

UNIVERSITÉ DE SAVOIE - CHAMBÉRY  
Laboratoire de Chimie et Ingénierie de l'Environnement

## ***ÉVOLUTION DU PARC AUTOMOBILE FRANCAIS ENTRE 1970 ET 2020***

*Béatrice BOURDEAU*  
*Projet de Thèse, Doctorat et Ingénierie de l'Environnement*

Directeur de thèse :

Professeur Michel MARTIN BOUYER, Université de Savoie, Chambéry

Membres du jury :

Monsieur Zissis SAMARAS, LAT, Aristotle University, Thessalonique, Grèce (Rapporteur)  
Monsieur Jean DELSEY, Directeur du LEN, INRETS (Rapporteur), Bron  
Professeur Yannick LUNG, IERSO, Université de Bordeaux IV, Bordeaux  
Madame Jane NOPPE, DOST, Ademe, Paris  
Monsieur Robert JOUMARD, Directeur de recherche, LEN, INRETS, Bron



---

## Avant-Propos

L'automobile est loin d'être centenaire et il arrive ceci d'extraordinaire que depuis bien des années déjà les hommes se penchent sur son passé. Avec une passion, une fièvre, une ferveur toutes romantiques ! Ils sont de plus en plus nombreux à consacrer beaucoup de temps et d'argent à cet éblouissant pèlerinage aux sources ; à rechercher, acquérir, restaurer, faire rouler des voitures dont les formes constituent un défi à l'aérodynamique, dont le confort est plus que précaire et dont les moteurs primitifs et usés ne développent que quelques chevaux épuisés. (...) Ce qui grondait dans les flancs des premières "voitures sans chevaux", c'était les secrets d'une équation fabuleuse, nourrie de la substance d'une pléiade de sciences. Une équation magique qui multipliait les chevaux et les miniaturisait pour les enfermer par dizaines dans un volume de quelques litres.

En mars 1890, un audacieux, M. Vurpillod, rend son nom immortel : il est le premier homme à se rendre acquéreur d'une voiture sans chevaux, une Peugeot à moteur Daimler fabriquée sous licence par Panhard et Levassor. Cinq ans plus tard, 550 voitures à gaz de pétrole circulent en France. C'est bien peu mais on n'en compte cependant guère d'avantage dans le monde !...

Cinq ans encore, le triomphe de l'automobile est désormais assuré. A l'aube du siècle, on dénombre 600 marques en France, 110 en Grande-Bretagne, 80 en Allemagne, 60 aux USA, 55 en Belgique, 25 en Suisse, une vingtaine en Italie et ailleurs... Les automobilistes sont quelques milliers de par le monde. Ce sont des aristocrates épris de nouveauté, des sports'men épris de vitesse, mais aussi des médecins, des industriels dont l'automobile égaye la vie quotidienne et facilite les activités (...).

Bref c'était le bon temps ! celui des explorateurs, des conquérants de l'impossible. Celui des passionnés. Sur la route qu'ils ont tracée, 150 millions d'usagers de par le monde ont rabaissé la voiture au niveau de leurs besoins et de leur paresse et s'enlisent, aux abords et au coeur des grandes villes, dans des embouteillages monstrueux (...).

Voyez comme les temps ont changé : aujourd'hui personne n'est jamais responsable d'un accident ; les dames n'ont plus peur en auto et la moindre panne les rend furieuses.

*Jean Fondin (1982), "L'automobile cette passion !", 142 pages, avant-propos.*



---

## Remerciements

Ces quelques lignes ne me suffiront pour vous exprimer ma reconnaissance, à vous qui m'avez aidée dans cette entreprise, que ce soit par votre collaboration scientifique ou votre soutien moral... vous qui ne serez pas forcément cités nominativement ici mais sans qui ce travail n'aurait pu aboutir...

Je souhaite remercier en tout premier lieu Monsieur Jean DELSEY, Directeur du Laboratoire Énergie et Nuisances (LEN) à l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), qui m'a accueillie au sein de son équipe et veillé à ce que je puisse travailler dans les meilleures conditions.

J'adresse mes remerciements à Monsieur Michel MARTIN BOUYER, Professeur à l'Université de Chambéry, qui a assumé la difficile responsabilité de diriger cette thèse, ainsi qu'à tous les autres membres du jury : Monsieur Zissis SAMARAS, professeur à l'Université de Thessalonique et Monsieur Jean DELSEY, qui ont eu la gentillesse d'accepter d'être rapporteurs, Madame Jane NOPPE, chargée de l'énergie et des nuisances à la Direction des Transports de l'Ademe, Monsieur Yannick LUNG, Professeur à l'Université de Bordeaux IV, Monsieur Robert JOUMARD, Directeur de recherche à L'INRETS.

C'est avec une insistance particulière que je voudrais exprimer toute ma gratitude à Monsieur Robert JOUMARD, qui a toujours su me faire bénéficier de ses précieux conseils et m'a accompagnée tout au long de l'élaboration de ce travail.

Je tiens à remercier très sincèrement Isabelle VERNET, Michel ANDRÉ, Bruno JEANNERET et Fabrice POISSON pour leur patience inaltérable et leur disponibilité à toute épreuve.

Pour leur aimable collaboration, je souhaite adresser mes plus vifs remerciements à Caroline GALLEZ, Laurent HIVERT et Jean-Loup MADRE, de l'INRETS, ainsi qu'à Madame Béatrice de CASTELNAU, du Comité des Constructeurs Français d'Automobiles (CCFA), et tous ceux qui m'ont procuré à de nombreuses reprises tous les conseils et toutes les informations dont j'ai pu avoir besoin.

Ce travail a bénéficié du soutien financier de l'Ademe pendant trois ans, et je souhaite remercier les correspondants de cet organisme, en particulier Mesdames Jane NOPPE et Éliane JALLOT et Messieurs Laurent CARRIÉ et Jacques COUDERC.

Que Martine, Isa, Rochdi, Véro et Olivier, Fabrice, Caroline et tous mes amis sachent combien leur amitié et leur soutien m'ont été chers, particulièrement dans les moments les plus difficiles ou je n'ai pas toujours été facile à supporter...

Enfin je pense à vous mes chers parents, ma soeur, ma grand-mère, Patrice, vous dont la tendresse et l'amour me sont si précieux et qui m'avez portée à bout de bras lorsque le désespoir ou le découragement m'ont envahie.

A vous tous qui avez parfois subit mon caractère impétueux et mes écarts d'humeur, j'adresse mes plus sincères excuses.

Merci à tous.

---

## TABLE DES MATIÈRES

*N.B. : Les références aux chapitres données dans le corps du texte seront notées 1P, 2P, 3P respectivement pour la première, deuxième et troisième partie.*

<b>Avant-Propos.....</b>	<b>3</b>
<b>Remerciements.....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>17</b>
<b>PREMIÈRE PARTIE : MÉTHODE DE CALCUL.....</b>	<b>19</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>21</b>
<b>I. Définition du parc et objectifs du calcul.....</b>	<b>21</b>
I.1. Les véhicules considérés.....	21
I.1.1. Les véhicules particuliers.....	23
I.1.2. Les véhicules utilitaires.....	23
I.2. Parc statique, parc roulant.....	24
<b>II. Les diverses méthodes d'évaluation du parc automobile.....</b>	<b>25</b>
II.1. Les sources statistiques.....	25
II.1.1. Les comptages administratifs.....	25
II.1.1.1. La taxe différentielle ("vignette").....	25
II.1.1.2. La taxe à l'essieu.....	27
II.1.1.3. Le fichier central des automobiles.....	27
II.1.2. Les résultats d'enquêtes.....	27
II.1.2.1. Les enquêtes.....	28
II.1.2.2. Les panels.....	28

II.2. Les modélisations.....	29
II.2.1. Les modèles agrégés.....	29
II.2.2. Les modèles désagrégés.....	31
II.2.3. Le modèle démographique.....	33
II.2.4. Les modèles dits de survie.....	35
<b>III. Méthode générale de calcul.....</b>	<b>37</b>
III.1. Principe de calcul.....	37
III.2. Données nécessaires.....	40
III.2.1. Les immatriculations de véhicules neufs.....	40
III.2.2. Les caractéristiques techniques.....	41
III.2.3. La réglementation des gaz d'échappement.....	42
III.2.4. Les coefficients de survie.....	42
III.2.5. les kilométrages.....	43
III.3. Disponibilité des données et extrapolations.....	43
III.3.1. Lissage des séries.....	45
III.3.2. Interpolations des données dispersées.....	45
III.3.3. Extrapolation de données indisponibles.....	49
III.4. Structure du parc.....	51
III.4.1. Structure du parc pour l'Union Européenne.....	51
III.4.2. Structure du parc calculé.....	51
<b>IV. Aspects logiciels.....</b>	<b>53</b>
IV.1. Matériel.....	53
IV.2. Programmes et fichiers.....	53
<b>Conclusion.....</b>	<b>56</b>
<b>DEUXIÈME PARTIE : LES DONNÉES.....</b>	<b>57</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>59</b>
<b>I. Les immatriculations de véhicules neufs.....</b>	<b>59</b>



---

---

I.1. Les chiffres.....	59
I.2. Les immatriculations de véhicules particuliers (VP).....	63
I.2.1. Les véhicules particuliers diesel.....	63
I.2.1.1. La cylindrée des VP diesel.....	67
I.2.1.2. La puissance des VP diesel.....	67
I.2.1.3. Le poids à vide des VP diesel.....	69
I.2.1.4. La consommation moyenne des VP diesel.....	69
I.2.1.5. L'évolution des moteurs de VP diesel.....	71
I.2.2. Les véhicules particuliers à essence.....	73
I.2.2.1. La cylindrée des VP à essence.....	73
I.2.2.2. La puissance des VP à essence.....	75
I.2.2.3. Le poids à vide des VP à essence.....	75
I.2.2.4. La consommation moyenne des VP à essence.....	77
I.2.2.5. L'évolution des moteurs de VP à essence.....	77
I.2.3. Les véhicules particuliers fonctionnant au GPLc.....	79
I.2.5. L'essor de la climatisation des VP.....	83
I.2.6. La consommation moyenne globale des VP.....	83
I.3. L'évolution des véhicules utilitaires (VU).....	83
I.3.1. Les immatriculations de véhicules utilitaires légers (VUL).....	85
I.3.1.1. Le taux de diésélisation des VUL.....	87
I.3.1.1.1 La diésélisation de l'ensemble des VUL.....	87
I.3.1.1.2. La distribution des VUL en classes de poids.....	89
I.3.1.2. L'évolution du PTAC moyen des VUL.....	93
I.3.1.2.1. PTAC moyen par classe de poids.....	93
I.3.1.2.2. PTAC moyen de l'ensemble des VUL.....	95
I.3.1.3. L'évolution de la puissance réelle moyenne des VUL.....	95
I.3.1.3.1. Puissance moyenne par classe de poids.....	95
I.3.1.3.2. La puissance moyenne de l'ensemble des VUL.....	97
I.3.1.4. L'évolution des types de moteurs des VUL.....	99
I.3.1.5. les VUL électriques et GPL.....	101
I.3.2. Les immatriculations de poids lourds (PL).....	103
I.3.2.1. Les immatriculations de camions.....	103
I.3.2.2. Les immatriculations de tracteurs routiers.....	105

---

I.3.2.3. Les immatriculations de cars et bus.....	105
I.3.2.4. Les immatriculations totales de PL.....	109
I.3.2.5. Les moteurs de poids lourds.....	111
I.3.2.6. Le poids total autorisé des PL.....	113
I.3.2.7. La puissance réelle des PL.....	115
I.4. Synthèses sur l'ensemble des véhicules.....	115
I.4.1. Les véhicules utilitaires (VU).....	115
I.4.2. L'ensemble des véhicules (VP et VU).....	117
I.4.3. Exploitation informatique des extrapolations.....	123
I.5. Perspectives d'évolution future des immatriculations.....	123
I.5.1. Évolution futures des immatriculations de véhicules particuliers (VP)....	125
I.5.1.1. Le taux de diésélisation futur des immatriculations de VP.....	127
I.5.1.2. Évolution future des cylindrées des immatriculations de VP.....	127
I.5.1.3. Évolution future de la climatisation des immatriculations de VP....	133
I.5.2. Évolution des immatriculations de véhicules utilitaires légers (VUL).....	135
I.5.2.1. Le taux de diésélisation futur des immatriculations de VUL.....	135
I.5.2.2. Évolution des classes de PTAC des immatriculations de VUL.....	137
I.5.3. Les immatriculations futures de poids lourds.....	141
<b>II. La réglementation européenne.....</b>	<b>145</b>
II.1. Mise au point des normes.....	145
II.2. Les polluants concernés.....	145
II.3. Normes d'émissions pour les véhicules particuliers (VP).....	147
II.3.1. Description des normes pour les VP.....	147
II.3.2. Protocole expérimental pour les VP.....	149
II.3.3. Évolution des valeurs limites pour les VP.....	149
II.3.3.1. Méthode de comparaison des normes pour les VP.....	151
II.3.3.2. Évolution des normes pour les VP à essence.....	155
II.3.3.3. L'évolution des normes pour les VP diesel.....	157
II.3.3.4. Comparaison des normes pour les VP essence et diesel.....	161
II.4. Normes d'émissions des véhicules utilitaires.....	161
II.4.1. Protocole expérimental pour les poids lourds (PL).....	163
II.4.2. Évolution des valeurs limites d'émissions pour les PL.....	163

---

---

---

<b>III. Le vieillissement des véhicules neufs.....</b>	<b>165</b>
III.1. Âge maximum, âge moyen.....	165
III.2. Coefficient de survie des véhicules particuliers.....	167
III.3. Coefficient de survie des véhicules utilitaires.....	169
III.3.1. Coefficients de survie des véhicules utilitaires légers.....	169
III.3.2. Coefficients de survie des poids lourds (PL).....	171
III.3.2.1. Méthode d'extrapolation des coefficients de survie des PL.....	171
III.3.2.2. Les coefficients de survie des camions.....	171
III.3.2.3. Les coefficients de survie des tracteurs routiers.....	172
III.3.2.4. Les coefficients de survie des bus et cars.....	173
III.3.3. Comparaison des coefficients de survie de tous les véhicules.....	173
<b>IV. L'utilisation des véhicules.....</b>	<b>175</b>
IV.1. Méthode de calcul des coefficients d'utilisation.....	176
IV.2. Coefficient d'utilisation des véhicules particuliers (VP).....	177
IV.2.1. Utilisation des VP en fonction de l'âge.....	179
IV.2.2. Utilisation des VP en fonction du carburant et de la cylindrée.....	179
IV.2.3. Utilisation actuelle des VP par type de voie.....	183
IV.2.4. Utilisation passée et future des VP par type de voie.....	187
IV.3. Utilisation des véhicules utilitaires.....	191
IV.3.1. Utilisation des véhicules utilitaires légers (VUL).....	191
IV.3.1.1. Utilisation des VUL en fonction de l'âge.....	193
IV.3.1.2. Utilisation des VUL en fonction du PTAC et du carburant.....	193
IV.3.1.3. Utilisation actuelle des VUL par type de voie.....	195
IV.3.1.4. Utilisation passée et future des VUL par type de voie.....	197
IV.3.2. Utilisation des poids lourds.....	197
IV.3.2.1. Utilisation des camions.....	199
IV.3.2.1.1. Utilisation des camions en fonction du poids.....	199
IV.3.2.1.2. Utilisation des camions en fonction de l'âge.....	203
IV.3.2.1.3. Utilisation actuelle des camions par type de voie.....	203

