont présentés sous forme graphique Figure 18, Figure 19, Figure 20, Figure 21 et Figure 22 resp. pour CO, HC, NOx, CO₂ et les particules.

Ces facteurs unitaires sont très intéressants à plusieurs titres. Ils permettent de comparer facilement les émissions du véhicule moyen de chacun des trois modes de transport envisagés. De plus, ils permettent d'obtenir très rapidement un ordre de grandeur des émissions pour un trafic donné. Néanmoins, comme ces facteurs sont très intégrés, il est important de souligner leurs limites d'utilisation. Comme ils intègrent la structure du parc, ces facteurs ne peuvent être utilisés pour prévoir les émissions d'un parc ayant une structure différente quant à l'âge moyen des véhicules, le taux de diésélisation ou le kilométrage annuel.... Ils résultent également d'une moyenne annuelle et ne peuvent donc servir à des bilans d'émissions sur des échelles de temps plus limitées (effet des saisons, mobilité variable selon les jours de la semaine...). Ils ne sont également pas adaptés pour réaliser des bilans à de petites échelles spatiales, la structure des parcs, de la mobilité et des conditions climatiques étant trop éloignée d'une moyenne nationale.

En toute rigueur, il ne faudrait donc pas appliquer les facteurs unitaires agrégés à des échelles spatiales trop petites. Mais en l'absence de données locales précises sur l'ensemble des modes, sur les températures de fonctionnement des véhicules ou les évaporations, les facteurs agrégés proposés ici permettent néanmoins de donner un ordre de grandeur des émissions dans une rue, sur une base, certes à larges échelles temporelle et spatiale, mais particulièrement solide et bien documentée.

6.1. Émissions unitaires en 2000

On compare les facteurs d'émission moyens des différents modes de transport pour l'année de référence 2000. Pour le CO, on remarque que les facteurs les plus élevés sont ceux relatifs aux 2-roues. Ces derniers sont très élevés quel que soit le type de conduite, alors que pour les véhicules légers, les valeurs d'émission ne restent très élevées que pour la conduite urbaine.

Pour les NOx, on constate qu'un poids-lourds émet plus de dix fois plus qu'une voiture en condition urbaine. Les émissions unitaires des 2-roues sont très faibles par rapport aux autres modes de transport pour ce polluant.

Les émissions urbaines de HC sont du même ordre pour les poids-lourds et pour les voitures, alors que celles d'un 2-roues sont trois fois plus élevées. Si on compare les véhicules légers aux poids-lourds, les émissions extra-urbaines des premiers sont près de deux fois moins importantes, ce qui traduit les effets de la diésélisation du parc des VP et des performances des systèmes de dépollution.

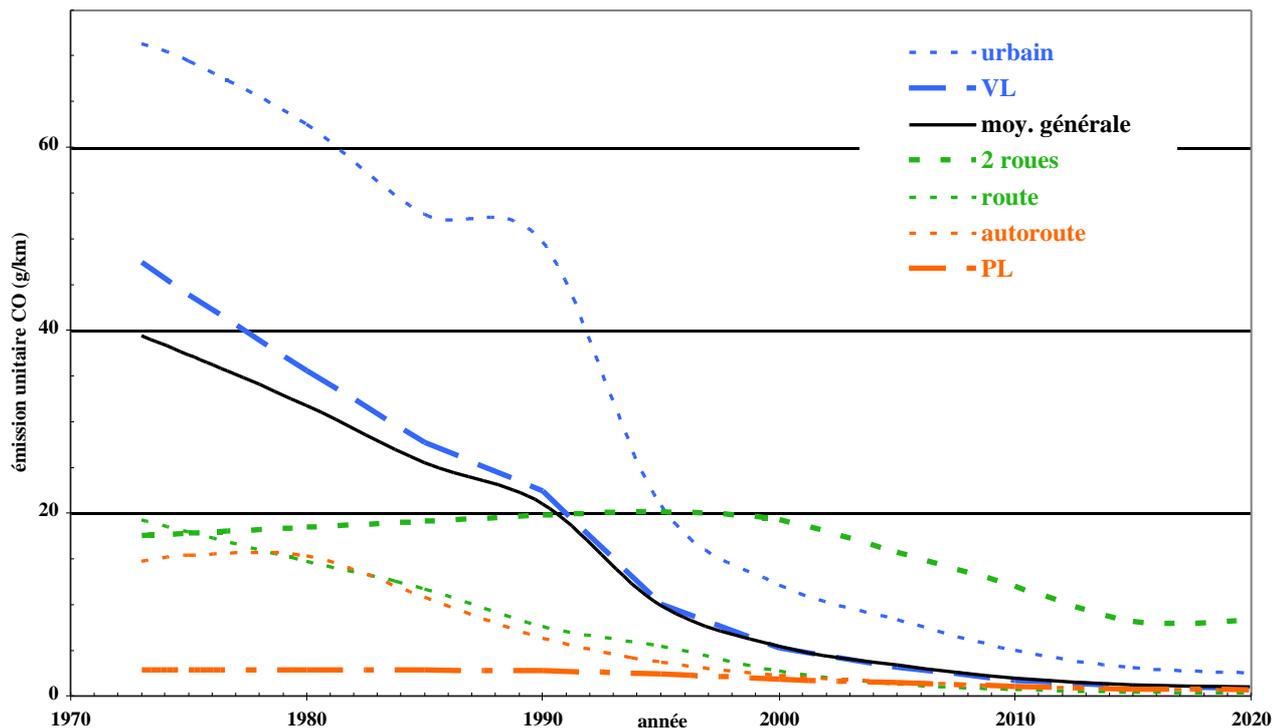


Figure 18 - Évolution des facteurs moyens d'émission de CO par mode et par type de voirie.