IV.3.2.1.4. Utilisation passée et future des camions par type de voie.....	205
IV.3.2.2. Utilisation des bus et cars.....	205
IV.3.2.2.1. Utilisation des bus en fonction de l'âge.....	207
IV.3.2.2.2. Utilisation des bus en fonction du PTAC.....	207
IV.3.2.2.3. Utilisation actuelle des bus par type de voie.....	207
IV.3.2.2.4. Utilisation passée et future des bus par type de voie.....	208
<b>Conclusion.....</b>	<b>208</b>
<b>TROISIÈME PARTIE : LES RÉSULTATS.....</b>	<b>209</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>211</b>
<b>I. Le parc statique.....</b>	<b>211</b>
I.1. Le parc statique des véhicules particuliers (VP).....	211
I.1.1. Le taux de diésélisation du parc statique des VP.....	213
I.1.2. La cylindrée des VP du parc statique.....	213
I.1.3. La puissance des VP du parc statique.....	215
I.1.4. La réglementation et l'âge des VP du parc statique.....	219
I.1.5. L'évolution des moteurs des VP du parc statique.....	219
I.1.6. L'évolution de la climatisation des VP du parc statique.....	221
I.1.7. Les véhicules légers hors d'usage.....	221
I.1.8. Age moyen du parc statique de VP.....	223
I.1.9. Influence des scénarii d'évolution de la diésélisation des VP.....	223
I.2. Confrontation de nos résultats avec d'autres sources statistiques.....	227
I.2.1. Parc statique de VP passé et présent.....	227
I.2.1.1. Parc statique total de VP.....	227
I.2.1.2. Parc statique de VP diesel.....	227
I.2.2. Comparaison des projections futures de parc statique de VP.....	229
I.2.2.1. Projections de parc statique total de VP.....	229
I.2.2.2. Projections de parc statique de VP diesel.....	229
I.2.3. Précision des résultats pour tous les véhicules.....	231
I.2. Le parc statique des véhicules utilitaires.....	233
I.2.1. Le parc statique des véhicules utilitaires légers (VUL).....	233

---

---

I.2.1.1. Le taux de diésélisation du parc statique de VUL.....	233
I.2.1.2. Le poids total autorisé en charge des VUL du parc statique.....	235
I.2.1.3. La puissance réelle des VUL du parc statique.....	237
I.2.1.4. L'évolution des moteurs des VUL du parc statique.....	237
I.2.1.5. L'âge et la réglementation européenne des VUL du parc statique...	239
I.2.1.6. Influence des scénarii d'évolution de diésélisation des VUL.....	243
I.2.1.7. Confrontation de nos résultats avec d'autres sources statistiques...	245
I.2.1.7.1. Le parc statique total des VUL.....	245
I.2.1.7.2. Le parc statique de VUL diesel.....	245
I.2.2. Le parc statique des poids lourds (PL).....	247
I.2.2.1. Le poids total autorisé des PL du parc statique.....	251
I.2.2.2. La puissance moyenne des PL du parc statique.....	251
I.2.2.3. L'évolution des moteurs des PL du parc statique.....	253
I.2.2.4. L'âge et la réglementation des PL du parc statique.....	253
I.2.2.5. Confrontation de nos résultats avec d'autres sources statistiques...	257
I.2.2.5.1. Le parc statique des camions.....	257
I.2.2.5.2. Le parc statique des tracteurs routiers.....	257
I.2.2.5.3. Le parc statique des bus et cars.....	257
I.2.2.5.4. Comparaisons des projections futures de parc de PL.....	259
<b>II. Le parc roulant.....</b>	<b>261</b>
II.1. Le parc roulant total.....	261
II.1.1. Le parc roulant total des véhicules légers (VL).....	265
II.1.1.1. Le parc roulant des VL par carburant.....	265
II.1.1.2. Le parc roulant des VL par carburant et classe de taille.....	267
II.1.1.3. Le parc roulant des VL par carburant et réglementation.....	269
II.1.2. Le parc roulant total des poids lourds (PL).....	273
II.1.2.1. Le parc roulant des PL en fonction du poids.....	273
II.1.2.2. Le parc roulant des PL selon l'âge et le règlement.....	273
II.1.3. Le parc roulant par voie de circulation.....	277
II.1.3.1. Le parc roulant des véhicules légers par type de voie.....	277
II.1.3.2. Le parc roulant des poids lourds par type de voie.....	277
II.2. Le parc roulant urbain.....	281

---

II.2.1. Le parc roulant urbain des véhicules légers (VL).....	281
II.2.1.1. Le parc urbain des VL par carburant.....	281
II.2.1.2. Le parc urbain des VL par carburant et classe de taille.....	283
II.2.1.3. Le parc urbain des VL par règlement.....	285
II.2.2. Le parc roulant urbain des poids lourds (PL).....	285
II.2.2.1. Le parc urbain des PL en fonction du poids.....	285
II.2.2.2. Le parc urbain des PL selon l'âge et le règlement.....	287
II.3. Le parc roulant routier.....	289
II.3.1. Le parc roulant routier des véhicules légers (VL).....	291
II.3.1.1. Le parc routier des VL par carburant.....	291
II.3.1.2. Le parc routier des VL par carburant et classe de taille.....	291
II.3.1.3. Le parc routier des VL par règlement.....	295
II.3.2. Le parc roulant routier des poids lourds (PL).....	295
II.3.2.1. Le parc routier des PL en fonction du poids.....	295
II.3.2.2. Le parc routier des PL selon l'âge et le règlement.....	295
II.4. Le parc roulant autoroutier.....	297
II.4.1. Le parc roulant autoroutier des véhicules légers (VL).....	297
II.4.1.1. Le parc autoroutier des VL par carburant.....	297
II.4.1.2. Le parc autoroutier des VL par carburant et classe de taille.....	297
II.4.1.3. Le parc autoroutier des VL par règlement.....	301
II.4.2. Le parc roulant autoroutier des poids lourds (PL).....	303
II.4.2.1. Le parc autoroutier des PL en fonction du poids.....	303
II.4.2.2. Le parc autoroutier des PL selon l'âge et le règlement.....	303
<b>III. La circulation en France.....</b>	<b>307</b>
III.1. La circulation sur l'ensemble du territoire.....	307
III.2. La circulation sur les trois réseaux.....	307
III.3. Confrontation de nos résultats avec d'autres sources.....	309
III.3.1. La circulation des véhicules légers.....	309
III.3.2. La circulation des poids lourds.....	309
<b>IV. Sensibilité du modèle aux paramètres de calcul.....</b>	<b>311</b>
IV.1. Choix des paramètres.....	311

IV.1.1 Le taux de diésélisation.....	313
IV.1.2. La croissance des immatriculations de VP neufs.....	313
IV.1.3. Les coefficients de survie.....	315
IV.1.4. La mise en place d'une directive européenne.....	317
IV.1.5. Les kilométrages annuels.....	319
IV.2. Synthèse des résultats.....	321
<b>Conclusion.....</b>	<b>322</b>
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>323</b>
<b>LISTE DES SIGLES ET ABBRÉVIATIONS RENCONTRÉS.....</b>	<b>327</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>329</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>330</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>349</b>
ANNEXE I : Véhicules utilitaires légers et poids lourds utilisés pour le transport de marchandises et poids réglementaires.....	351
ANNEXE II : Évolution de la réglementation européenne concernant les émissions de polluants par les gaz d'échappement pour les véhicules routiers.....	352
ANNEXE III : Échéancier de la réglementation européenne concernant les émissions de polluants dans les gaz d'échappement des véhicules routiers.....	356
ANNEXE IV : Structure et localisation des paramètres d'entrée du modèle de calcul de parc.....	357
ANNEXE IV suite : Structure et localisation des résultats de calcul du parc statique ou roulant.....	358
ANNEXE V : Évolution de la distribution du parc statique de véhicules particuliers en France selon 12 classes de cylindrée (cm <sup>3</sup> ) calculée en suivant le scénario 1.....	359

ANNEXE VI : Évolution de la distribution du parc statique de véhicules particuliers en France selon 7 classes de puissance (kW) calculée en suivant le scénario 1.....	360
ANNEXE VII : Évolution de la distribution du parc statique de véhicules particuliers en France selon les types de moteur calculée en suivant le scénario 1.....	361
ANNEXE VIII : Répartition des véhicules particuliers suralimentés du parc statique en fonction de leur carburant et selon 12 classes de cylindrée en 1997 et 2020.....	362
ANNEXE IX : Répartition des véhicules particuliers équipés d'un pot catalytique du parc statique en fonction de leur carburant et selon 12 classes de cylindrée en 1997 et 2020.....	363
ANNEXE X : Évolution de la distribution du parc statique de poids lourds en France selon 9 classes de poids (tonnes).....	364
ANNEXE XI : Évolution de la distribution du parc statique de poids lourds en France selon 7 classes de puissance (kW).....	365
ANNEXE XII : Évolution de la distribution du parc statique de camions en France selon leur âge pour chacune des trois années 1970, 2000 et 2020.....	366
ANNEXE XIII : Évolution de la distribution du parc statique de tracteurs routiers en France selon leur âge pour chacune des trois années 1970, 2000 et 2020.....	367
ANNEXE XIV : Évolution de la distribution du parc statique de bus et cars en France selon leur âge pour chacune des trois années 1970, 2000 et 2020.....	368
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>369</b>



---

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Il n'existe pas aujourd'hui de statistiques réelles précises sur la composition du parc automobile français. Les documents qui pourraient servir à l'évaluer ne concernent que certaines catégories de véhicules et ne sont pas systématiquement actualisés, faussant les résultats que l'on pourrait en déduire. Or, la connaissance de la nature et du volume du parc revêt des enjeux économiques, politiques ou environnementaux considérables.

Pour pallier cette lacune, nous avons mis au point un modèle informatique de calcul du parc annuel statique (nombre de véhicules existant sur le territoire) et roulant (nombre de véhicules circulant sur le territoire). Ce travail s'inscrit dans le cadre plus large d'un inventaire des polluants atmosphériques émis par les transports en France mais également en Europe. Contrairement à la plupart des estimations existant à l'heure actuelle, notre objectif n'est pas de modéliser ou simuler directement les variations du parc et de sa structure mais d'étudier avec la plus grande précision possible l'évolution réelle de ses composantes (immatriculations neuves, vieillissement et usages des véhicules) puis d'en déduire par calcul le parc correspondant, dans le but d'être le plus proche possible de la réalité. Nous nous sommes par conséquent appuyés dans un premier temps sur un certain nombre de réalités macroscopiques socio-économiques et démographiques pour ensuite mettre en évidence des tendances d'évolution existant à plus petite échelle.

Les paramètres d'entrée du modèle de calcul sont assez inégalement connus dans notre pays. La première étape de notre travail fut de collecter toutes les informations disponibles puis de les compléter en effectuant des extrapolations à partir de ce que nous connaissions. Nous avons pu à cette occasion mettre en valeur l'évolution technologique du marché des véhicules neufs. Les images annuelles des immatriculations, du parc statique et du parc roulant pour les véhicules particuliers et les véhicules utilitaires, sont analysées en terme de cylindrée ou tonnage, de puissance réelle, de diésélisation, de pénétration de nouvelles technologies antipollution, pour l'ensemble du territoire ou pour chaque voie de circulation.

Cette étude très détaillée des évolutions passées et présentes des véhicules neufs a également pour objectif de pouvoir émettre des hypothèses d'évolutions futures qui, étayées par des études économiques ou démographiques, nous permettront de simuler par le même calcul le parc futur.

Le modèle de calcul est notamment caractérisé par une certaine souplesse nous autorisant à intervenir facilement sur tous les paramètres d'entrée et de les faire varier à notre guise pour ensuite évaluer le parc correspondant. Ceci nous a permis de tester l'influence respective de chacun des éléments de calcul sur les résultats et de mettre en évidence l'inertie de la réponse du parc par rapport aux changements qui peuvent intervenir sur les véhicules neufs (introduction brusque du pot catalytique par exemple). Cet outil peut ainsi être utilisé à des fins prévisionnelles par exemple dans le but de calculer l'influence des décisions politiques qui pourraient être envisagées à l'égard des véhicules routiers.

Hormis la simple connaissance détaillée du parc et de ses caractéristiques techniques, les applications de ce calcul sont nombreuses. On pourra par exemple estimer et prévoir le nombre et la nature des voitures qui sont annuellement mises hors d'usage pour adapter un réseau de recyclage efficace. A l'heure actuelle des études sont entreprises pour évaluer à partir de ce modèle le rythme de pénétration de la climatisation automobile, ou l'évolution des silhouettes des véhicules mis en cause dans les accidents de la route. Mais ce qui motive particulièrement notre travail concerne l'évaluation des polluants atmosphériques émis dans les gaz d'échappement, connus individuellement pour chaque type de véhicule, et qui pourra ainsi être quantifié pour l'ensemble des véhicules routiers en France.

---

**PREMIÈRE PARTIE : MÉTHODE DE CALCUL**



## **Introduction**

L'objectif de calcul du parc automobile que nous nous sommes fixé commence en tout premier lieu par la définition de ce parc, que nous avons choisi d'évaluer entre 1970 et 2020, et la détermination des véhicules routiers pris en compte lors de ces évaluations. Puis nous avons localisé notre approche parmi les estimations et simulations existant actuellement en France mais aussi dans les autres pays d'Europe. Enfin nous avons élaboré notre méthodologie de calcul du parc statique (puis roulant) et mis en évidence les données qui nous seront nécessaires et que nous devons collecter, extrapoler ou calculer le cas échéant.

### **I. Définition du parc et objectifs du calcul**

Le parc automobile correspond au nombre de véhicules routiers circulant à un moment donné sur un territoire choisi. Dans notre cas, il s'agit du parc totalisé au 31 décembre de chaque année pour la France entière, calculé depuis 1970, projeté jusqu'en 2020. Il est cependant trop volumineux pour être comptabilisé véhicule par véhicule : nous allons donc tenter d'obtenir par le **calcul** une **image** la plus précise possible de ce que nous pensons être le parc automobile.

Notre méthode de calcul va nous permettre de connaître chaque année les effectifs, nature et caractéristiques détaillées des véhicules qui sont en circulation sur notre territoire. Une des principales applications de ce calcul est de pouvoir évaluer la quantité totale des polluants qu'ils émettent à partir des émissions unitaires de chaque élément du parc, mesuré en laboratoire dans des conditions proches de la circulation réelle. Nous caractériserons par conséquent les véhicules par l'intermédiaire de paramètres techniques influençant ces émissions.

Toujours en rapport avec l'environnement, il nous est possible de quantifier le nombre de véhicules annuellement mis au rebut, qui envahissent les décharges et les rares unités de recyclage encore balbutiantes, ainsi que les fossés et terrains vagues en tout genre, alors que ces "véhicules hors d'usage" (VHU) représentent un volume important de matériaux potentiellement recyclables ou réutilisables dans diverses industries.

#### **I.1. Les véhicules considérés**

Trois principaux types de véhicules sont concernés : les deux roues, dont l'étude n'est pas le propos de ce travail et dont le parc avoisine les 3 millions en 1996 (2,7 millions de 2 roues motorisés contre 3,7 millions en 1986 -Argus, 1996), les véhicules particuliers (VP) et les véhicules utilitaires (VU). Certaines caractéristiques des véhicules décrits ci-dessous nous serviront de base pour établir la structure du parc calculé et des résultats présentés.



---

---

---

Gamme (G) de berline	Segment (n°)	Longueur (m)	Largeur (m)	Empattmt. (m)	Puissance (kW)	Exemple
petite urbaine	B1	< 3,45	1,44-1,63	< 2,35	< 40	Twingo
bas de gamme	B2	3,45-3,86	1,56-1,65	2,35-2,47	40-70	106
moy. G inférieure	M1	3,86-4,40	1,62-1,74	2,47-2,59	44-128	ZX
moy. G supérieure	M2	4,40-4,65	1,70-1,77	2,59-2,74	60-143	406
haut de gamme	H1	4,65-4,83	1,77-1,85	2,70-2,83	66-162	Classe E
Berline de prestige	H2	plus de 300 000 F				A8

Tableau 1 : Correspondance entre segments et gammes commerciales pour les berlines (d'après Genet, 1996).

### **I.1.1. Les véhicules particuliers**

Les véhicules particuliers sont destinés à transporter des personnes. Ce sont essentiellement des voitures de tourisme auxquels s'ajoutent quelques petits utilitaires légers aménagés en voiture familiale. Ces véhicules peuvent être classés selon de nombreuses catégories en fonction de leurs caractéristiques techniques. Le type de carrosserie, ses dimensions, le nombre de places et/ou de portes, le nombre de corps (2 ou 3), le type de transmission, la puissance réelle du moteur, la cylindrée, la puissance fiscale, le carburant, le prix, mais également l'équipement de l'habitacle sont autant de paramètres qui permettent de distinguer les véhicules particuliers en fonction des besoins, qu'ils soient fiscaux (vignettes), commerciaux ou techniques.

La classification commerciale par exemple tient compte en premier lieu de la carrosserie : on peut ainsi se porter acquéreur d'une berline (voiture classique à 3, 4 ou 5 portes selon que le coffre se ferme par un haillon, considéré comme une porte, ou un capot non vitré), d'un coupé (berline raccourcie), d'un break (berline dont le corps arrière est rallongé), d'un cabriolet (berline ou coupé décapotable), d'un véhicule tout terrain (ou véhicule "de franchissement" à 4 roues motrices (4x4)), d'un pick-up (véhicule découvert sur toute sa partie arrière), d'un monospace ou d'une limousine (berline dont le corps principal est rallongé).

La notion de gamme et segment, également commerciale, est particulièrement importante pour nous puisque rencontrée de nombreuses fois au cours de notre travail. Ce sont les dimensions (l'empattement étant la distance comprise entre les deux essieux), la puissance réelle et le prix qui permettent de définir les segments (tab. 1). Au nombre de six, ils ne concernent que les berlines (et breaks). Les gammes (dix) correspondent à ces segments auxquels s'ajoutent les coupés, les cabriolets, les tout terrain et les "dérivés" de véhicules utilitaires légers (cf. § I.1.2 pour la définition de ceux-ci).

### **I.1.2. Les véhicules utilitaires**

Contrairement aux véhicules particuliers, dont les caractéristiques sont somme toute assez voisines d'un véhicule à l'autre, les véhicules utilitaires connaissent une diversité bien plus importante due aux nombreux usages qui en sont faits.

Dans un premier temps, ces véhicules sont classés en fonction de leur poids. Cette notion de poids comprend une panoplie importante de termes officiels ou commerciaux correspondant tous à des définitions différentes. Une description en est donnée en annexe I. On trouve deux grandes catégories de véhicules utilitaires :

\* **les véhicules utilitaires légers (VUL)** dont le poids total autorisé en charge (PTAC, annexe I) n'excède pas 3,5 t, c'est à dire les petits véhicules de livraison, fourgonnettes et véhicules particuliers adaptés à une utilisation commerciale. Cette limite correspond aux véhicules qui peuvent



être conduits avec le permis B. Leur caractéristiques se rapprochent en général fortement des véhicules particuliers de tourisme. Certaines fourgonnettes sont par exemple équipées d'un moteur de voiture du même constructeur. On trouve également des tout terrain, des pick up et des breaks "commerciaux".

\* **les poids lourds (PL) ou véhicules industriels (VI)** dont le poids total autorisé en charge dépasse 3,5 t ; leur poids total roulant (PTR, annexe I) est supérieur à 5 t. Ce sont des véhicules dont les vocations peuvent être très diverses. Transport de marchandises de toutes sortes, entretien, remorquage, sont autant de tâches que doivent pouvoir accomplir les poids lourds. On y inclut également les autobus et autocars destinés au transport en commun de personnes.

En ce qui concerne les marchandises, il peut s'agir de liquides, denrées périssables, tronc d'arbres, ciments et bétons, véhicules divers, bateaux, animaux... qui demandent tous des équipements différents et spécialisés. L'entretien comprend par exemple le balayage des chaussées, leur déneigement, leur sablage ou salage, l'intervention rapide en cas de danger (incendie...), le curage des égouts, le ramassage des ordures ménagères ; là encore, les véhicules devront être précisément adaptés à leur usage. Tous ces besoins, et la liste est loin d'être exhaustive, sont à l'origine d'une très forte hétérogénéité au sein du groupe des poids lourds. Cependant, nous ne nous sommes intéressés qu'à la partie motrice de tous ces engins et non à la diversité de leurs équipements. Dans ce cadre, trois types de véhicules peuvent être distingués :

- les camions, encore appelés porteurs ou véhicules solo, peuvent contenir une charge et assurent leur propre traction ; ils peuvent également tracter une remorque (annexe I) ;
- les tracteurs routiers, qui sont motorisés mais ne peuvent contenir de charge : ils sont par conséquent destinés à tracter une semi-remorque (annexe I) ;
- les bus (transport urbain) et les cars (transport interurbain et routier), destinés à convoyer des passagers.

Il existe d'autres critères de classification comme la forme des cabines, le nombre et la nature des essieux (Bonnetain et coll., 1980) pour les camions et tracteurs routiers ou le nombre de places assises pour les bus. Cependant, nous ne les utiliserons pas au cours de ce travail, la connaissance de ces paramètres n'ayant aucun intérêt pour les calculs d'émissions de polluants.

## **I.2. Parc statique, parc roulant**

Le nombre de véhicules en circulation correspond au parc dit statique. Cependant, on ne tient pour calculer celui-ci aucun compte de l'utilisation qui est faite des véhicules, c'est à dire du nombre de kilomètres qu'ils parcourent chaque année sur l'ensemble du réseau routier national

(ville, route, autoroute). Dans le but de pouvoir quantifier les polluants qu'ils émettent, il est indispensable d'introduire un paramètre de *circulation* dans le calcul du parc afin d'attribuer à chaque véhicule une importance relative au sein de ce parc appelé *roulant*.

## **II. Les diverses méthodes d'évaluation du parc automobile**

Il existe à l'heure actuelle plusieurs méthodes d'**évaluation** du parc automobile (principalement pour les véhicules particuliers et utilitaires légers) et des usages qui en sont faits pour pallier l'absence de statistiques rigoureuses qui caractérise notre pays. Sous forme d'enquêtes auprès de la population ou d'entreprises, de comptages administratifs ou de modélisations, les méthodologies sont aussi variées que les objectifs diffèrent, et présentent, nous le constaterons par la suite (dans la troisième partie), des résultats parfois sensiblement différents. Toutes ces approches permettent de dénombrer le volume du parc, parfois d'en déterminer sa structure selon divers paramètres, mais toutes ne sont pas également adaptées pour étudier les évolutions du parc au cours du temps et effectuer des projections dans l'avenir.

Nous avons tenté de synthétiser ici les diverses méthodes d'estimation du parc automobile réalisées en France et en Europe, et d'en dégager les caractéristiques principales.

### **II.1. Les sources statistiques**

Un certain nombre de documents d'identification ou de taxation des véhicules mais également des enquêtes effectuées auprès des particuliers ou entreprises permettent d'estimer assez précisément le volume global du parc en France. Il n'en est malheureusement pas de même en ce qui concerne sa structure, dont les évaluations existantes ne sont pas toujours comparables ou montrent des divergences parfois sensibles (Madre et Le Mennec, 1991 ; Berry, 1990) prouvant la fragilité des résultats que peuvent fournir ces sources statistiques.

#### **II.1.1. Les comptages administratifs**

Tous les véhicules portant une immatriculation circulant actuellement en France sont soumis d'une façon ou d'une autre à une taxation directe, qu'il s'agisse des véhicules particuliers ou utilitaires, légers ou lourds. Il est donc possible de compiler les effectifs issus de ces sources pour connaître le nombre total de véhicules soumis à la fiscalité française sur le territoire.

##### **II.1.1.1. La taxe différentielle ("vignette")**

Gérée par le ministère chargé des finances par l'intermédiaire de la direction générale des impôts (DGI), la "taxe différentielle sur les véhicules à moteurs" concerne globalement tous les véhicules de moins de 16 tonnes qui n'ont pas atteint 25 ans (au delà de cet âge, la vignette est

gratuite mais reste obligatoire) ainsi que les ensembles routiers tracteur+semi-remorque à 3 essieux.

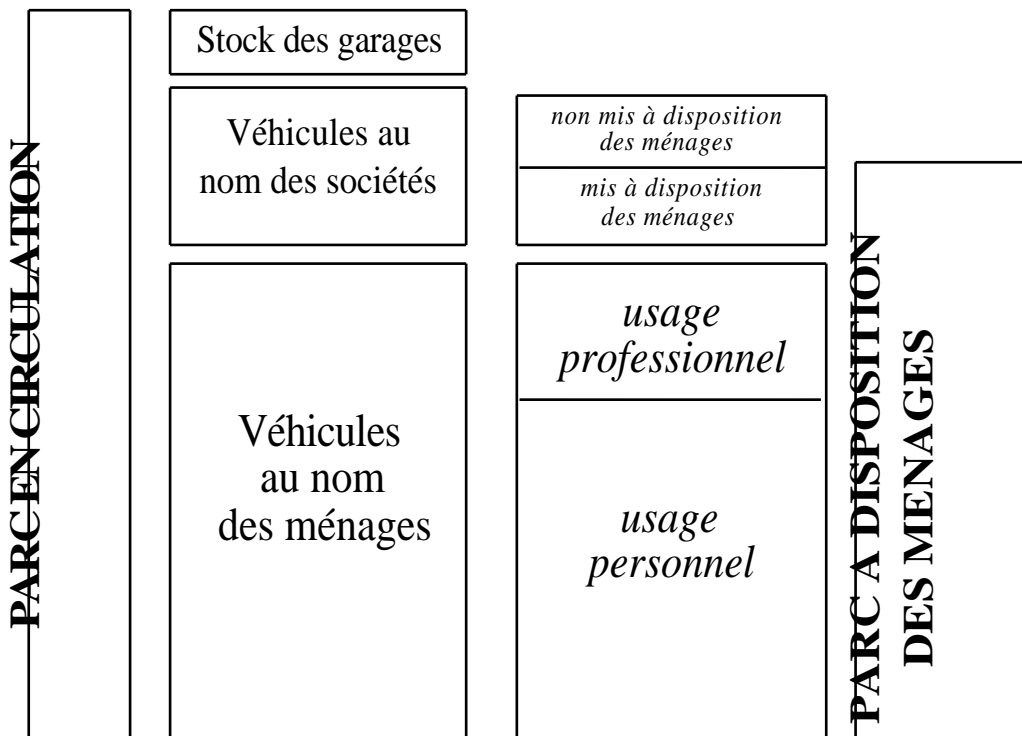


Figure 1 : Exemple de champs couverts par les enquêtes et panels concernant les véhicules des ménages

La tarification annuelle est établie à partir de la puissance fiscale (10 catégories) et de l'âge (4 classes), ne permettant ainsi aucune distinction entre les véhicules particuliers et les utilitaires.

### **II.1.1.2. La taxe à l'essieu**

À l'exception des autocars et autobus ainsi que les ensembles tracteurs+semi-remorque à 3 essieux soumis à la taxe différentielle (vignette), tous les poids lourds, remorques et semi-remorques de PTAC supérieur à 16 tonnes sont assujétis à une taxe à l'essieu, dépendant du ministère chargé des finances (Direction Générale des Douanes et des Droits directes) ; deux tarifications sont possibles (par trimestre ou par jour) pour 6 classes de véhicules : camions 2 essieux, camions 3 essieux, tracteurs + semi-remorque 1 essieu, tracteurs + semi-remorque 2 essieux, remorques 2 essieux, et transports exceptionnels (Pillot, 1992 ; Brunet, 1997). Rappelons que les véhicules non motorisés (remorques et semi-remorques) ne nous concernent pas directement dans la mesure ou ils n'émettent pas de polluants.

### **II.1.1.3. Le fichier central des automobiles**

Lorsqu'un véhicule est nouvellement immatriculé, il lui est systématiquement attribué un certificat d'immatriculation (carte grise) dont les mouvements sont gérés par les préfetures. Un certain nombre de renseignements figurent sur ce document, qui permettent une classification relativement fine des véhicules : genre (véhicule particulier ou utilitaire), marque, modèle (numéro de type Mines), puissance fiscale, poids. Ce fichier pourrait être l'outil idéal pour quantifier le parc automobile réel ; malheureusement, les flux sortants (véhicules détruits ou sortis du territoire) sont assez mal connus dans la mesure où la carte grise est dans ce cas rarement restituée, laissant croire, à tort, que ces véhicules sont encore en circulation.

### **II.1.2. Les résultats d'enquêtes**

Les enquêtes à proprement parler concernent l'analyse d'un échantillon, d'individus ou de véhicules, représentatif de la population étudiée. Ces échantillons sont renouvelés totalement ou partiellement à chaque vague de questionnaire, la périodicité s'étalant de plusieurs mois à plusieurs années. Aucun suivi dans le temps des comportements d'équipement (taux de ménages équipés/total) ou de motorisation (nombre de véhicules pour 1000 habitants) n'est donc possible puisque les éléments interrogés changent régulièrement. Pour pallier ce problème, il est possible de conserver le même échantillon d'individus pendant un certain temps (selon la durée choisie pour l'étude), ce qui permet de suivre les évolutions de comportements au cours du temps : ces échantillons sont alors appelés panels. Les champs concernés peuvent être très diversifiés : individus ou véhicules, ménages français ou résidents, véhicules possédés ou mis à disposition

(fig. 1), véhicules particuliers ou utilitaires légers.... Nous passons en revue ci-dessous les principaux panels et enquêtes réalisés en France (Madre et Le Mennec, 1991), qu'ils concernent directement l'automobile ou l'équipement général des foyers.

### **II.1.2.1. Les enquêtes**

- l'enquête de conjoncture auprès des ménages effectuée par l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques), concerne les ménages résidant en France (quelle que soit leur nationalité) et les véhicules particuliers dont ils disposent. Les questions consacrées au véhicule concernent notamment son carburant, sa marque, son modèle, son prix d'achat et son âge ainsi que l'usage annuel qui en est fait (kilométrage) ;

- l'enquête menée par les assurances auprès de 25 000 ménages sociétaires résidant en France sur l'usage qu'ils font des véhicules particuliers et utilitaires légers dont ils ont la disposition (Madre et Le Mennec, 1991 ; APSAD/Pollet, 1993). Cet échantillon est déterminé à partir d'un fichier regroupant les véhicules assurés. Les caractéristiques automobiles renseignées dans le questionnaire adressé aux individus enquêtés sont la marque, les modèle et version, le type de carrosserie, le carburant, le type d'embrayage, les équipements radio et anti-vol et l'âge du véhicule ainsi que son kilométrage annuel.