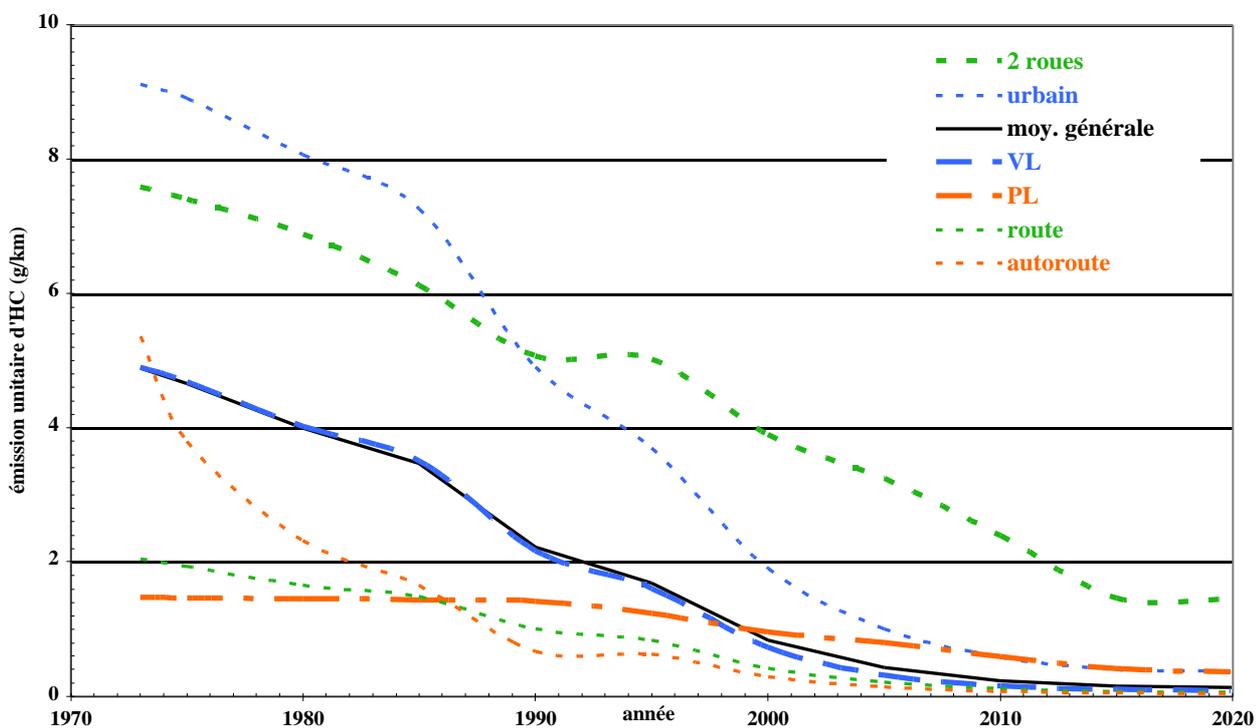


Figure 19 - Évolution des facteurs moyens d'émission d'HC par mode et par type de voirie.

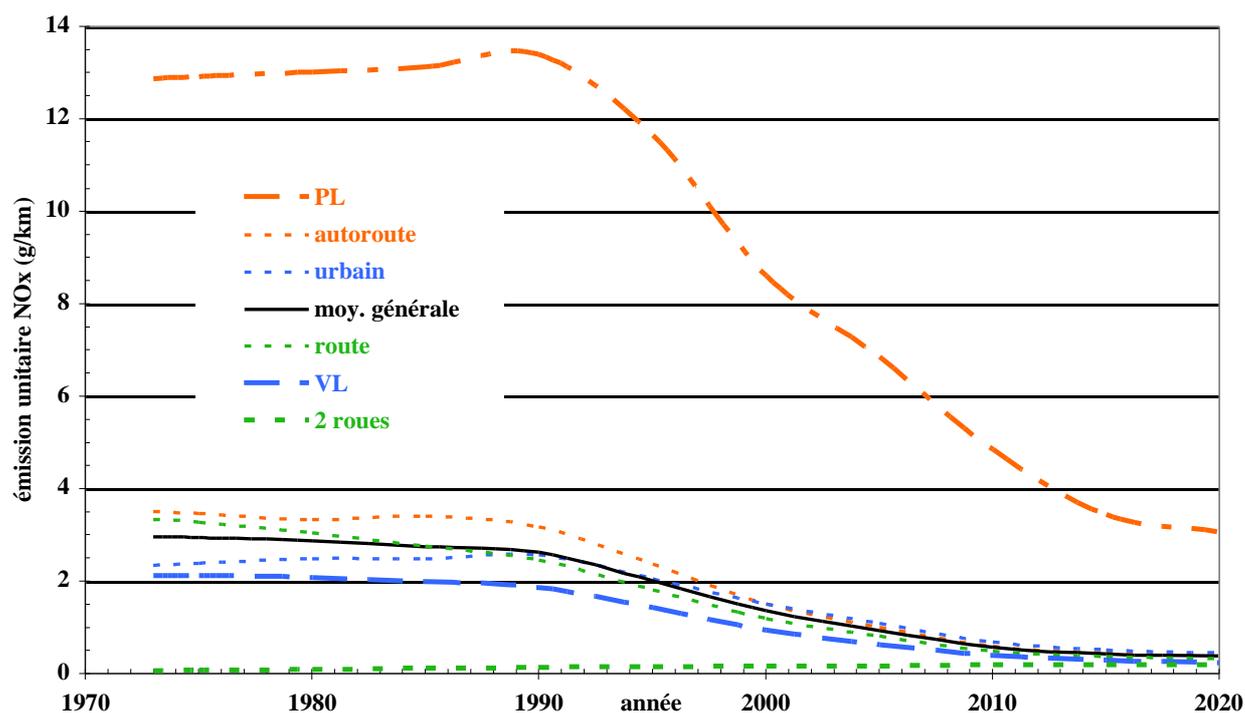


Figure 20 - Évolution des facteurs moyens d'émission de NOx par mode et par type de voirie.

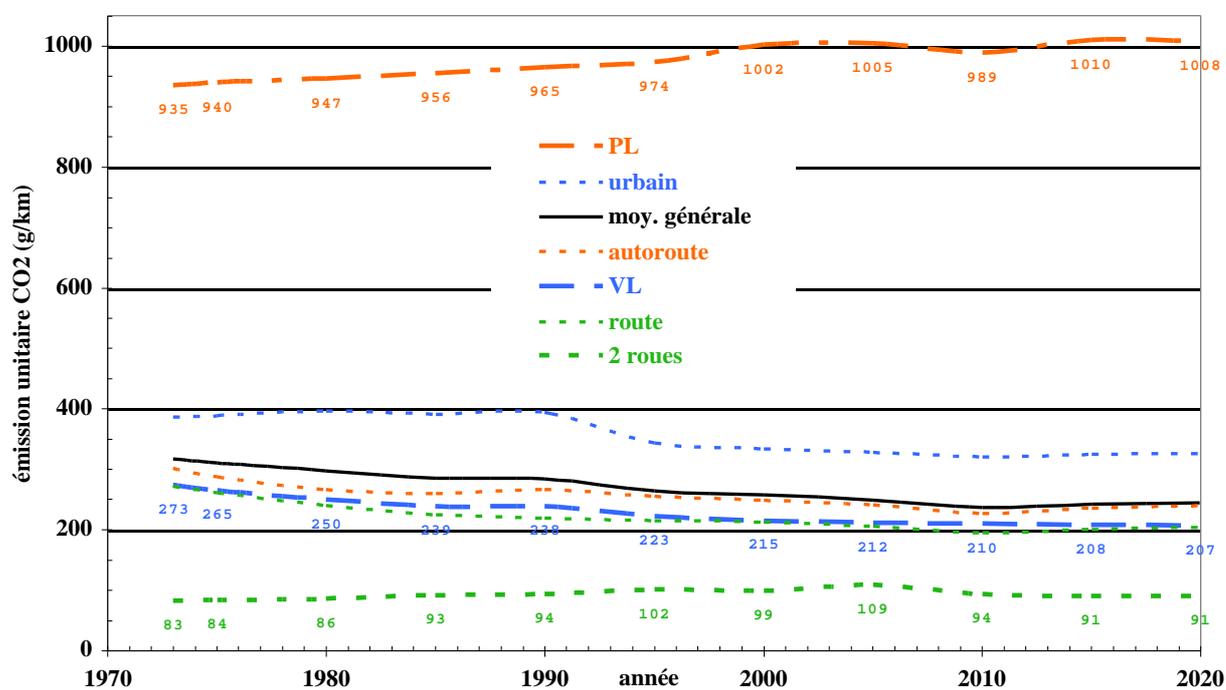


Figure 21 - Évolution des facteurs d'émission moyens de CO₂ par grand type de véhicule routier.

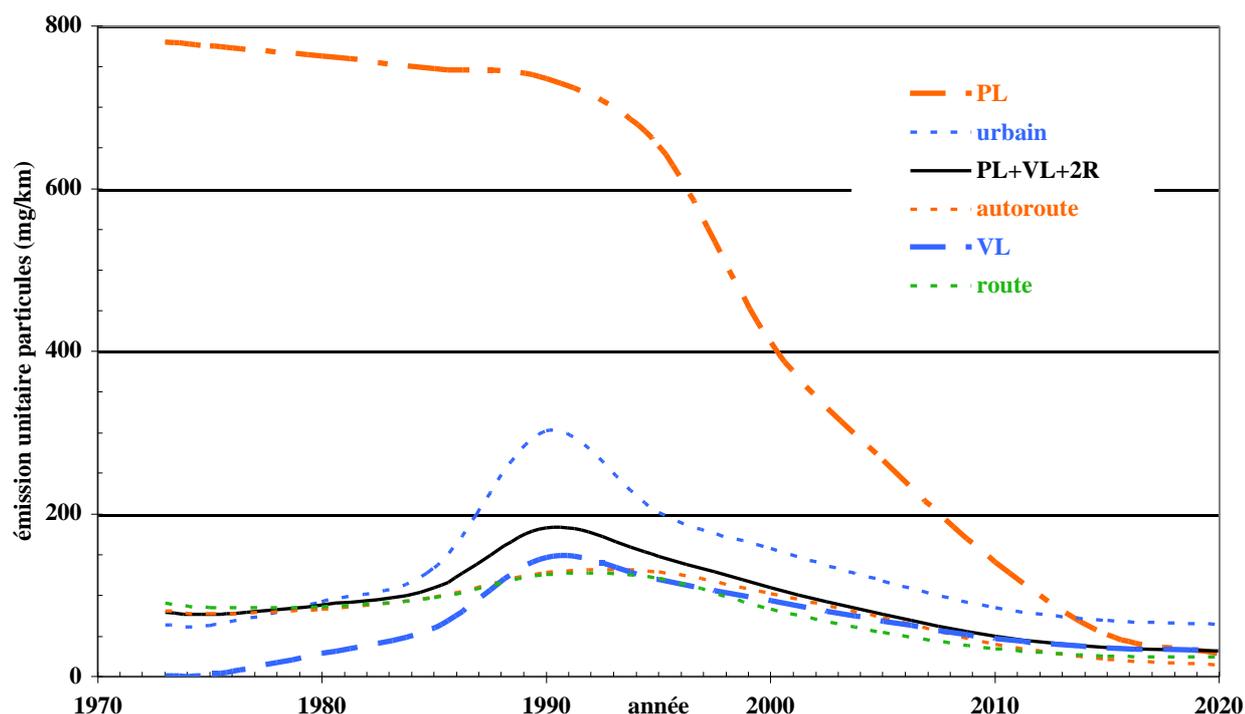


Figure 22 - Évolution des facteurs moyens d'émission de particules par mode et par type de voirie.

En ce qui concerne les particules, l'émission des 2-roues est nulle (pas de facteur d'émission pour ce mode de transport). Pour ce polluant, le poids-lourd est le type de véhicule le plus émetteur, ce qui semble normal compte tenu de l'effet de taille et de la prépondérance du diesel pour ce type de véhicule. Mais l'évolution des facteurs unitaires relatifs aux véhicules légers montrent nettement l'impact de la structure du parc (diésélisation du parc).

Enfin, pour le CO₂, l'effet de taille des véhicules est prépondérant quel que soit le type de conduite.

6.2. Évolution des facteurs d'émission

La plupart des facteurs moyens d'émission connaissent une décroissance au moins depuis le début de notre période d'étude (1973), décroissance qui s'est accélérée à partir de 1990 à la suite de la forte sévérisation des normes pour les véhicules légers, et de la diésélisation de ce parc qui a eu un effet positif sur les émissions de CO et HC.

La situation est un peu différente pour les particules, où l'on voit l'impact négatif de la diésélisation des véhicules légers combiné à des améliorations technologiques significatives qui prennent le dessus à partir de 1990.

Les effets d'inertie du parc semblent donc dépassés et la baisse amorcée devrait se poursuivre avec l'adoption de réglementations toujours plus sévères. Les facteurs moyens d'émission des 2-roues ont tendance à diminuer faiblement en ville et sur route, mais à augmenter pour tous les polluants (sauf le CO₂) en condition autoroutière. Mais la part de circulation de ce mode de

transport est trop faible pour que ce phénomène soit perceptible sur les émissions totales.

Quant au CO₂, les émissions unitaires des 2-roues et des poids lourds augmentent en moyenne significativement, avec des augmentations de 1973 à 2000 resp. de 19 et 7 %, dues essentiellement à l'augmentation de la taille des véhicules (masse, puissance...). La situation devrait continuer à se dégrader pour les poids lourds et se stabiliser pour les 2-roues. En revanche les émissions moyennes des véhicules légers ont connu une baisse non négligeable (de 21 % de 1973 à 2000), qui devrait se poursuivre à un rythme plus modéré (-4 % au cours des vingt ans à venir).

Il faut noter que nous n'avons tenu compte dans cette étude ni de l'introduction du filtre à particules catalysé, déjà présent sur le marché, ni de l'impact de la climatisation automobile, qui équipe aujourd'hui une majorité de véhicules neufs. Les émissions unitaires moyennes de particules devraient donc baisser plus rapidement qu'indiqué, car le filtre a une efficacité de 99,9 %, tandis que les émissions unitaires moyenne de CO₂ devraient connaître une décroissance moins rapide que prévu, voire une croissance.

6.3. Facteurs d'émissions pour enquêtes épidémiologiques

Les émissions unitaires ou facteurs d'émission agrégés présentés ci-dessus permettent de calculer les émissions d'un trafic quelconque, d'en déduire la qualité de l'air par modélisation simplifiée et finalement l'exposition passée d'un sujet pour autant que l'on connaisse ses adresses passées et les trafics des voies proches. Ces émissions unitaires (présentés en Annexe 6 et partiellement de la Figure 18 à la Figure 22) sont exprimées prioritairement en fonction du trafic total (véhicules légers, poids lourds et 2-roues motorisés : courbes continues noires des figures). Cela permet de calculer une émission à partir de la donnée la moins détaillée et sans doute la plus abondante, en faisant l'hypothèse que les distributions des différents modes correspondent aux moyennes nationales, que ce soit en urbain, sur route, sur autoroute, ou globalement toutes voiries confondues. Cependant, on peut avoir localement des variations importantes des taux de poids lourds. Un calcul plus détaillé est alors possible en fonction de chacun des trafics de véhicules légers, de poids lourds, et de 2-roues motorisés, en leur appliquant les facteurs d'émission correspondants donnés en Annexe 6.

Il est aussi possible que seul le trafic cumulé de véhicules légers et de poids lourds soit connu (hors 2-roues). Il est alors nécessaire de calculer l'émission totale (2-roues compris) en fonction de ce seul trafic cumulé VL+PL : les émissions unitaires agrégées correspondantes sont données en Annexe 7. Ce sont donc des facteurs d'émission hybrides, exprimant l'émission des trois modes en fonction du trafic des deux modes principaux. Ces émissions agrégées hybrides sont supérieures de 1 à 23 % aux émissions agrégées exprimées en fonction du trafic total (2-roues compris, cf. plus haut), ce qui correspond bien-sûr à la part des 2-roues dans chacun des trafics.