- l'enquête réalisée par le SES (Service d'Economie et de Statistique, Ministère des transports, ex-OEST) à partir d'un échantillon de cartes grises extrait du fichier central des automobiles. Il ne s'agit ici que des véhicules particuliers de moins de 15 ans, mis à disposition des ménages, des sociétés et des collectivités. Les caractéristiques techniques spécifiées dans les résultats de cette enquête sont la puissance fiscale et la classe d'âge (5 classes au total -OEST/Decure, 1995) ;

- les enquêtes annuelles sur le transport routier de marchandise (TRM), trafic de voyageurs par autobus et autocars et utilisation des véhicules utilitaires légers en France. Comme pour les véhicules particuliers, les questionnaires concernent des véhicules échantillonnés dans le fichier central des automobiles (Decure/OEST, 1995 ; Rouxel/OEST, 1995). Les informations renseignées sur les questionnaires et communes à tous les véhicules sont entre autres l'âge, la marque, le type, le numéro de type Mines et le PTAC. Le nombre de places est demandé pour les véhicules de transports en commun. Le numéro de type Mines permet à l'exploitant des enquêtes d'avoir accès à un grand nombre de caractéristiques technologiques, notamment le carburant. D'autres questions concernent l'utilisation détaillée qui est faite du véhicule enquêté.

### **II.1.2.2. Les panels**

- le panel "parc auto" de la SOFRES est constitué de 10 000 ménages de nationalité française résidant en France et couvre les véhicules particuliers et certains utilitaires légers dont ils disposent.

Les questions techniques consacrées au(x) véhicule(s) sont assez fournies, regroupant notamment des informations sur la marque, le modèle et le type du modèle, la carrosserie (type et code), le moteur (cylindrée, type, carburant, suralimentation, catalyseur, consommation), la puissance fiscale, le numéro de type Mines et l'âge.

- le panel SECODIP est restreint aux véhicules particuliers (3 300 véhicules) à disposition de ménages résidant en France. Les panelistes remplissent un carnet de bord deux fois par mois. Les déclarations portent sur les achats de carburant et leur prix, le kilométrage au compteur et les kilomètres effectués en ville, sur route et sur autoroute (Curtet, 1997). Notons que le champ est identique à celui couvert par l'enquête de conjoncture de l'INSEE.

Malgré une grande diversité, les résultats d'enquête ou les données de panels sont assez lourds et longs à exploiter. De plus, dans la mesure où les individus ne sont pas interrogés en continu, ils sont susceptibles d'oublier ou de déformer un certain nombre de renseignements faisant appel à leur mémoire ou leur appréciation personnelle. Il faut également garder à l'esprit que toute la population et tous les véhicules ne sont enquêtés, ce qui occulte, malgré des méthodes de redressement efficaces, une partie de l'information. Enfin la comparaison des données issues de ces enquêtes (ou panels) s'avère relativement complexe dans la mesure où les champs peuvent être très différents les uns des autres ; les paramètres "véhicule" pris en compte peuvent être également très divers en fonction des objectifs recherchés (carburant, âge, marque, type, gamme, kilométrage...). En ce qui concerne les projections de parc, elles sont difficiles à établir à partir de l'observation de contextes annuels successifs qui rendent compte de situations instantanées dont il n'est pas toujours possible de déduire une quelconque tendance. Pour toutes ces raisons, et bien que fournissant des renseignements technologiques assez variés, l'établissement d'un inventaire précis à partir de résultats d'enquêtes ou de données de panels nous est apparu trop hasardeux ; c'est la raison pour laquelle nous avons choisi d'élaborer un modèle de calcul du parc.

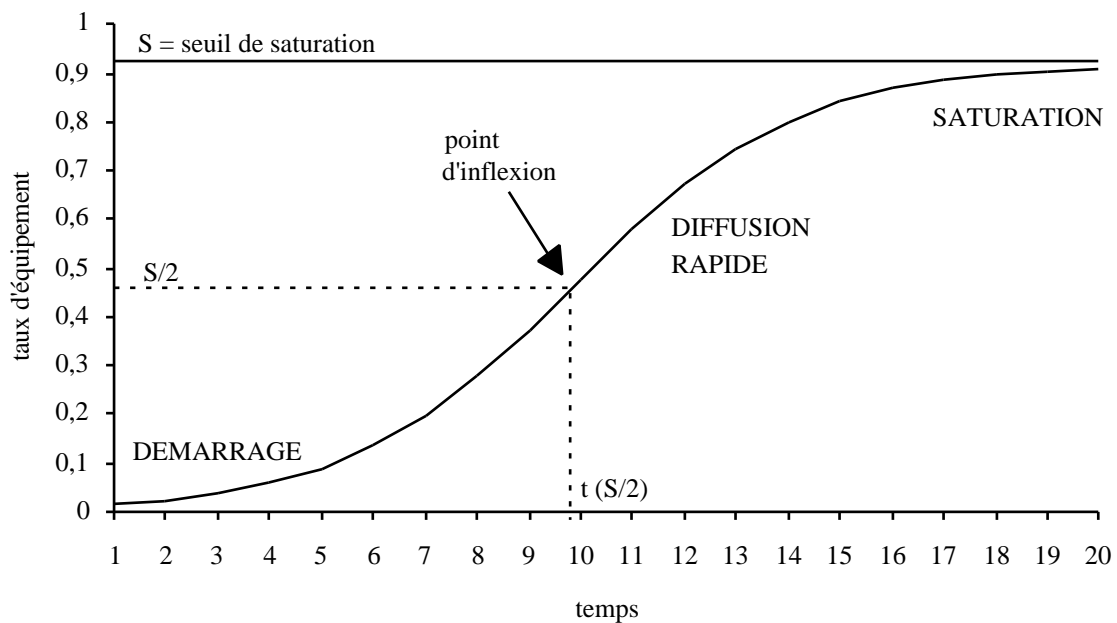
L'absence de données statistiques détaillées permettant de déterminer avec certitude le volume mais surtout la structure du parc automobile est à l'origine du développement des modélisations dans ce domaine, dont les méthodes de calcul sont aussi variées que les objectifs sont différents. Nous allons rapidement passer en revue les diverses approches actuellement existantes en essayant de mettre en évidence les avantages et les inconvénients de chacune et de justifier notre choix méthodologique.

## **II.2. Les modélisations**

### **II.2.1. Les modèles agrégés**

Première tentative de modélisation du parc automobile (dans les années cinquantes), les modèles dits agrégés furent utilisés pour prévoir le développement de la mobilité individuelle et

pouvoir adapter les infrastructures concernées. Purement descriptive, cette approche est basée sur l'évolution au cours du temps d'un taux global d'équipement en biens matériels (nombre de ménages équipés / nombre total de ménages, ou nombre moyen de biens étudiés par ménage ou par habitant) sans tenir compte du contexte économique et des motivations poussant les individus à s'équiper.





*Figure 2 : Courbe logistique (diffusion dans le temps d'un taux d'équipement)  
(d'après Poluzot, 1970 et Gallez, 1994)*

En théorie, ces modèles, également appelés modèles de croissance, assimilent l'évolution du taux d'équipement à une diffusion dans le temps suivant une courbe sigmoïdale (ou courbe logistique - fig. 2) symétrique autour d'un point d'inflexion. L'expression mathématique est donnée par une fonction de Gompertz (Kuhlmann, 1975 -Shell, 1975, 1979 -OECD studie, 1977 -Hopf, 1978, -Hautzinger et Kessel, 1978 -Drucksache 8/4437, 1980 dans Jost et coll., 1981 ; Franses, 1994 ; Zachariadis et coll., 1995 ; Kyriakis et coll. 1997). Trois phases sont ainsi distinguées : un démarrage lent, une diffusion rapide et une saturation tendant vers une limite supérieure dite seuil de saturation. La caractéristique de ce modèle réside dans la détermination de ce seuil. S'il semble très valable pour des biens d'équipement tels que machine à laver ou magnétoscope pour lesquels le multiéquipement n'existe pratiquement pas, il semble moins adapté à l'automobile. D'une part, l'analyse des évolutions passées de la motorisation met en évidence l'assymétrie de la croissance réelle, la saturation étant atteinte plus lentement que dans la théorie. D'autre part, la forme de la courbe ne permet pas toujours de prévoir la valeur du seuil de saturation lorsque l'on se trouve dans la phase de diffusion : elle ne comporte pas systématiquement de véritable point d'inflexion. Il est par conséquent impossible dans ce cas de prévoir à l'avance le seuil de saturation qui en découle. Enfin, les seuils de saturation en motorisation prévus par le passé au cours d'études basées sur ce modèle ont souvent été dépassés (Poluzot, 1970). Cette situation est la conséquence directe du développement du multi-équipement des ménages (plusieurs véhicules par foyer), la voiture étant devenue un bien de consommation courante et non plus un objet de luxe (Gallez, 1994), ce qui rend la prévision du seuil limite plus qu'incertaine, l'essor de la deuxième voiture venant parasiter le développement théorique de la première. Pour compléter cette modélisation globale, il est possible de retracer l'historique des parts de diverses catégories de véhicules au sein du parc global (Zachariadis et coll., 1995 ; Kyriakis et coll., 1997) et de les prolonger dans le futur pour effectuer des projections de structure du parc. C'est en quelque sorte une désagrégation du modèle agrégé. Plus le nombre de paramètres retenus pour décrire la catégorie de véhicules est important, plus la structure sera fine. Cependant, un trop grand nombre de facteurs rend l'analyse fragile et les projections risquées.

### **II.2.2. Les modèles désagrégés**

Compte tenu des limites et inconvénients inhérents à l'approche agrégée, le besoin d'étudier les comportements individuels et les choix de motorisation qui en résultent s'est fait sentir dans le but de modéliser non plus le développement global du parc automobile mais les règles qui régissent sa structure. Ces choix sont influencés par un certain nombre de facteurs micro-économiques, principalement le revenu mais également la catégorie socio-professionnelle, l'âge et la composition du ménage, le coût d'usage du véhicule etc... dont l'analyse et les prévisions d'évolution vont permettre d'estimer le parc résultant et sa structure. Le modèle de Cramer (1959) est un des modèles le plus classiques mis au point pour l'étude de la motorisation à partir d'enquêtes sur les dépenses des ménages (Poluzot, 1970). Ce travail est basé sur l'analyse du seuil de revenu minimal au dessous duquel un ménage n'a pas accès à l'automobile. Par la suite, d'autres modèles désagrégés se sont intéressés à la fonction d'utilité (satisfaction retirée de l'utilisation d'un bien) associée à l'acquisition d'une automobile, expliquée par les critères socio-économiques décrits ci-dessus mais également par la localisation géographique du ménage.

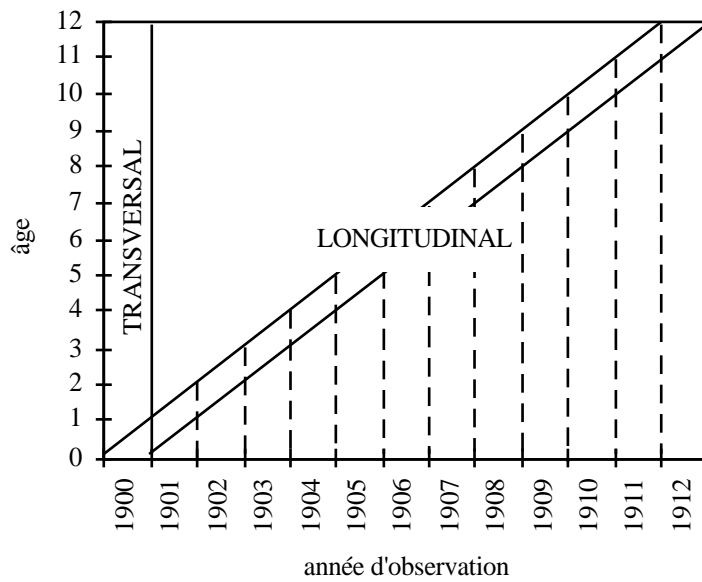


Figure 3 : Diagramme de LEXIS (d'après Pressat, 1981 dans Gallez, 1994).

De là découle la construction de modèles de choix discrets ou probabilistes (Jorgensen et Wentzel-Larsen, 1990), mettant en oeuvre la probabilité pour un ménage d'être motorisé (modèles Logit et Probit - Gallez, 1994). Les paramètres des modèles désagrégés sont estimés à partir de données d'enquête décrivant les comportements individuels à une certaine date. Cependant, ces paramètres ne sont pas nécessairement stables sur une longue période de temps, notamment en raison de l'impact du processus de diffusion, qui se caractérise par une démocratisation de l'automobile. Cependant, l'introduction d'une dérive temporelle pour rendre compte de ce phénomène de diffusion (et pouvoir effectuer des projections) dans une description de type causale présente le désavantage d'en linéariser les effets, qui peuvent être en réalité très irréguliers, s'atténuer au cours du temps ou même s'inverser. Par ailleurs, le fait de s'intéresser aux facteurs qui gouvernent la motorisation rend la modélisation instantanée plus précise mais fragilise les prévisions dans la mesure où tous les paramètres comportementaux ne peuvent être pris en compte et où l'évolution à long terme de certains de ces facteurs (notamment les facteurs économiques) reste assez incertaine. Le risque principal réside dans le fait que des variables ignorées pour la construction du modèle peuvent venir perturber le comportement sans que la situation fondamentale du ménage ne subisse de changements apparents.

En résumé, l'approche agrégée permet d'expliquer (et de modéliser) un phénomène à partir d'une grandeur unique en fonction du temps alors que la modélisation désagrégée prend en compte un ensemble de facteurs pour définir, en détail mais de façon instantanée, le même phénomène.

### II.2.3. Le modèle démographique

Avant de présenter les caractéristiques de cette modélisation, il est indispensable de comprendre le mécanisme d'analyse des comportements qui seront modélisés. En effet, le modèle démographique est construit sur la base d'une étude dite longitudinale des populations au cours du temps, par opposition à une analyse transversale plus restreinte :

**L'analyse transversale** : elle donne une image instantanée d'une population à un instant donné (en général à l'échelle annuelle -fig. 3), population constituée d'un mélange d'individus de générations différentes, dont les comportements sont automatiquement influencés par leurs historiques respectifs (Gallez, 1994). Or l'effet génération n'est pas pris en compte dans ce type d'analyse. C'est ce qui caractérise principalement les données d'enquête auprès de la population, le groupe interrogé étant renouvelé partiellement ou intégralement à chaque vague de questionnaires. Il est de plus difficile de raccorder plusieurs coupes instantanées pour effectuer un suivi dans le temps dans la mesure où un phénomène ponctuel peut être piégé lors d'une vague d'interrogation au cours d'une année et n'exister ni l'année suivante ni l'année précédente.

**L'analyse longitudinale** : habituellement utilisée en démographie, elle consiste à analyser la motorisation en suivant l'évolution des comportements de générations successives d'individus (Gallez, 1994). Elle permet de prendre en compte les influences conjointes de l'âge de l'individu, de sa génération et de la période d'étude.