7. Conclusion

La modélisation des parc et trafic français effectué par Bourdeau en 1998 a été reprise et améliorée sur certains points. Les données d'immatriculations ont été mise à jour et un sous-modèle 2-roues a été intégré. L'organisation des données a été reprise de façon à adapter les sorties du modèle au format nécessaire pour le calcul d'émission selon la dernière méthodologie européenne. On dispose ainsi d'une modélisation transparente et performante de l'ensemble du parc statique français ainsi que du trafic, détaillés selon trois types d'usage et de multiples catégories de véhicule. Un scénario d'évolution a été proposé pour chacun des paramètres du modèle de façon à pouvoir projeter les données de parc et de mobilité à l'horizon 2020 en conservant le niveau de détail requis pour l'estimation des émissions. Ces projections ont été réalisées en assurant la cohérence des indicateurs de mobilité obtenus par le modèle avec ceux issus d'analyses prospectives socio-économiques.

Ce travail de décomposition permet d'effectuer des bilans annuels d'émission de polluants en fonction du modèle détaillé adapté spécifiquement au parc français et en utilisant la méthodologie européenne la plus récente (Copert 3). Les évolutions sont favorables pour tous les polluants, gaz carbonique mis à part. Les améliorations technologiques des véhicules induisent une diminution importante des émissions unitaires de polluant qui compense largement l'augmentation de la mobilité. Les quantités de polluants rejetés, en diminution sensible depuis quelques années, devraient encore décroître notablement dans la décennie prochaine.

Seules, les émissions de dioxyde de carbone augmentent tout au long de la période de projection.

Les émissions ainsi obtenues ont été ensuite ramenées aux données de mobilité de façon à évaluer des coefficients d'émission unitaires agrégés, c'est à dire intégrant les paramètres des modèles de parc et d'émission. Ces facteurs permettent d'estimer rapidement des ordres de grandeur des émissions, par exemple pour effectuer une comparaison rapide de différentes solutions de transport, ou pour évaluer a posteriori les émissions à proximité des lieux de vie lors d'enquêtes épidémiologiques.

Le modèle de parc nécessite une mise à jour régulière des données d'entrée car la dérive de certains paramètres sensibles du modèle détaillé - comme les coefficients de survie - peut engendrer des variations sensibles des résultats, en particulier sur des horizons proches. Les résultats ainsi présentés ne doivent donc être pris que comme des tendances.

De plus, les apports de la dernière méthodologie de calcul d'émission (MEET) n'ont pas été totalement intégrés dans Copert 3 ; il serait donc particulièrement intéressant de les introduire dans les bilans d'émissions afin d'en évaluer finement l'impact. Enfin il serait très intéressant de tenir compte de l'introduction actuelle des filtres catalytiques diesel et de l'influence des auxiliaires sur les émissions, particulièrement importante pour la climatisation automobile aujourd'hui largement diffusée.

Annexe 1 : rappels sur les coefficients de survie

La méthode de Bourdeau/98/ se fonde sur l'extrapolation des immatriculations pour les années à venir et sur le calcul du parc statique à partir des immatriculations annuelles et des coefficients de survie à un âge donné.

Pour les voitures particulières, ces coefficients sont déduits d'analyses statistiques d'échantillons (voir Gallez/94/, Gallez/2000/)).

Le coefficient de survie correspond en fait au taux de véhicules survivant à un âge donné. Il est calculé par une loi identique à celle proposée par Gallez/94/ pour les voitures particulières.

$$S(a) = 1 - \frac{\phi(a, m, \sigma)}{\phi(A, m, \sigma)}$$

où :

- ϕ est une loi log-normale.
- A est l'âge limite de survie, au delà duquel on considère que tous les véhicules ont disparu.
- (m, σ) sont respectivement la moyenne (abscisse du point d'inflexion de la courbe de survie) et l'écart type de la loi normale associée.

Ces valeurs nous permettent de calculer ensuite l'âge modal, médian et moyen des véhicules dans le parc à partir des relations suivantes:

- modal : $A_{\text{mode}} = e^{(m-\sigma^2)}$
- médian : $A_{\text{médian}} = e^m$
- moyen : $A_{\text{moyen}} = e^{(m+\sigma^2/2)}$

Pour les autres modes de transports, ils ont été évalués par Bourdeau et on récapitule leur valeur par classe d'âge dans le Tableau 26.

âge des véhicules	VUL	Bus et autocars	Camions	Tracteurs
29	0	0	0	0
28	0	0,008	0	0
27	0	0,017	0	0
26	0	0,025	0	0
25	0	0,047	0	0
24	0	0,065	0	0
23	0	0,1	0,005	0
22	0	0,17	0,01	0
21	0,046	0,265	0,019	0
20	0,135	0,398	0,03	0,021
19	0,201	0,485	0,05	0,048
18	0,271	0,5505	0,088	0,087
17	0,325	0,5957	0,16	0,143
16	0,352	0,6387	0,265	0,23
15	0,386	0,6795	0,375	0,355
14	0,424	0,7181	0,54	0,548
13	0,462	0,7545	0,69	0,645
12	0,53	0,7887	0,789	0,715
11	0,587	0,8207	0,83	0,769
10	0,634	0,8505	0,87	0,815
9	0,698	0,8781	0,91	0,85
8	0,761	0,9035	0,93	0,885
7	0,792	0,925	0,955	0,912
6	0,837	0,9495	0,97	0,935
5	0,888	0,959	0,98	0,955
4	0,911	0,972	0,983	0,975
3	0,918	0,98	0,985	0,985
2	0,945	0,991	0,985	0,992
1	0,963	0,994	0,99	0,995
0	1	1	1	1

Tableau 26 - Taux de survie (%) des véhicules en fonction de leur âge.

Annexe 2 : Évolution des trafics par type de voirie et de véhicule

Année		1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
trafic (milliard km)								
urbain	VP+VUL	63,3	69,0	90,5	102,9	120,4	128,0	134,0
	PL	4,3	4,4	5,2	5,5	5,9	5,3	5,1
	2-roues	20,2	18,3	13,4	9,2	7,1	6,1	6,2
	tous modes	87,9	91,7	109,2	117,5	133,5	139,4	145,2
route	VP+VUL	107,9	115,9	148,1	163,1	185,6	190,1	210,3
	PL	17,3	17,1	17,1	15,5	15,4	12,8	13,5
	2-roues	6,5	6,4	5,7	5,1	4,7	4,5	5,4
	tous modes	131,7	139,4	170,9	183,8	205,7	207,3	229,3
autoroute	VP+VUL	5,1	8,9	23,0	39,7	63,8	87,5	99,5
	PL	1,0	1,7	3,4	5,0	7,3	8,5	9,5
	2-roues	0,2	0,3	0,6	0,9	1,3	1,7	1,9
	tous modes	6,3	10,8	27,0	45,6	72,3	97,6	111,0
toutes voies	VP+VUL	176,4	193,8	261,6	305,7	369,8	405,5	443,8
	PL	22,7	23,2	25,7	26,0	28,6	26,6	28,2
	2-roues	26,9	25,0	19,7	15,3	13,1	12,2	13,5
	tous modes	226,0	241,9	307,0	346,9	411,5	444,3	485,5

Annexe 3 : Évolution des émissions nationales par type de voirie

Année		1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
CO (kt)								
urbain	VP+VUL	5920	6039	6571	6006	6468	2776	1651
	PL	21	22	26	27	29	23	16
	2-roues	330	301	226	159	126	109	102
	tous modes	6271	6362	6823	6193	6624	2908	1769
route	VP+VUL	2358	2320	2351	2017	1427	1008	503
	PL	43	42	42	38	38	28	22
	2-roues	136	134	120	106	96	90	100
	tous modes	2537	2497	2514	2161	1561	1126	625
autoroute	VP+VUL	85	154	389	457	409	300	183
	PL	2	3	6	9	13	14	13
	2-roues	6	10	18	27	37	47	57
	tous modes	93	166	413	493	458	361	253
toutes voies	VP+VUL	8364	8513	9311	8481	8305	4084	2337
	PL	66	67	74	74	80	64	51
	2-roues	472	445	364	292	259	246	259
	tous modes	8902	9024	9749	8847	8643	4395	2647

Suite Annexe 3

Année		1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
HC (kt eq. CH_{1,85})								
urbain	VP+VUL	616,5	649,4	756,1	767,0	589,5	458,0	230,3
	PL	11,6	11,8	14,1	14,6	16,1	12,7	9,2
	2-roues	173,3	155,5	110,8	73,0	49,4	44,2	36,6
	tous modes	801,4	816,7	881,0	854,6	655,0	514,9	276,1
route	VP+VUL	218,1	220,7	238,1	236,1	173,0	145,2	71,9
	PL	21,2	20,9	20,9	19,0	18,8	14,1	12,0
	2-roues	29,4	28,2	23,5	18,6	15,3	14,3	12,5
	tous modes	268,7	269,8	282,5	273,7	207,1	173,6	96,4
autoroute	VP+VUL	31,8	38,3	58,1	69,4	41,1	52,1	23,4
	PL	0,8	1,3	2,7	4,0	5,8	6,2	5,8
	2-roues	1,4	1,5	1,7	2,0	1,8	3,0	3,4
	Tous mode	34,0	41,1	62,5	75,4	48,7	61,3	32,6
toutes voies	VP+VUL	866,4	908,4	1052,3	1072,5	803,6	655,3	325,6
	PL	33,6	34,0	37,7	37,6	40,7	33,0	27,0
	2-roues	204,1	185,2	136,0	93,6	66,5	61,5	52,5
	tous modes	1104,1	1127,6	1226,0	1203,7	910,8	749,8	405,1
NOx (kt eq. NO₂)								
urbain	VP+VUL	119,7	130,4	170,5	187,7	227,1	194,3	153,5
	PL	85,1	87,0	99,8	103,2	114,1	90,4	65,8
	2-roues	0,7	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
	tous modes	205,5	218,1	270,8	291,4	341,6	285,1	219,7
route	VP+VUL	240,2	257,5	313,9	314,7	307,7	231,1	158,9
	PL	198,0	197,5	203,6	190,0	196,5	144,5	114,7
	2-roues	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,1
	tous modes	439,2	456,0	518,5	505,7	505,1	376,5	274,7
autoroute	VP+VUL	13,1	22,7	58,0	106,9	156,9	155,4	105,1
	PL	9,0	14,6	31,5	47,8	72,1	74,4	62,2
	2-roues	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
	tous modes	22,2	37,4	89,7	155,0	229,5	230,4	168,0
toutes voies	VP+VUL	373,0	410,6	542,4	609,3	691,7	580,8	417,5
	PL	292,1	299,1	334,9	341,0	382,7	309,3	242,7
	2-roues	1,8	1,8	1,7	1,8	1,8	1,9	2,2
	tous modes	666,9	711,5	879,0	952,1	1076,2	892,0	662,4

Suite Annexe 3

Année		1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
particules (kt)								
urbain	VP+VUL	0,15	0,28	3,81	9,26	33,29	22,38	19,16
	PL	5,43	5,51	6,31	6,45	6,99	5,71	3,68
	2-roues	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	tous modes	5,58	5,79	10,11	15,70	40,28	28,10	22,84
route	VP+VUL	0,11	0,24	3,10	7,30	15,32	17,17	13,79
	PL	11,79	11,65	11,67	10,52	10,44	7,81	5,23
	2-roues	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	tous modes	11,90	11,89	14,77	17,82	25,76	24,99	19,02
autoroute	VP+VUL	0,01	0,02	0,56	2,00	5,64	8,75	8,66
	PL	0,51	0,82	1,69	2,47	3,62	3,80	2,67
	2-roues	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	tous modes	0,51	0,84	2,24	4,47	9,26	12,55	11,33
toutes voies	VP+VUL	0,27	0,55	7,46	18,56	54,26	48,31	41,61
	PL	17,72	17,97	19,66	19,44	21,04	17,32	11,58
	2-roues	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	tous modes	17,99	18,52	27,12	38,00	75,29	65,64	53,18
CO₂ (kt)								
urbain	VP+VUL	26681	28396	35606	38344	44543	40532	41025
	PL	5627	5741	6596	6806	7381	6741	6864
	2-roues	1661	1513	1134	834	680	613	616
	tous modes	33969	35650	43336	45984	52604	47886	48505
route	VP+VUL	20457	21144	25421	26955	30640	32301	35242
	PL	14799	14721	15032	13924	14078	11879	13028
	2-roues	554	548	502	474	399	433	490
	tous modes	35811	36413	40955	41353	45117	44613	48760
autoroute	VP+VUL	1082	1777	4360	7650	12983	17474	19039
	PL	805	1301	2753	4110	6120	7240	8360
	2-roues	20	33	65	106	147	199	229
	tous modes	1907	3111	7178	11866	19250	24913	27628
toutes voies	VP+VUL	48220	51317	65387	72949	88166	90307	95306
	PL	21231	21763	24381	24840	27579	25860	28252
	2-roues	2235	2094	1701	1414	1226	1245	1335
	tous modes	71686	75174	91469	99203	116971	117412	124893

Annexe 4 : Évolution des émissions de polluants et de leur répa

Année	1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Émissions totales (kt sauf particules en t)							
CO	8902	9024	9749	8847	8643	4395	2647
NOx	667	712	879	952	1076	892	662
HC	1104	1128	1226	1204	911	750	405
PM	17987	18516	27123	37996	75292	65635	53182
CO ₂	71686	75174	69696	99203	116971	117412	124893
Émissions urbaines (%)							
CO	70	70	70	70	77	66	67
NOx	31	31	31	31	32	32	33
HC	73	72	72	71	72	69	68
PM	31	31	37	41	53	43	43
CO ₂	47	47	62	46	45	41	39
Émissions sur route (%)							
CO	29	21	26	24	18	26	24
NOx	66	64	59	53	47	42	41
HC	24	24	23	23	23	23	24
PM	66	64	54	47	34	38	36
CO ₂	50	48	28	42	39	38	39
Émissions sur autoroute (%)							
CO	1	2	4	6	5	8	10
NOx	3	5	10	16	21	26	25
HC	3	4	5	6	5	8	8
PM	3	5	8	12	12	19	21
CO ₂	3	4	10	12	16	21	22