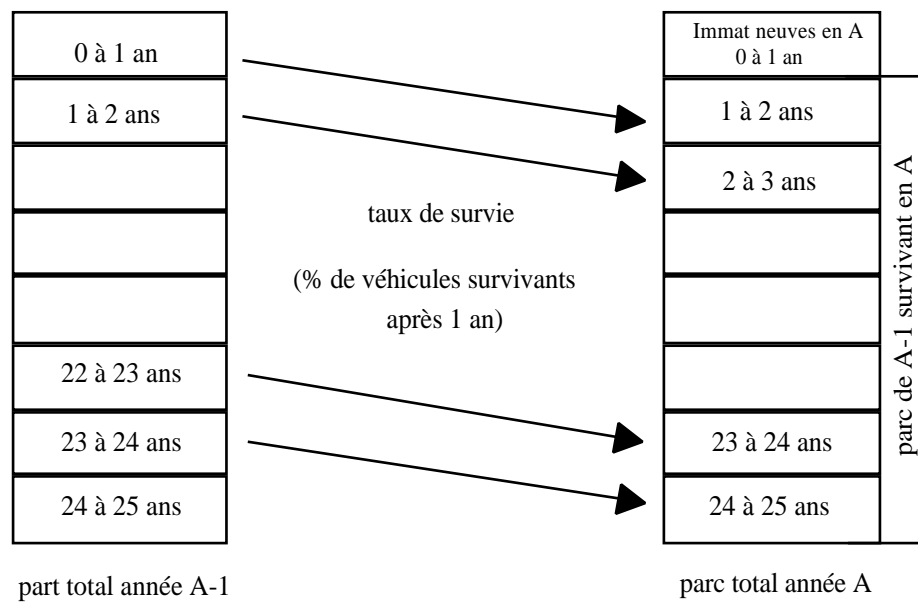


Figure 4 : Renouvellement du parc automobile d'après Glaude et Moutardier, 1978.

En ce qui concerne l'automobile notamment, les générations anciennes n'y ont eu qu'un accès très limité tandis que les générations récentes l'ont toujours intégrée dans leur cadre de vie, d'où une divergence importante au niveau de la motorisation qui n'est pas uniquement liée dans ce cas au revenu du ménage. De là est née la notion de panel, qui correspond au suivi régulier d'un groupe invariant d'individus au cours du temps, permettant d'associer la dimension "coupe" (transversale) et la dimension "série" (évolution temporelle). L'analyse longitudinale permet d'étudier les processus alors que l'approche transversale ne décrit que des états.

Dans **le modèle démographique**, ce ne sont plus les facteurs économiques qui sont considérés comme prédominants dans les choix d'équipement des ménages, mais plutôt des facteurs démographiques tels que l'âge et la génération associés au contexte socio-économique de la période d'étude. Cette modélisation est construite à partir de l'analyse longitudinale des comportements d'équipement en automobile : ce ne sont plus des populations globales d'individus qui sont étudiées mais des groupes homogènes, appelés cohortes, dont le but est l'étude de générations successives au cours du temps. Il est ainsi possible de mettre en évidence les facteurs responsables des changements comportementaux concernant la motorisation de chaque génération (croissance de la motorisation des femmes, remplacement des générations âgées peu motorisées par des générations plus récentes...). L'observation des générations successives au cours du passé montre une stabilité de leur comportement permettant d'effectuer des projections économiques et structurelles à long terme, pour ensuite en déduire les évolutions du taux d'équipement, de la motorisation et donc du parc automobile (van den Broecke-van den Leusden, 1987 ; Janson, 1989 ; Gallez, 1994). Il subsiste cependant dans cette approche une incertitude non négligeable sur les générations jeunes et futures, pour lesquelles le recul est faible, voir inexistant (Gallez, 1994) et dont les comportements risquent tout de même de varier par rapport aux générations qui ont pu être étudiées sur l'ensemble de leur histoire.

#### II.2.4. Les modèles dits de survie

Ce n'est plus cette fois les comportements d'équipement en automobile qui sont étudiés mais leur conséquence directe c'est à dire la structure du marché des véhicules neufs et la nature des véhicules en circulation. Il s'agit d'associer mathématiquement les flux d'entrée et de sortie des véhicules du parc par l'intermédiaire des immatriculations de véhicules neufs (entrées) et de leur rythme de vieillissement (sortie) (Joumard, 1986 ; de Castelneau, 1995). Cependant, il arrive que l'on exploite les résultats des modèles exposés précédemment pour avoir des données économiques fiables pour nos calculs. C'est la solution que nous avons choisie pour les lois de survie et les prévisions futures d'immatriculations de véhicules neufs, issus du modèle démographique développé à l'Inrets (Gallez, 1994).

Le parc automobile d'une année A est une accumulation des véhicules immatriculés neufs toutes les années antérieures à A encore en circulation (c'est à dire le parc de l'année A-1 survivant en A) auxquelles s'ajoutent les immatriculations neuves de l'année A (fig. 4). Le pourcentage des véhicules survivant dans chaque classe d'âge correspond au taux de survie. Selon les données dont on dispose, ce type de modèle peut être utilisé pour calculer les taux de survie, le parc en circulation

ou les immatriculations de véhicules neufs (marché automobile). Le CCFA (Comité des Constructeurs Français d'Automobile) par exemple estime le parc en A en ajoutant les immatriculations neuves au parc de A-1 survivant en A. Les valeurs des taux de survie appliqués pour connaître ce parc survivant ne sont cependant pas publiés dans la littérature.

C'est dans cette catégorie que nous situons notre travail, présenté en détail à la suite de ce chapitre bibliographique. Nous nous sommes cependant basés sur des hypothèses macro-économiques fortes établies à partir du modèle démographique présenté ci-dessus (Gallez, 1994) concernant notamment l'évolution de l'équipement des ménages en automobile neuves en France.

A partir de ce travail sur les immatriculations neuves totales de véhicules particuliers, nous avons effectué une étude très détaillée des tendances passées des paramètres technologiques de ces véhicules pour tenter d'en déduire des évolutions futures. Nous obtenons ainsi une structure technologique très fine du parc automobile entre 1970 et 2020. La particularité de cette méthode est de pouvoir à tout moment introduire des modifications plus ou moins brutales au niveau des véhicules neufs (par exemple l'instauration du catalyseur) et d'en suivre les effets progressifs sur le parc. Cette modélisation n'est en aucun cas une simulation mathématique théorique mais une méthode de calcul applicable au passé comme au futur, basée sur des informations issues de l'étude des comportements d'individus ou de sociétés vis à vis des véhicules routiers en France.

Nous avons choisi de considérer les taux de survie comme étant stables au cours du temps et avons utilisé des valeurs représentant une loi moyenne sur une période de 20 ans (1972 à 1992 - Gallez, 1994). Cependant, les phénomènes d'équipement et de motorisation étudiés par l'intermédiaire de l'analyse longitudinale et du modèle démographique montrent que ce taux de survie peut varier très irrégulièrement au cours du temps, au gré de l'évolution de la conjoncture socio-économique par exemple (Gallez, 1994). Il est toutefois possible de travailler sur un modèle de ce type en paramétrant la survie en fonction du temps de façon à tenter de refléter les comportements des générations successives (Romanowicz et Owsinski, 1988).

En appliquant une loi de survie constante élaborée à partir de l'analyse des comportements avant 1992, l'influence sur la mortalité des véhicules de mesures telles que le contrôle technique rendu obligatoire à partir du 1er janvier 1992 (pour les véhicules de plus de 10 ans à cette époque - JO, 1991) ou plus tardivement l'apparition des primes à la casse, est partiellement occultée. Dans le premier cas, on peut penser que les premières années d'application du règlement ont été caractérisées par un écrémage des plus vieux véhicules jugés inutilisables. C'est du moins le but recherché par la mise en place d'une telle mesure (Pollet, 1997). Dans ce cas, le taux de survie fut probablement abaissé à partir de 10 ans, âge pour lequel les premiers contrôles eurent lieu. Par la suite, l'extension de ce contrôle aux véhicules plus jeunes et la peur d'un résultat négatif incite les propriétaires à entretenir le mieux possible leur automobile de façon à en reculer le plus possible la mise au rebut. Le coefficient de survie est alors cette fois étiré vers des âges plus anciens, les véhicules mieux entretenus survivant plus nombreux et plus longtemps. En ce qui concerne la prime à la casse, l'objectif était de relancer l'industrie automobile en encourageant les propriétaires de

vieux véhicules à s'en débarrasser au profit de voitures neuves. Le coefficient de survie sera dans ce cas affaibli pour les âges les plus élevés tant que durera la prime.



### **III. Méthode générale de calcul**

Un des objectifs de notre calcul est d'étudier les répercussions sur le parc des véhicules en circulation des modifications qui peuvent intervenir sur les véhicules neufs. Nous avons par conséquent construit notre méthodologie à partir des immatriculations de véhicules neufs. Cependant, les données exploitables pour le calcul du parc automobile étant très hétérogènes en terme de précision, de détail et de volume, nous avons dû adapter notre méthode aux informations qui étaient globalement disponibles.

#### **III.1. Principe de calcul**

Si l'on prend comme référence l'année A (au 31 décembre), le parc des véhicules qui circulent sur le territoire français pendant cette année regroupe :

- les véhicules neufs immatriculés pendant l'année A ;
- les véhicules d'occasion également immatriculés pendant cette année ;
- les véhicules immatriculés les années antérieures à A (années A-1 à A-X) encore en état de fonctionnement ; nous verrons ultérieurement que X n'est pas équivalent pour tous les types de véhicules (de 21 ans pour les tracteurs routiers à 29 ans pour les bus)

Les véhicules d'occasion immatriculés chaque année sont pour la plupart des véhicules qui ont été immatriculés en France comme véhicules neufs quelques temps auparavant ; pour éviter une double comptabilisation de ceux-ci, nous ne considérerons donc que les apports de véhicules neufs. Une certain nombre d'entre eux ont été achetés d'occasion à l'étranger et n'ont par conséquent jamais été intégrés en France comme immatriculations neuves (cf. § I.2.2.).

La méthodologie est basée sur le principe suivant : les immatriculations annuelles de véhicules neufs sont prises en compte pour les X années précédant l'année choisie pour le calcul, X représentant l'âge maximum possible des véhicules du parc. Cependant, tous ces véhicules neufs ne survivent pas ces X années. Un certain nombre d'entre eux sont mis hors d'usage bien avant (l'âge moyen du parc est actuellement légèrement supérieur à 6 ans (Hivert, 1996)) et ne doivent donc plus être comptabilisés comme roulant. Pour tenir compte du rythme de vieillissement de ces véhicules neufs au cours du temps, le nombre d'immatriculation de chaque véhicule est multiplié individuellement par un coefficient de survie. Celui-ci correspond à la part de véhicules d'un certain âge encore en vie par rapport à la totalité des véhicules immatriculés neufs la même année. Il est propre à chaque classe de véhicule en fonction de son carburant et de sa classe de taille (cylindrée ou poids). La somme de tous les survivants représente donc le parc statique.

Le calcul peut donc se résumer comme suit :

$$P_A = (I_A \times CS_0) + (I_{(A-1)} \times CS_1) + (I_{(A-2)} \times CS_2) + \dots + (I_{(A-26)} \times CS_{26})$$

c'est à dire :

$$P_A = \sum_{(X=0 \rightarrow N)} [I_{(A-X)} \times CS_X] \quad (1)$$

$$\text{avec } CS_X = S_X / I_{(A-X)} \quad (2)$$

et

- A : Année de calcul du parc ;
- N : Âge maximum des véhicules considérés ;
- $P_A$  : Parc statique en circulation l'année A ;
- $CS_X$  : Coefficient de survie pour l'année X (1 pour X=0, 0 pour X=N+1 ans) ;
- $I_A$  : Nombre de véhicules neufs immatriculés pendant l'année A ;
- $S_X$  : Nombres de véhicules d'âge X survivants l'année A ;

CS est très proche de 1 pour les véhicules neufs (pour X=0 : très peu d'entre eux sortent du parc pendant leur année d'immatriculation) et diminue lorsque l'âge X augmente. A partir d'un certain âge (âge maximum), on estime que plus aucun véhicule ne subsiste et le taux devient nul. La série de ces coefficients (loi de survie) est considérée au cours du calcul comme stable au cours du temps. C'est en fait une approximation dans la mesure où les variations sont nombreuses et irrégulières. La durée de vie d'une automobile (autrement dit le temps au bout duquel le propriétaire s'en débarrasse) dépend en grande partie de la conjoncture socio-économique du moment. Il paraît par conséquent difficile de paramétrer ces coefficients en fonction du temps, ce qui reviendrait à leur appliquer une tendance progressive (linéaire ou non) d'évolution qui ne semble pas avoir été la leur au cours du passé.

De la même façon, nous obtenons le "parc" annuel de véhicules hors d'usage (VHU) en multipliant les immatriculations par  $(1-CS_X)$ . On obtient alors la quantité de véhicules mis hors d'usage depuis l'année (A-X). Pour connaître le rythme annuel d'élimination, il suffit de soustraire le parc de VHU de l'année A à celui de l'année (A-1).

Pour obtenir le parc roulant, chaque modèle immatriculé sera multiplié par un coefficient représentant l'importance du kilométrage de sa catégorie par rapport à la moyenne nationale du kilométrage de l'ensemble des véhicules (cf. § I.1.2.) :

$$Pr_A = I_A \times CK + (I_{(A-1)} \times CS_1) \times CK + \dots + (I_{(A-27)} \times CS_{26}) \times CK$$

c'est à dire :

$$Pr_A = \sum_{(X=0 \rightarrow N)} [I_{(A-X)} \times CS_X \times CK] \quad (3)$$

avec :  $Pr_A$  le parc roulant en circulation l'année A ;  
CK le coefficient kilométrique ;

*Les autres paramètres sont identiques à (1)*

A chaque véhicule correspond en fait deux coefficients CK croisés : le premier varie avec l'âge (plus un véhicule est âgé et moins il roule) et le second en fonction de la classe de taille croisée avec le carburant (les diesel de cylindrée supérieure à 2 litres roulent par exemple plus que les essence de petite cylindrée). Nous avons considérés ces deux coefficients comme stables au cours du temps. Le coefficient résultant peut ensuite être décomposé selon les parts respectives effectuées en ville, sur route ou sur autoroute (évoluant cette fois en fonction de l'année de calcul) dans le but de calculer le parc roulant par type de voie. Nous aborderons au chapitre 2P.IV.1 le calcul de ces coefficients.

Les effectifs du parc roulant ainsi obtenus correspondent à des nombres de véhicules puisqu'ils sont issus d'une multiplication du parc statique par des coefficients sans unité. Les véhicules sont pondérés les uns par rapport aux autres (en fonction des paramètres de taille, carburant et âge) au sein d'une même catégorie (VP, VUL, bus, camions, tracteurs routiers). Pour obtenir des circulations globales (véh.km ou km totaux), il suffit de multiplier l'effectif de chaque sous-catégorie technologique par le kilométrage annuel moyen (sur l'ensemble du territoire) de la catégorie à laquelle elle appartient. Des véhicules représentés en faible quantité mais parcourant un grand nombre de kilomètres prennent ainsi une plus grande importance au sein de la circulation.