Annexe 5 : Évolution des émissions de polluants et de leur répa

Année	1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Émissions totales (kt sauf particules en t)							
CO	8902	9024	9749	8847	8643	4395	2647
NOx	667	712	879	952	1076	892	662
HC	1104	1128	1226	1204	911	750	405
PM	17987	18516	27123	37996	75292	65635	53182
CO ₂	71686	75174	69696	99203	116971	117412	124893
Émissions par mode de transport (%)							
VP+VUL							
CO	94	94	96	96	96	93	88
NOx	56	58	62	64	64	65	63
HC	78	81	86	89	88	87	80
PM	1	3	28	49	72	74	78
CO ₂	67	68	63	74	75	77	76
PL							
CO	1	1	1	1	1	1	2
NOx	44	42	38	36	36	35	37
HC	3	3	3	3	4	4	7
PM	99	97	72	51	28	26	22
CO ₂	30	29	35	25	24	22	23
2-roues							
CO	5	5	4	3	3	6	10
NOx	0	0	0	0	0	0	0
HC	18	16	11	8	7	8	13
PM	0	0	0	0	0	0	0
CO ₂	3	3	2	1	1	1	1

Annexe 6 : Évolution des émissions unitaires moyennes par typ

Année		1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
		CO (g/km)						
urbain	VP+VUL	93,46	87,55	72,58	58,39	53,72	21,69	12,32
	PL	4,92	4,95	4,92	4,95	4,88	4,30	3,18
	2-roues	16,31	16,44	16,84	17,29	17,72	17,98	16,50
	tous modes	71,33	69,39	62,49	52,69	49,63	20,86	12,18
route	VP+VUL	21,85	20,01	15,88	12,37	7,69	5,30	2,39
	PL	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,18	1,65
	2-roues	21,02	20,98	20,95	20,51	20,35	20,00	18,66
	tous modes	21,02	20,98	20,95	20,51	20,35	20,00	18,66
autoroute	VP+VUL	19,26	17,91	14,71	11,76	7,59	5,43	2,73
	PL	1,84	1,77	1,78	1,78	1,78	1,60	1,32
	2-roues	32,03	31,92	31,06	29,58	29,06	28,48	29,57
	tous modes	14,70	15,36	15,32	10,82	6,34	3,70	2,28
toutes voies	VP+VUL	47,41	43,93	35,60	27,74	22,46	10,07	5,26
	PL	2,90	2,89	2,87	2,85	2,79	2,42	1,81
	2-roues	17,55	17,79	18,46	19,12	19,75	20,16	19,24
	tous modes	39,39	37,30	31,75	25,50	21,00	9,89	5,45

Suite Annexe 6

Année		1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
HC (g eq. CH_{1,85}/km)								
urbain	VP+VUL	9,73	9,42	8,35	7,46	4,90	3,58	1,72
	PL	2,67	2,68	2,69	2,68	2,71	2,39	1,80
	2-roues	8,56	8,50	8,27	7,92	6,92	7,30	5,94
	tous modes	9,11	8,91	8,07	7,27	4,91	3,69	1,90
route	VP+VUL	2,02	1,90	1,61	1,45	0,93	0,76	0,34
	PL	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,10	0,89
	2-roues	4,53	4,41	4,09	3,61	3,25	3,17	2,32
	tous modes	2,04	1,94	1,65	1,49	1,01	0,84	0,42
autoroute	VP+VUL	6,22	4,32	2,53	1,75	0,64	0,60	0,24
	PL	0,78	0,78	0,79	0,80	0,80	0,73	0,61
	2-roues	7,60	4,99	2,90	2,18	1,43	1,80	1,75
	Tous mode	5,37	3,80	2,32	1,65	0,67	0,63	0,29
toutes voies	VP+VUL	4,91	4,69	4,02	3,51	2,17	1,62	0,73
	PL	1,48	1,47	1,46	1,45	1,42	1,24	0,96
	2-roues	7,59	7,41	6,89	6,13	5,08	5,03	3,90
	tous modes	4,89	4,66	3,99	3,47	2,21	1,69	0,83
NO_x (g/km)								
urbain	VP+VUL	1,89	1,89	1,88	1,82	1,89	1,52	1,15
	PL	19,58	19,74	19,05	18,93	19,21	16,99	12,90
	2-roues	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,06
	tous modes	2,34	2,38	2,48	2,48	2,56	2,05	1,51
route	VP+VUL	2,23	2,22	2,12	1,93	1,66	1,22	0,76
	PL	11,43	11,56	11,92	12,23	12,78	11,31	8,47
	2-roues	0,15	0,16	0,17	0,19	0,19	0,20	0,20
	tous modes	3,33	3,27	3,03	2,75	2,46	1,82	1,20
autoroute	VP+VUL	2,56	2,56	2,53	2,69	2,46	1,78	1,06
	PL	8,72	8,81	9,21	9,56	9,92	8,80	6,52
	2-roues	0,54	0,33	0,34	0,33	0,40	0,36	0,36
	tous modes	3,51	3,46	3,33	3,40	3,17	2,36	1,51
toutes voies	VP+VUL	2,11	2,12	2,07	1,99	1,87	1,43	0,94
	PL	12,87	12,92	13,01	13,12	13,39	11,65	8,61
	2-roues	0,07	0,07	0,09	0,12	0,14	0,16	0,16
	tous modes	2,95	2,94	2,86	2,74	2,62	2,01	1,36

Suite Annexe 6

Année		1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
particules (mg/km)								
urbain	VP+VUL	2,37	4,10	42,03	89,98	276,50	174,88	142,99
	PL	1248,70	1249,56	1203,85	1182,45	1176,55	1074,16	721,22
	2-roues	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	tous modes	63,43	63,17	92,63	133,61	301,77	201,61	157,23
route	VP+VUL	1,02	2,08	20,93	44,76	82,53	90,35	65,58
	PL	680,57	681,50	682,93	676,97	678,49	611,61	385,81
	2-roues	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	tous modes	90,30	85,26	86,41	96,97	125,19	120,50	82,96
autoroute	VP+VUL	1,17	2,37	24,30	50,40	88,49	100,07	86,97
	PL	491,40	492,31	492,96	494,30	497,61	448,99	279,98
	2-roues	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	tous modes	81,02	77,35	83,20	98,03	128,07	128,59	102,03
toutes voies	VP+VUL	1,51	2,81	28,53	60,71	146,71	119,13	93,74
	PL	780,76	776,10	763,72	747,87	736,00	652,49	410,69
	2-roues	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	tous modes	79,59	76,54	88,34	109,52	182,97	147,72	109,54
CO₂ (g/km)								
urbain	VP+VUL	421,23	411,69	393,28	372,76	369,96	316,66	306,18
	PL	1294,72	1302,42	1258,81	1248,29	1242,90	1267,22	1345,96
	2-roues	82,08	82,69	84,60	90,52	95,32	101,23	100,02
	tous modes	386,35	388,86	396,92	391,26	394,12	343,59	333,94
route	VP+VUL	189,52	182,37	24,64	165,27	165,04	169,95	167,56
	PL	854,51	861,37	879,90	896,02	915,36	929,89	961,62
	2-roues	85,48	85,72	87,37	92,08	84,55	96,10	91,11
	tous modes	271,82	261,16	239,66	225,01	219,29	215,16	212,69
autoroute	VP+VUL	211,49	200,50	189,85	192,69	203,60	199,74	191,31
	PL	779,84	784,92	804,93	822,17	842,43	856,13	876,65
	2-roues	108,59	109,06	110,92	115,29	117,05	119,57	118,19
	tous modes	301,10	287,47	266,13	260,10	266,30	255,25	248,92
toutes voies	VP+VUL	273,36	264,82	249,99	238,66	238,40	222,68	214,73
	PL	935,41	939,86	947,07	955,71	964,88	973,98	1002,41
	2-roues	83,08	83,79	86,19	92,54	93,53	101,84	99,07
	tous modes	317,20	310,73	297,90	285,94	284,25	264,25	257,25