Mis à part la répartition par réseau (ville-route-autoroute, cf. § 2P.IV.2.4), les coefficients kilométriques pondérateurs ont été considérés comme constants au cours du temps. De même pour le calcul des circulations, la valeur des kilométrages annuels moyens (première colonne du tableau) reste stable dans le temps. Nous verrons par la suite qu'il est tout à fait possible de modifier cette hypothèse et d'effectuer le même calcul avec des kilométrages variables. Cependant, si cette supposition de stabilité n'est pas forcément judicieuse en ce qui concerne les poids lourds de transport de marchandise, elle est plus réaliste pour les véhicules légers. En effet, si l'on analyse le kilométrage annuel moyen des véhicules particuliers (tous carburants confondus -cf. § 2P.IV.2.4), on constate qu'il stagne depuis 1985. Cette valeur moyenne varie principalement sous l'influence de la distribution essence-diesel du parc statique. Si dans le futur on envisage une croissance de la diésélisation, les véhicules diesels à fort kilométrage vont remplacer dans les foyers des véhicules (essence) à plus faible kilométrage, aboutissant à une probable diminution de l'usage de ces nouveaux véhicules. Par ailleurs, l'acquisition de véhicules dont le cout kilométrique est inférieur peut provoquer un accroissement du kilométrage annuel que le foyer avait jusque là l'habitude de parcourir ; il n'est donc pas illogique de considérer que le parcours moyen annuel (tous carburants confondus) restera stable dans le futur. L'hypothèse inverse d'une diminution du parc statique diesel en faveur de l'essence ne correspondant pas forcément à un affaiblissement de la mobilité des ménages, des véhicules (essence) roulant peu vont remplacer des véhicules (diesel) très sollicités. Dans certains foyers, les déplacements ne vont pas varier et les véhicules à essence vont rouler autant que leurs homologues diesel. Dans d'autres ménages par contre, l'augmentation du tarif à l'usage des véhicules essence peut avoir tendance à réduire leur déplacements. On assistera par

conséquent à un résultat équivalent de stagnation du kilométrage moyen annuel (tous carburants confondus).

### **III.2. Données nécessaires**

Les véhicules du parc sont étudiés sous différents aspects : outre l'effectif de chaque modèle immatriculé, ce sont certaines de ses caractéristiques techniques (telles que la technologie, puissance réelle et taille du moteur), la réglementation concernant les gaz d'échappement à laquelle il est soumis, et le kilométrage qu'il parcourt annuellement qui nous intéressent. C'est sur ces critères que nous construirons la structure de notre parc.

#### **III.2.1. Les immatriculations de véhicules neufs**

La source principale de renseignements provient des cartes grises ; toutes les informations contenues dans ce document sont consignés sur un fichier national (Fichier Central des Automobiles) ainsi que le nombre de ces cartes délivrées chaque année aux véhicules nouvellement immatriculés.

Beaucoup trop volumineux pour être analysé dans son ensemble, c'est un échantillon de véhicules qui est ponctionné chaque année, étudié puis extrapolé pour obtenir la totalité des immatriculations sur le territoire français. Fastidieux et long, ce travail n'a pas été réalisé au cours de la période de recherche ; nous avons exploité les données fournies annuellement par les statisticiens de l'Argus de l'Automobile (Argus, 1956-1996) et dont la fiabilité est estimée par eux même à 99% (Delion, 1996), de l'Observatoire Économique et Statistique des Transports (O.E.S.T., 1995), du Comité des Constructeurs Français d'Automobile (C.C.F.A., 1995) et de l'Association Auxiliaire de l'Automobile (A.A.A : Garrigues, 1996).

Ces immatriculations sont suivies et régulièrement comptabilisées en France depuis les années cinquante. Nous avons choisi de calculer le parc à partir de l'année 1970. En fonction du taux de survie des véhicules et de leur âge maximum (différent suivant le type de véhicule considéré), nous aurons besoin des chiffres remontant au maximum à 1941 pour les véhicules survivant le plus longtemps (nous verrons dans le paragraphe traitant des coefficients de survie qu'il s'agit des bus, dont les plus vieux atteignent 29 ans). N'ayant pas de données technologiquement détaillées antérieures à 1970, nous extrapolerons les immatriculations des 1970 en leur appliquant (modèle par modèle) un coefficient représentant l'évolution des immatriculations totales avant 1970. Les caractéristiques techniques de ces "nouvelles vieilles" immatriculations seront par conséquent les mêmes que celle de 1970.

Dans certains pays de l'Union Européenne, le prix hors taxes des voitures est plus bas qu'en France. De plus en plus de particuliers sont ainsi tentés par l'acquisition d'un véhicule à l'étranger.

Les véhicules achetés neufs à l'étranger et qui y séjournent quelques temps avant d'être ramenés et immatriculés en France ne sont pas considérés comme neufs dans le fichier des cartes grises. Ce sont des véhicules qui entre dans le parc sans être passés par l'étape "véhicule neuf" et dont on ne tient pas compte dans les calculs. Leurs quantités ne sont pas connues précisément mais nous les savons de plus en plus importantes. Les négliger peut donc être une source sensible d'erreur, notamment en ce qui concerne le parc actuel et futur.

Puisque nous avons choisi de calculer le parc à partir de 1970, nous avons donc besoin des immatriculations de véhicules N années avant 1970, N étant l'âge maximum au delà duquel le coefficient de survie est nul, ce qui signifie qu'il n'y a pas en circulation de véhicules plus âgés que N. Pour les véhicules particuliers, les immatriculations remonteront jusqu'en 1944 ; pour les véhicules utilitaires, l'année minimum sera 1941 pour les bus et cars, 1946 pour les camions, 1948 pour les véhicules utilitaires légers et 1949 pour les tracteurs routiers.

### III.2.2. Les caractéristiques techniques

Elles doivent être connues pour chaque véhicule afin de pouvoir calculer une image technologiquement représentative du parc en service, indispensable pour les calculs d'émissions de polluants. Nous nous sommes donc employés à recueillir des informations concernant :

- **le véhicule** : la nationalité du constructeur, la marque, le modèle (205 par exemple) et son type (SRD), la puissance (en kilowatts), la masse à vide (en kilogrammes) des véhicules particuliers, les diverses capacités pondérales des véhicules utilitaires : poids total autorisé en charge (PTAC) pour les utilitaires légers, les camions et les bus, poids total roulant (PTR) pour les tracteurs routiers (en t, annexe I). On notera qu'il est souvent fait référence, dans la littérature, au "poids" d'un véhicule alors qu'il s'agit en fait de sa masse. Nous avons repris cette terminologie, tout en sachant qu'elle était incorrecte, le mot "poids" étant devenu un terme technique consacré.

Nous nous sommes également intéressés à la climatisation. Ce procédé de refroidissement de l'habitacle équipe de plus en plus de véhicules sur le marché français et son fonctionnement est loin d'être anodin en ce qui concerne les émissions de polluants et la consommation énergétique : des essais réalisés récemment sur des véhicules climatisés mettent en évidence une surconsommation moyenne d'environ 20% en ville (Barbusse, 1996).

- **Le moteur** : deux grandes catégories de carburant (essence et diesel), la cylindrée (en litres ou centimètres cubes) des véhicules particuliers, la puissance réelle (longtemps exprimée en chevaux, elle l'est maintenant en kilowatts,  $1\text{kW}=1,36\text{ ch}$ ), la consommation moyenne (en l aux 100 km) pour trois types de circulation différents (en ville, à 90 km/h et à 120 km/h), le mode de carburation (à carburateur ou à injection de carburant), l'éventuelle suralimentation (turbo /

atmosphérique), l'adaptation pour le Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL). Les véhicules équipés d'un moteur électrique sont intégrés à la catégorie "essence".

Un bon nombre de ces renseignements ne figurent pas dans les fichiers d'immatriculations. Ce n'est qu'à partir de 1979 (respectivement 1987) que les cylindrées des véhicules particuliers et PTAC des utilitaires légers sont donnés. Pour l'ensemble des véhicules (particuliers et utilitaires), la puissance réelle, la consommation moyenne, le type de moteur, le mode d'alimentation ne sont pas fournis avec les immatriculations. Ils ont fait l'objet d'une recherche à part entière dans plusieurs ouvrages techniques ou magazine spécialisés (Argus de l'Automobile, 1994 ; Auto-journal, 1990-1995 ; Desclouds et coll., 1995 ; Pillot 1993 et 1996 ; Octel, 1986-1990 ; Couderc, 1996) ou d'extrapolations lorsque la collecte de données s'est avérée trop longue ou impossible. En ce qui concerne le type de moteur, un seul modèle correspondait parfois à deux types de moteurs différents, comme les versions atmosphérique et suralimenté des diesel ou injecteur et carburateur pour les essence. Quand cela fut nécessaire, nous avons arbitrairement considéré par exemple qu'un cinquième des véhicules à essence immatriculés étaient à injection et un tiers des moteurs diesel étaient suralimentés.

En ce qui concerne la consommation moyenne, l'interprétation des chiffres présentés doit être effectuée avec prudence : ce sont des valeurs mesurées dans des conditions homologuées qui présentent l'avantage d'être comparables entre elles. Mais c'est un paramètre qui varie énormément selon le type de conduite de l'utilisateur du véhicule et qui n'est pas, comme la cylindrée ou la puissance, une caractéristique immuable du moteur. On s'attachera par conséquent plus aux variations annuelles et comparaisons entre les valeurs qu'aux valeurs absolues elles-mêmes.

Compte tenu de certains de ces critères (carburant, masse, cylindrée), chaque véhicule neufs est soumis à une norme Européenne réglementant les quantités de polluants émis dans ses gaz d'échappement.

### **III.2.3. La réglementation des gaz d'échappement**

Chaque véhicule (particulier et utilitaire) immatriculé neuf en France est soumis à une réglementation concernant la composition de ces gaz d'échappement. Cette norme, dont les valeurs sont uniformisées pour tous les pays de l'Union Européenne, fixe des teneurs limites pour les particules (moteur diesel uniquement) ainsi que trois polluants gazeux : le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azotes (NOx) et les hydrocarbures totaux (HC). Les valeurs réglementaires et les dates d'application varient selon les caractéristiques techniques du véhicule considéré. C'est l'Union Européenne qui est la seule source officielle d'information, mais les dates d'application peuvent varier légèrement d'un pays à l'autre lors de la transcription de la directive Européenne dans le droit national.

### **III.2.4. Les coefficients de survie**

Au fur et à mesure que les véhicules vieillissent, un certain nombre d'entre eux disparaissent du parc français. Qu'ils soient mis à la casse (environ deux millions d'épaves par an s'accumulent dans les décharges (Schwartz, 1992)), vendus à l'étranger ou volés et non restitués, ils sont remplacés en permanence par des véhicules nouvellement immatriculés.

Dans le but d'évaluer le rythme de ces disparitions, il faut comparer les quantités de véhicules immatriculés une année X et encore en circulation actuellement et le total de tous les véhicules qui furent immatriculés neufs cette même année X. Le rapport de ces deux valeurs est appelé coefficient (ou taux) de survie. Si le calcul paraît simple a priori, l'accès aux données concernant les véhicules survivants est très difficile ; en effet, un propriétaire qui se débarrasse de sa voiture doit en principe restituer la carte grise à la préfecture. Si la démarche est généralement effectuée lors d'une vente, il n'en est pas de même quand une épave part à la casse. On estime en effet à 70% pour les véhicules particuliers et 70 à 40% seulement pour les utilitaires de plus de 10 ans (OEST, 1995) le nombre de documents effectivement retournés aux autorités dans le cas d'une destruction. Les quelques dizaines de pour-cent qui restent entraînent une distorsion très importante des calculs puisque, bien que détruits, ils sont considérés comme encore en circulation dans les statistiques. C'est cependant la méthode que nous emploierons pour le calcul des coefficients de survie des véhicules utilitaires "lourds" (dont le PTR est supérieur à 5 t).

Pour contourner ce problème et connaître la distribution réelle du parc automobile en terme d'âge des véhicules, il est également possible d'exploiter des résultats d'enquêtes auprès de la population. Nous utiliserons des coefficients de survie ainsi établis pour les véhicules particuliers (Gallez, 1994) et les utilitaires légers (poids total autorisé en charge inférieur à 3,5 t) (de Castelnau, 1996).

### **III.2.5. les kilométrages**

Chaque véhicule en état de fonctionnement parcourt annuellement un certain nombre de kilomètres, variable selon ses caractéristiques techniques (voiture ou utilitaire, carburant, cylindrée, âge...). Ces trajets peuvent être effectués sur plusieurs types de voies de circulation : en ville, sur route ou sur autoroute, la dynamique du trafic y étant évidemment très différente. Cette utilisation des véhicules influence considérablement les émissions de polluants qui en résultent

Les données sont la plupart du temps obtenues à partir d'enquêtes menées auprès de particuliers ou d'entreprises par des organismes de statistiques. Nous utiliserons les résultats de certaines d'entre elles pour effectuer nos calculs.

### **III.3. Disponibilité des données et extrapolations**

Un certain nombre de données présentées ci-dessus existent dans la littérature. Cependant, elles représentent souvent un cas particulier (étude d'un phénomène pour une année unique par exemple) et les courbes résultantes sont très irrégulières ; nous avons dans ce cas recours à un lissage de façon à pouvoir les exploiter comme s'il s'agissait d'une loi générale.

D'autres données, notamment concernant les véhicules utilitaires en général et les poids lourds en particuliers, sont plus rares, dispersées dans le temps, voir inexistantes. Pour ces paramètres, nous avons donc dû avoir recours à un certain nombre de méthodes pour reconstituer ces informations manquantes à partir d'informations proches existantes.

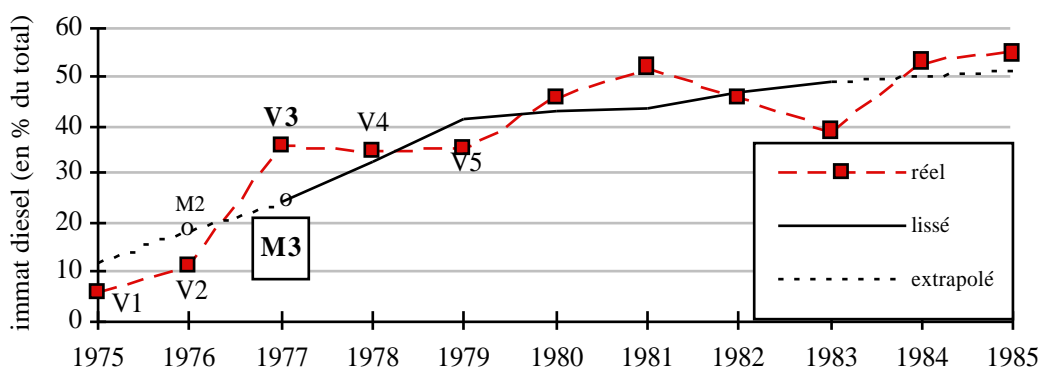


Figure 5 : Exemple de lissage par moyenne mobile sur cinq points (immatriculations de véhicules utilitaires légers diesel entre 1975 et 1985).



Enfin notre objectif principal étant de prévoir un parc automobile futur à partir de l'étude du passé, nous avons extrapolé des données totalement inaccessibles (dans le futur comme dans le passé) en prolongeant linéairement des tendances existantes ou en appliquant des pentes d'évolution trouvées dans la littérature.

Nous avons essayé de rassembler de façon synthétique les méthodologies qui nous ont permis tout au long de notre travail de reconstituer les données manquantes nécessaires pour notre calcul.

### **III.3.1. Lissage des séries**

La méthode la plus adaptée au lissage des courbes irrégulières est l'emploi des moyennes mobiles, qui consiste à gommer les écarts importants entre deux valeurs en les moyennant avec leurs voisines. L'exemple présenté (fig. 5) est une représentation graphique d'un lissage sur cinq ans, c'est à dire que chaque valeur (V3) est moyennée avec ses quatres voisines :

$$M3 = (V1+V2+V3+V4+V5) / 5$$

On peut également moyenner sur trois ans [ $M2 = (V1+V2+V3) / 3$ ] mais ce n'est pas toujours suffisant pour atténuer les plus grands écarts. Il faut noter cependant que cette méthode entraîne une perte d'information dans la mesure où l'on ne peut commencer le calcul que pour la deuxième ou la troisième valeur, selon que l'on moyenne sur trois ou cinq points. Lorsque nous avons eu recours à ce type de lissage, nous avons contourné le problème en extrapolant la courbe à vue pour les valeurs manquantes.

### **III.3.2. Interpolations des données dispersées**

Les cas le plus fréquemment rencontré est la connaissance d'une information irrégulière, soit dans le temps, tous les cinq ans par exemple alors que nous aurions besoin des valeurs annuelles, soit par rapport aux classes technologiques de véhicules (données pour deux grandes classes alors que nous en étudions quatre...). Dans tous ces cas nous devons relier (interpoler) les valeurs connues entre elles pour estimer les intermédiaires. Deux solutions se sont offertes à nous :

1- trouver informatiquement une tendance mise en évidence à l'aide des points connus (linéaire, polynômiale, exponentielle ou logarithmique) ; le logiciel trace la fonction qui passe par le plus grand nombre de points possible et l'on calcule les valeurs manquantes à partir de l'équation de cette courbe dite de régression. À chaque courbe correspond également un paramètre appelé coefficient de corrélation ( $R^2$ ), compris entre 0 et 1 et exprimant la précision avec laquelle la courbe est corrélée aux valeurs réelles : plus ce coefficient est proche de 1 et meilleure est la corrélation.

Nous avons généralement considéré comme correctes et exploitables les fonctions dont le coefficient était supérieur à 0,7.

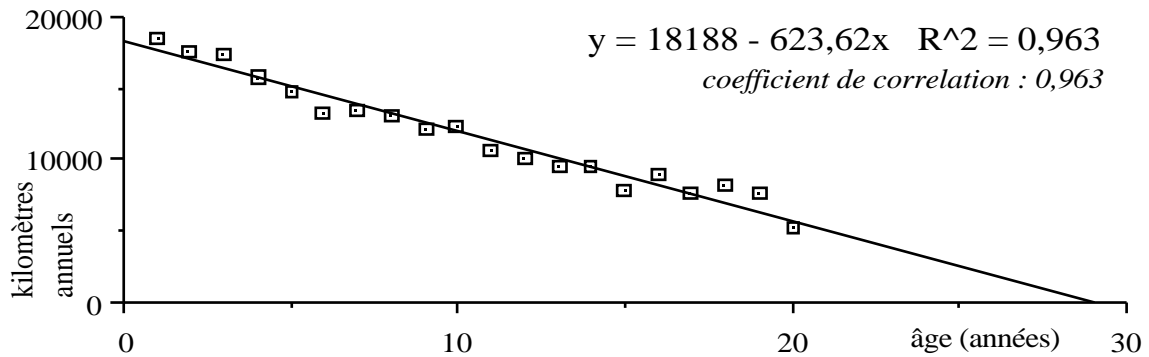


Figure 6 : Exemple de régression linéaire (kilométrages annuels en fonction de l'âge d'un véhicule).

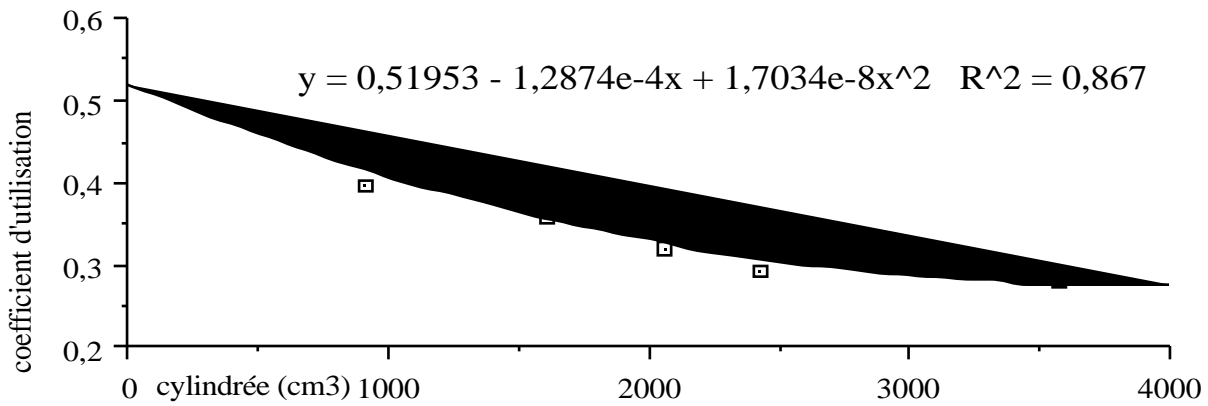


Figure 7 : Exemple de régression polynômiale (coefficients d'usage urbain d'un véhicule en fonction de sa cylindrée par rapport à son kilométrage total annuel).

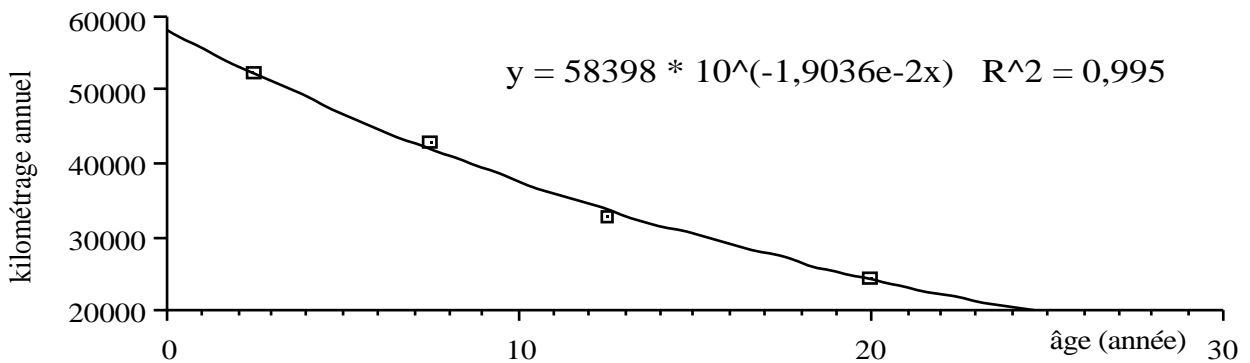


Figure 8 : Exemple de régression exponentielle (kilométrages annuels en fonction de l'âge d'un véhicule).

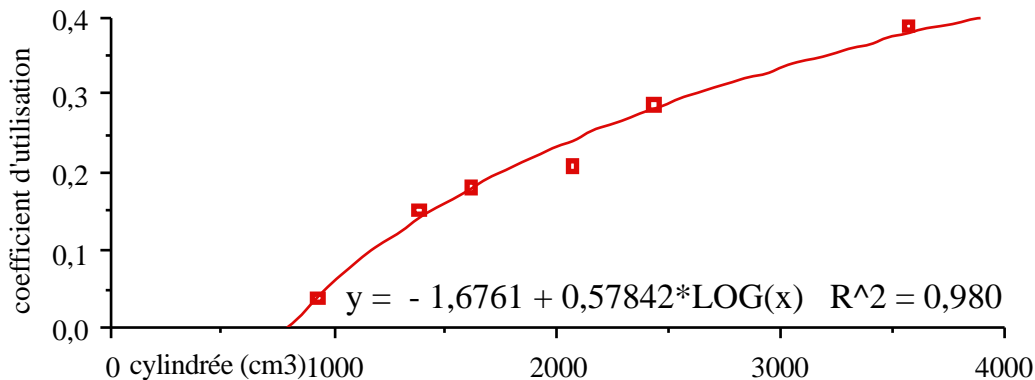


Figure 9 : Exemple de régression logarithmique (coefficients d'usage autoroutier d'un véhicule en fonction de sa cylindrée par rapport à son kilométrage total annuel).

- **Régression linéaire (fig. 6)** : la plus simple de ces interpolations est la fonction linéaire du type  $y=ax+b$  où  $y$  est la valeur de l'ordonnée recherchée,  $x$  la valeur de l'abscisse connue,  $b$  la valeur de  $y$  à l'endroit où la droite coupe l'axe des ordonnées (soit  $x=0$ ) et  $a$  la pente de croissance ou décroissance des valeurs de  $y$  entre deux  $x$  consécutifs.

- **Fonction polynômiale (fig. 7)** : les paramètres  $y$  et  $x$  sont les mêmes mais la courbe n'est plus une droite. C'est une fonction du type  $y=ax^3+bx^2+cx+d$  si le polynôme est d'ordre 3, où les paramètres  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $d$  ont des valeurs fixes.

- **Fonction exponentielle (fig. 8)** : c'est une exponentielle de  $x$  qui permet de calculer la valeur de  $y$  et l'équation de la courbe est par exemple du type  $y=a.exp(2x)+b$ , où  $a$  et  $b$  sont des coefficients fixes.

- **Fonction logarithmique (fig. 9)** : c'est cette fois un logarithme (népèrien) de l'abscisse qui définit la valeur de l'ordonnée et l'équation est du type  $y=a.log(x)+b$  avec  $a$  et  $b$  fixes.

Il nous est également arrivé d'avoir à combiner plusieurs régressions lorsque une courbe établie informatiquement correspondait très correctement à une partie des points mais pas à l'ensemble. Nous utilisons alors une équation pour un premier tronçon de données et une seconde équation pour le second tronçon. Sur l'exemple présenté (fig. 10), la première courbe (1) correspond bien à l'ensemble des données mais croit de façon incohérente pour les véhicules de plus de 15 ans (dernier point) dont l'usage doit continuer à diminuer avec l'âge. La seconde courbe (2) n'est pas exploitable pour les deux premiers points, mais connaît une décroissance plus logique du kilométrage annuel pour les véhicules âgés.

Toutes ces extrapolations mathématiques doivent cependant être utilisées avec discernement car elle n'ont pas de base réelle et restent une facilité de calcul traduisant une description empirique.

2- effectuer une interpolation à vue (Fourastié et Lévy, 1985), consistant à tracer manuellement une courbe la plus lisse possible entre les points et relever les valeurs directement sur le graphe. C'est généralement la solution que nous avons retenue lorsque le coefficient de corrélation des fonctions informatiques proposées était inférieur à 0,7 ou dans le cas où même une combinaison de regressions ne permettait pas d'obtenir de résultat satisfaisant. Cette approche n'est pas moins justifiée scientifiquement que les interpolations par modélisation informatique : elle est plus souple et évite de donner l'impression d'une relation mathématique qui n'est en fait qu'artificielle.

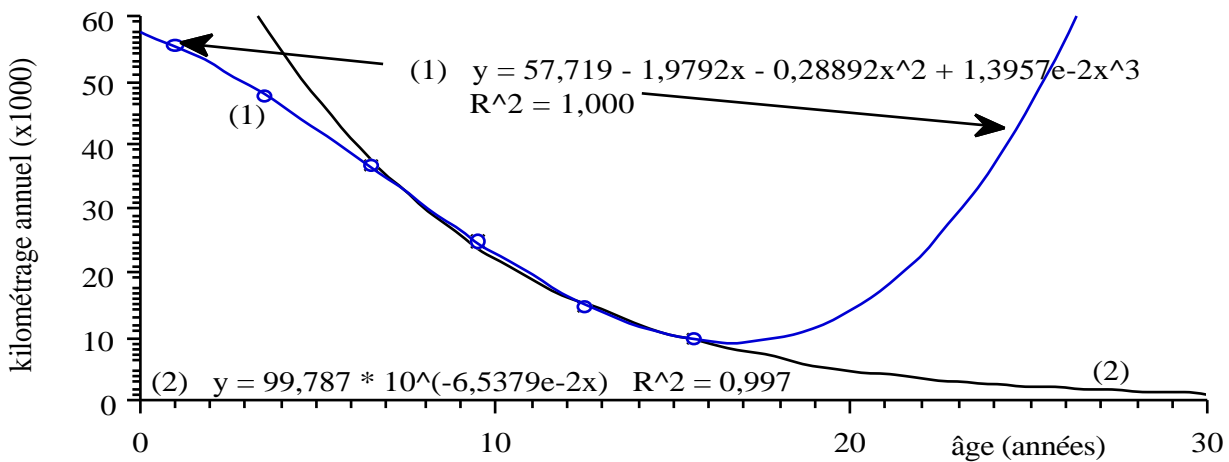


Figure 10 : Exemple de deux régressions combinées (kilométrages annuels en fonction de l'âge).

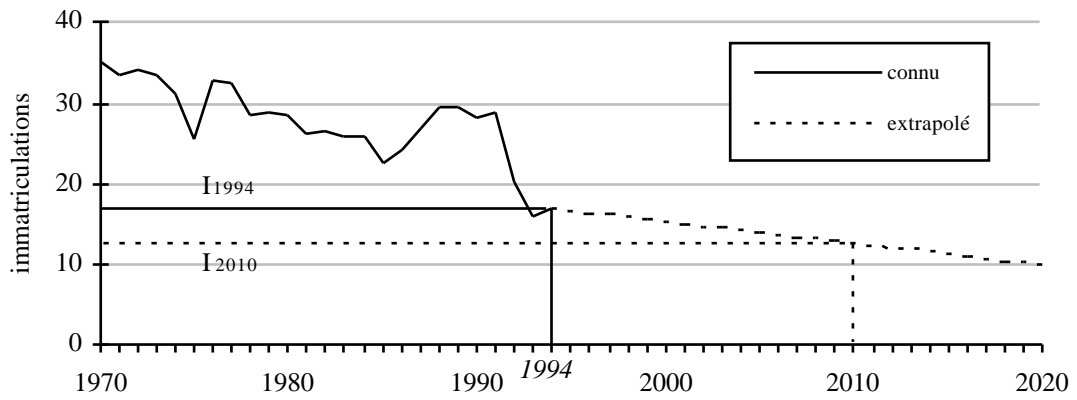


Figure 11 : Exemple d'extrapolation linéaire de données inconnues (immatriculations de camions après 1994 en France).

### III.3.3. Extrapolation de données indisponibles

Pour le futur, dont on ne peut qu'hypothéquer l'évolution, comme pour certaines périodes du passé qui restent obscures pour de nombreuses données, nous avons eu recours à des extrapolations entièrement simulées à partir de l'analyse des tendances existantes.

Le cas le plus fréquent est celui d'une croissance ou décroissance linéaire : nous appliquons alors à la dernière valeur connue en ordonnée une pente constante en fonction des abscisses ; toutes les nouvelles ordonnées seront fonction de cette dernière valeur connue. Cette pente peut avoir été extraite de la littérature ou établie par nous sur la base des évolutions connues du paramètre étudié, comme par exemple la diminution des immatriculations (I) de camions en France après 1994 (considérée comme dernière année connue -fig. 11) :

$$I_{2010} = I_{1994} + [(2010-1994) \times \text{Pente} \times I_{1994}] \quad \text{Pente} = -0,0158$$

Dans certain cas nous avons préféré nous inspirer des variations connues d'un autre type de données très proches, comme par exemple la diésélisation des immatriculations de véhicules utilitaires légers, inconnue avant 1987 et estimée à partir de celle des véhicules particuliers.