Annexe 7 : Évolution des émissions unitaires moyennes par type de fonction du trafic cumulé VL et PL

Facteurs d'émission hybrides, exprimant l'émission de l'ensemble du trafic (trois modes) en fonction

Année	1973	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Émissions unitaires toutes voiries confondues (g/km sauf particules en mg/k)							
CO	44,71	41,60	33,93	26,68	21,69	10,17	5,61
NOx	3,35	3,28	3,06	2,87	2,70	2,06	1,40
HC	5,55	5,20	4,27	3,63	2,29	1,74	0,86
PM	90,35	85,35	94,41	114,57	188,99	151,90	112,67
CO ₂	360,1	346,5	318,4	299,1	293,6	271,7	264,6
Émissions unitaires urbaines (g/km sauf particules en mg/k)							
CO	92,65	86,69	71,24	57,17	52,43	21,81	12,72
NOx	3,04	2,97	2,83	2,69	2,70	2,14	1,58
HC	11,84	11,13	9,20	7,89	5,18	3,86	1,99
PM	82,39	78,92	105,59	144,97	318,81	210,76	164,19
CO ₂	501,9	485,8	452,5	424,5	416,4	359,2	348,7
Émissions unitaires sur route (g/km sauf particules en mg/k)							
CO	20,26	18,77	15,22	12,10	7,77	5,55	2,79
NOx	3,51	3,43	3,14	2,83	2,51	1,86	1,23
HC	2,15	2,03	1,71	1,53	1,03	0,86	0,43
PM	94,98	89,36	89,41	99,76	128,12	123,18	84,96
CO ₂	285,9	273,7	248,0	231,5	224,4	219,9	217,8
Émissions unitaires sur autoroute (g/km sauf particules en mg/k)							
CO	15,14	15,80	15,66	11,04	6,45	3,76	2,32
NOx	3,61	3,55	3,40	3,47	3,23	2,40	1,54
HC	5,53	3,91	2,37	1,69	0,69	0,64	0,30
PM	83,44	79,56	85,05	100,04	130,33	130,82	103,85
CO ₂	310,1	295,7	272,0	265,5	271,0	259,7	253,3

Liste des tableaux et figures

Tableau 1 - Taux de VP diesel équipés d'injection directe.....	14
Tableau 2 - Paramètres des lois de survie relatives aux voitures particulières, d'après Gallez/2000/.....	15
Tableau 3 - Répartition des kilométrages en fonction du type de voirie (%).	18
Tableau 4 - Part des immatriculations de véhicules neufs pour les différentes catégories de voitures particulières sur la période 1990-1999 et à l'horizon 2020.....	19
Tableau 5 - Évolution des immatriculations de VUL neufs entre 1987 et 1999, en milliers.....	22
Tableau 6 - Répartition des ventes de VUL en fonction du type de VUL et de la catégorie de PTAC pour l'année 1999.....	22
Tableau 7 - Évolution des caractéristiques du parc des VUL sur les 30 dernières années.....	25
Tableau 8 - Répartition du kilométrage VUL en fonction du type de voirie (%).	26
Tableau 9 - Structures des immatriculations de VUL à l'horizon 2020.....	27
Tableau 10 - Immatriculations de minibus en France depuis 1981 en fonction de leur PTAC et de leur mode d'énergie (depuis 1987, les moins de 10 places ne sont plus comptabilisés).	29
Tableau 11 - Immatriculations de bus et autocars en France depuis 1981 en fonction de leur PTAC et de leur mode d'énergie (depuis 1987, les moins de 10 places ne sont plus comptabilisés).	29
Tableau 12 - Parc au 1er janvier des années concernées des minibus (moins de 5 t de PTAC) en France selon le PTAC et le type d'énergie.	31
Tableau 13 - Parc au 1er janvier des années concernées des autobus et autocars (plus de 5 t de PTAC) en France selon le PTAC et le type d'énergie.....	31
Tableau 14 - Répartition des bus et cars par classe d'âge en 1997 (en %).	33
Tableau 15 - Répartition du kilométrage par type de voirie (%).	34
Tableau 16 - Correspondance entre la charge utile et le PTAC d'un camion (d'après Bourdeau/98/).	36
Tableau 17 - Évolution du parc utilisé des poids-lourds en France entre 1985 et 2000, en milliers de véhicules.	37
Tableau 18 - Répartition du kilométrage par type de voirie selon le PTAC (%).	38
Tableau 19 - Permis de conduire relatifs à la conduite des 2-roues.....	40
Tableau 20 - Circulation des 2-roues motorisés internes aux zones de peuplement industriel et urbain (ZPIU) en 1994. Base : déplacements internes à la ZPIU de résidence un jour moyen de semaine.	49
Tableau 21 - Circulation des 2-roues motorisés externes aux ZPIU en 1994. Base : déplacements externes de résidence un jour moyen de semaine.	50
Tableau 22 - Usages des 2-roues en France (deux valeurs selon les sources de statistiques, pour plus de détails, voir André/96/).	50
Tableau 23 - Comparaison des prévisions de demande de transports (milliards de km/an) selon plusieurs sources à l'horizon 2020.	56
Tableau 24 - Évolution des parcs, des kilométrages et de la répartition par type de voirie pour les véhicules en France entre 1973 et 2020 (Parc INRETS).	57
Tableau 25 - Contribution en % des différents types d'émission dans l'inventaire national, tous modes confondus, pour l'année 2000.	60
Tableau 26 - Taux de survie (%) des véhicules en fonction de leur âge.	74

Figure 1 - Immatriculations de voitures particulières ces 20 dernières années en France.....	14
Figure 2 - Évolution de la répartition des immatriculations de VUL par classe de PTAC au cours des 20 dernières années.	23
Figure 3 - Évolution de la part des différentes énergies dans les ventes de VUL.	24
Figure 4 - Répartition des cars (à gauche) et des bus (à droite) en fonction du nombre de places assises.....	32
Figure 5 - Évolution des immatriculations annuelles de poids-lourd en France entre 1980 et 2000.....	35
Figure 6 - Évolution des immatriculations de motos en France de 1970 à 2020.....	42
Figure 7 - Parc des motos en France de 1980 à 2020.	45
Figure 8 - Évolution des ventes de cyclomoteurs en France depuis 1974 (sources ONISR/95/, SES).....	47
Figure 9 - Évolution du parc des cyclomoteurs en France depuis 1986 selon plusieurs sources, dont INSEE/95/.....	48
Figure 10 - Évolution des kilométrages annuels parcourus par les 2-roues en France de 1970 à 2020.....	51
Figure 11 - Évolution des trafics des 3 grandes classes de véhicules routiers en France de 1973 à 2020.....	54
Figure 12 - Évolution du trafic routier en France par classe de véhicule et carburant, de 1973 à 2020, en cumulé.	54
Figure 13 - Évolution du trafic routier en France de 1973 à 2020 selon le type de voirie.....	55
Figure 14 - Évolution des émissions du trafic routier en France de 1973 à 2020 pour les polluants CO et HC.....	61
Figure 15 - Évolution des émissions du trafic routier en France de 1973 à 2020 pour les polluants NOx et CO ₂	62
Figure 16 - Évolution des émissions du trafic routier en France de 1973 à 2020 pour les particules.....	63
Figure 17 - Évolution relative par rapport à 2000 des émissions de l'ensemble du trafic routier français de 1973 à 2020.....	63
Figure 18 - Évolution des facteurs moyens d'émission de CO par mode et par type de voirie.	66
Figure 19 - Évolution des facteurs moyens d'émission d'HC par mode et par type de voirie.	66
Figure 20 - Évolution des facteurs moyens d'émission de NOx par mode et par type de voirie.	67
Figure 21 - Évolution des facteurs d'émission moyens de CO ₂ par grand type de véhicule routier.....	67
Figure 22 - Évolution des facteurs moyens d'émission de particules par mode et par type de voirie.	68

Bibliographie

Allemand/2000/

Allemand N., Fontelle J.P., Chang J.P. & Rivière E., "Overview of past and futur road traffic air pollutant emissions in France (1960-2020)", 9th Intern. Symp. "Transport and Air Pollution", Avignon, France, June 2000, actes INRETS, n°70, Arcueil, France, p.461-468.

André/1999/

André M., "Pollution de l'air due aux transport - Statistiques de parc des véhicules et d'activité de transports pour la France", rapport INRETS, n°LTE 9930, Bron, France, nov. 1999, 24 p.

André/1996/

André M., Hammarström U. & Reynauld I., "Driving statistics for the assessment of pollutant emissions from road transport", INRETS report, LTE 9906, Bron, France, fév. 1999, 194 p.

André/1994/

André M., J.P. Roumégoux, R. Vidon, C. Pruvost & P. Tassel, "Usages et conditions de fonctionnements des petits véhicules utilitaires - Méthode de mesure au moyen de capteurs embarqués", rapport INRETS, n°LEN 9408, Bron, France, 1994, 69 p.

Argus/90/ à /99/

Argus série spéciale annuelle, "Les statistiques de l'automobiles", de 1990 à 1999.

Barbusse/98/

Barbusse S., D. Clodic, J-P. Roumégoux, "Mobile air conditioning- Measurement and simulation of energy and fuel consumption", *The Earth Technology Conf.*, Washington DC, Oct. 26-28, 1998.

Bourdeau/1998/

Bourdeau B., "Évolution du parc automobile français entre 1973 et 2020", rapport INRETS, n°LEN 9801, Bron, France, 1998, 389 p.

CCFA/2000/

"Analyse et statistiques - L'industrie automobile française", édition 2000, Comité des constructeurs français d'automobiles, Paris.

Filou/2000/

Filou.C., "Analyse de l'exposition au risque des motocyclistes - Principaux résultats issus de l'enquête SOFRES 1999 - La sécurité des motocyclistes en 1999", rapport INRETS, Arcueil, France, 2000, 84 p.

Gallez/2000/

Gallez C. & N. Couturier, "Renouvellement du parc automobile et prospective transport-environnement", rapport ADEME/INRETS n° 690-9931-D33, Arcueil, France, 2000, 88 p.

Gallez/1997/

Gallez C. & Orfeuil J.P., "Stratégies de réduction de la pollution de l'air liée aux transports", rapport de convention DTT-INRETS n°690-9703-RB, rapport INRETS, Arcueil, France, déc. 1997, 112 p.

Gallez/1998/

Gallez C., "Énergie, émissions et mobilité locale en France", rapport de convention ADEME-INRETS n°690-9608-RB, INRETS, Arcueil, France, déc. 1998, 118 p.

Hivert/2000/

Hivert L., "Le parc automobile des ménages, étude en fin d'année 1998 à partir de la source Parc Auto", SOFRES, Rapport de convention INRETS/ADEME, juillet 2000, INRETS, Arcueil, France, 174 p.

INSEE/1995/

INSEE, "Résultats", n°412, Démographie – Société, n°44, 1995, et www.ined.fr/population-en-chiffres/france/index.html.

INSEE/1997/

INSEE, "La mobilité régulière et la mobilité locale en 1982 et en 1994", INSEE Résultats n°532-533, 1997, 194 p.

Jeger/2001/

Jeger F., "Une estimation du parc automobile à l'aide des durées de vie des véhicules", notes de synthèse du SES, DAEI/SES, Paris, jan.-fév. 2001.

Kyriakis/1998/

Kyriakis N.A., Z.C. Samaras & A.E. Andrias, "Methodologies for estimating air pollutant emissions from transport - Road traffic composition - Deliverable n°16", LAT report, Salonique, Grèce, n° 9823, 1998, 144 p.

La note économique/2000/

CNPA, service économique et statistique, Paris, (Mme Thibault 01-40-99-55-00), "La note économique", n°8, février 2000.

Meet/1999/

"Methodology for calculating transport emissions and energy consumption", European Commission, DG Transport, ISBN 92-828-6785-4, Luxembourg, 1999, 360 p.

OEST mémento/1994 à 1990/

"Mémento de statistique des transports - Résultats 1994 à 1990", DAEI-SES, Paris.

ONISR/1995/

Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, "La sécurité routières des motocycles", la Documentation Française, 1995.

Pillot/1992/

Pillot D., "Parc et circulation des véhicules utilitaires en France", rapport INRETS, n°LEN 9205, Bron, France, 1992, 45 p.

Roumégoux/1993/

Roumégoux J.P., "EUREV-VU, utilisation des véhicules utilitaires - Données bibliographiques", rapport INRETS, n°LEN 9309, Bron, France, 1993, 20 p.

SES-La sécurité routières des motocyclettes/90/ à /98/

Observatoire national interministériel de sécurité routière, "La sécurité des motocyclettes", de 1990 à 1998, la Documentation Française.

SES-TRV/96à98/

"Les données détaillées du SES - Les transports par autocars", DAEI-SES pour les années concernées, Paris

SES-TRM/97,98,99/

"Les données détaillées du SES - L'utilisation des véhicules de transport routier de marchandises en 1997", DAEI-SES pour les années concernées, Paris.

SES-La demande de transport/1997/

Brossier C., "La demande de transport - perspectives d'évolution à l'horizon 2020", DAEI-SES, Paris, 71 p.

SES mémento/97,98,99/

"Mémento de statistique des transports - Résultats 97, 98, 99", DAEI-SES, Paris.

SES/95à99/

"Les données détaillées du SES - Le marché des véhicules", DAEI-SES pour les années concernées, Paris.

SES-transports/2000/

"Les comptes des transports en 1999", DAEI/SES-INSEE, Paris, juin 2000.