Catégorie UE	sous cat. UE		type de véhicule	carburant	type de moteur	puissance (kW)	cylindrée (l) poids (t)	
M	M1	V	P		essence	eo es et ei eit ec ect	< 40 kW 40-50 kW 50-70 kW > 70 kW	< 1,4 l 1,4-2 l > 2 l
					diesel	d dt dc dct	< 45 kW 45-70 kW > 70 kW	
	M2	PL	bus et cars	essence		<100 kW ou >100 kW	3,5-5 t >5 t	
M3	diesel			d dt				
N	N1	VU	VUL	véhicules utilitaires	essence	es/eo ei/ec gpl elc	idem VP	< 3,5 t
				légers	diesel	d dt		
	N2		PL	camions	diesel	d dt	<100 kW ou >100 kW	3,5-12 t
				camions et Tracteurs routiers				
N3								

Tableau 2 : Classification des véhicules du parc

Définition des types de moteurs présentés dans le tableau 2 :

Moteurs à essence = e

- eo : ordinaire
- es : super (sans plomb et plombé) à carburateur
- et : super turbo à carburateur
- ei : super à injection
- eit : super à injection turbo
- ec : super catalysé (et donc à injection)
- ect : super catalysé turbo
- gpl : combiné super / Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL)
- elc : propulsion électrique

Moteurs diesel = d

- d : diesel (atmosphérique)

dt : diesel turbo  
dc : diesel catalysé (atmosphérique)  
dct : diesel catalysé turbo

### III.4. Structure du parc

Nous avons adopté pour notre parc calculé (qu'il soit roulant ou statique) une structure basée à la fois sur la classification de l'Union Européenne (ci-dessous) et sur les diverses catégories de véhicules rencontrées lors de notre recherche de données. Cette structure finale doit être suffisamment fine pour que nous puissions comparer nos résultats à certains autres moins ou différemment détaillés (Eggleston et coll., 1991 ; Fontelle et Aude, 1994 ; OEST, 1995 ; Argus, 1956-1995) et établie de façon à présenter clairement des catégories de tailles réalistes et équilibrées des véhicules existants.

#### III.4.1. Structure du parc pour l'Union Européenne

Les véhicules sont regroupés en trois grandes catégories selon l'usage qui en est fait, puis en sous catégories en fonction de leur taille :

- **Catégorie L** (L1 à L5) : deux et trois roues (et side-cars) ;
- **Catégories M** : véhicules de plus de 1 tonne destinés à transporter des **passagers** :
  - > M1 : voitures (< 8 sièges, conducteur compris)
  - > M2 : bus et cars de poids < 5t (> 8 sièges)
  - > M3 : bus et cars de poids > 5t (> 8 sièges)
- **Catégories N** : véhicules de plus de 1 tonne destinés à transporter des **marchandises** :
  - > N1 : véhicules de poids < 3,5 t
  - > N2 : véhicules de poids > 3,5 et < 12 t
  - > N3 : véhicules de poids > 12 t

#### III.4.2. Structure du parc calculé

Ayant entrepris la modélisation du parc automobile dans le but de calculer ses émissions de polluants, nous avons entre autre isolé des catégories de véhicules identiques à celles utilisées pour la mesure des émissions unitaires. Pour tous les véhicules, nous ferons la distinction entre essence et diesel, même si certaines catégories d'utilitaires n'existent pas en essence (tab. 2). Pour les deux carburants, une seconde classification est basée sur le type de moteur. Nous avons également définies des classes de puissance réelle (pour tous les véhicules), cylindrée (véhicules particuliers uniquement) et poids (véhicules utilitaires). Le tableau 2 présente la structure du parc que nous avons adoptée avec les correspondances des classes Européennes.



En France, les bus de moins de 10 places (catégories Européennes M2 et M3) sont comptabilisés avec les véhicules utilitaires avant 1987 et avec les véhicules particuliers (breaks) après cette date.

Pour la puissance, la cylindrée et le poids, les classes présentées ci-dessus peuvent être divisées en sous-classes plus nombreuses passant respectivement de 4 à 7, 3 à 12, et 3 à 12 classes). Par soucis de simplification nous n'avons pas éprouvé le besoin de les utiliser pour la présentation des résultats dans ce travail. Il est cependant possible d'y accéder si nécessaire, dans les fichiers des résultats.

En plus de ces paramètres technologiques, nous présenterons l'état du parc suivant les différentes étapes de réglementation Européenne auxquelles les véhicules neufs ont été soumis au fur et à mesure de leur apparition sur le marché (1500, 1501, 1502, 1503, 1504 et directives suivantes appelées pour l'occasion 1505 (88/76), 1506 (88/436), 1507 (91/441), 1508 (94/12), - annexe II et III).

## IV. Aspects logiciels

### IV.1. Matériel

Les calculs, saisies et traitements de données ont été effectués sur station de travail SUN équipée du système d'exploitation Unix et certains avec Excel 3.0 ou 4.0 pour Macintosh. Tous les programmes utilisés sont écrits en fortran 77.

### IV.2. Programmes et fichiers

Nous présentons ci-dessous une liste synthétique des fichiers et programmes utilisés pour le calcul du parc ou de la structure des immatriculations (structure détaillée en annexe IV).

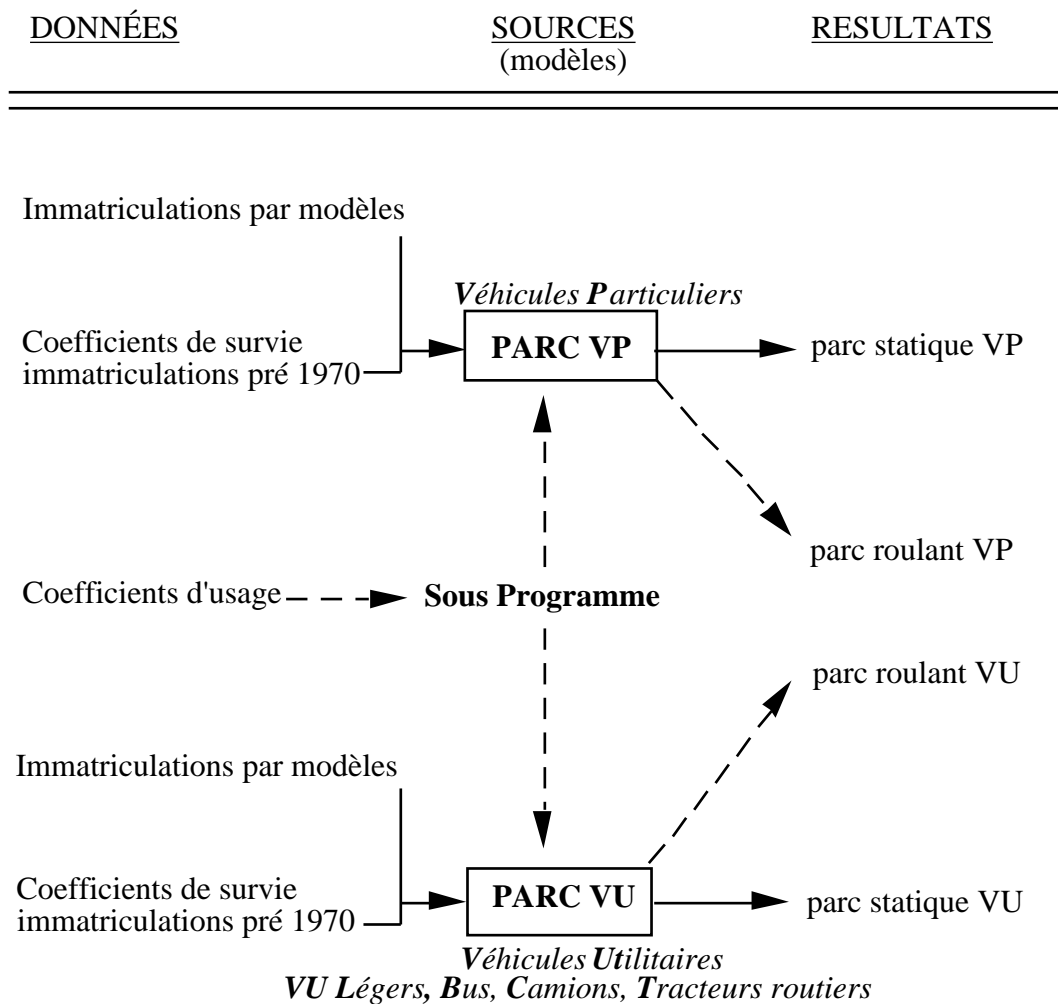
**\*MODÈLE de saisie des données concernant les immatriculations** et caractéristiques de véhicules, classement et écriture de ces données en colonnes dans le fichier dimensionné pour recevoir les immatriculations de 1970 à 2000.

**\*fichier de données d'immatriculations**, classées par marques, par modèles de véhicule dans chaque marque puis par type de modèle. Le fichier VP (d-imdet52) contient 2078 modèles différents, celui des VUL 604 (d-imdetuL25), 362 pour les camions (d-imdetuC25), 125 pour les tracteurs routiers (d-imdetuT25) et 111 modèles pour les bus et cars (d-imdetuB25). Notons que les bus de moins de 3,5 t de PTAC sont intégrés au fichier des utilitaires légers. La structure de ce fichier peut se résumer comme suit :

1994						
MARQUE	F	40	Immat [1970-2000]			
	3					
20X	1,2L	eo	1200	40	Immat [1970-2000]	
20X	1,6L	es	1600	60	Immat [1970-2000]	
20X	1,8LTD	dt	1800	75	Immat [1970-2000]	

Ce qui veut dire que les immatriculations connues les plus récentes datent de 1994, que la marque "MARQUE" est française (F), que sa gamme se compose de 40 types de véhicules différents, que le premier des 40 types comporte 3 modèles nommés 20X disponibles sur le marché : le modèle 1,2L équipé d'un moteur à essence (ordinaire, eo) de 1200 cm<sup>3</sup> de cylindrée développant une puissance réelle de 40 kW, celui appelé 1,6L dont le moteur de 1600 m<sup>3</sup> de cylindrée et 60 kW de puissance fonctionne à l'essence (super, es) et la version diesel suralimentée (dt), de 1800 cm<sup>3</sup> de cylindrée et 75 kW de puissance réelle. Suivent ensuite 31 colonnes de chiffres correspondant aux immatriculations annuelles entre 1970 et 2000. Ces chiffres seront nuls entre 1995 et 2000 mais tout de même inscrits dans le fichier. En effet, les immatriculations futures extrapolées ne sont pas écrites dans ce fichier.

ORGANISATION SOMMAIRE  
DU MODÈLE DE CALCUL DU PARC



\* *VP* : véhicules particuliers, *VUL* : véhicules utilitaires légers, *VU* : véhicules utilitaires

\***MODÈLE de calculs statistiques sur les immatriculations** du fichier :  
sommations partielles par catégories suivant la structure du parc, taille et puissance réelle du véhicule moyen immatriculé chaque année. Les résultats sont écrits dans un petit fichier annexe.

\***fichier des coefficients de survie** et du nombre total de véhicules annuellement immatriculés en France entre la première année nécessaire et 1970.

\***fichier de classification des normes Européennes** d'émissions de polluants par les gaz d'échappement pour les véhicules particuliers et utilitaires.

\***groupe de sous-programmes** annexes dans lesquels sont définis ("initialisés") un certain nombre de paramètres nécessaires au calcul du parc : coefficients kilométriques, limites des classes de puissances (VP et VU), limites des classes de poids (VU), limites des classes de cylindrées (VP), codes correspondant au pays d'origine (VP et VU), classification des moteurs (VP et VU).

\* **MODÈLE DE CALCUL DU PARC** suivant le principe énoncé en (1) à partir des immatriculations de chaque véhicule multiplié par le coefficient de survie qui lui correspond en fonction de sa classe et de son âge, puis par les coefficients kilométriques choisis en fonction du parc roulant souhaité.

\***fichiers des résultats** classés par carburant, classe de taille et de puissance, type de moteurs et réglementation Européenne en fonction des grandes classes de tailles (cf. § I.1.3.), par pays puis par marques en fonction de l'année de commercialisation et des réglementations Européennes, en fonction de leur carburant et du règlement auquel ils sont soumis (en % du total), en fonction de la réglementation puis de l'année à partir de la norme applicable en l'an 2000. Compte tenu de la structure détaillée du fichier d'immatriculations, de nombreux croisements de catégories sont possibles pour la présentation des résultats de calcul du parc.

## **Conclusion**

Nous avons choisi d'utiliser une méthode de calcul très simple qui a l'avantage d'être relativement représentative de la réalité, basée sur des réalités macroscopiques établies à partir d'études démographiques relatives à l'automobile. Les paramètres techniques que nous avons choisi de prendre en compte dans ces calculs de parc peuvent paraître peu nombreux mais leur diverses combinaisons permettent de définir une structure du parc assez fine et détaillée. Toutes les données dont nous avons besoin ne seront pas facilement exploitables, même quelquefois inexistantes, mais nous essaierons dans tous les cas de pallier au mieux ces lacunes.



---

---

---

## **DEUXIÈME PARTIE : LES DONNÉES**

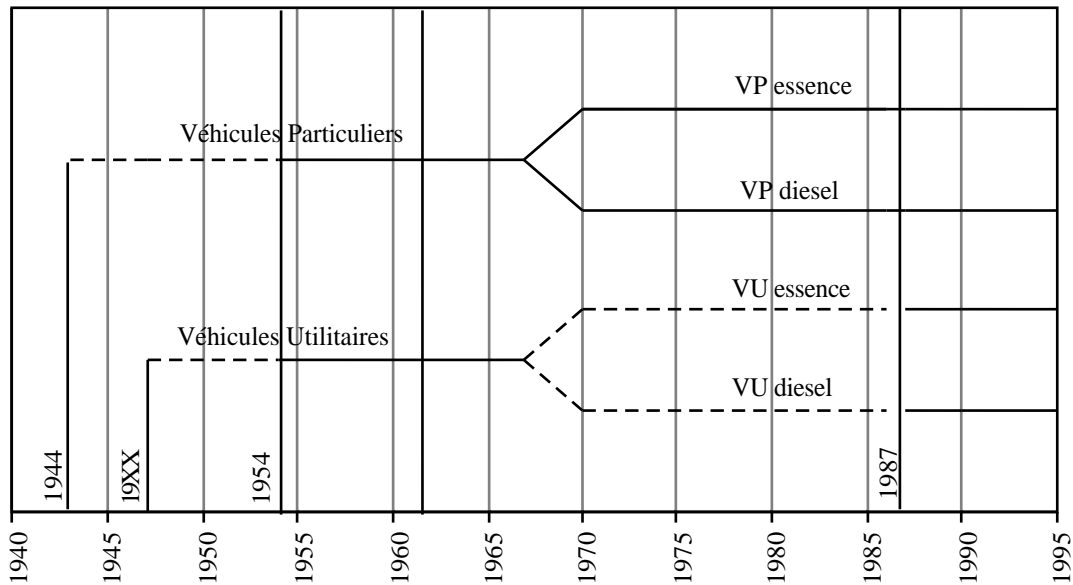


Figure 12 : Données d'immatriculations des véhicules particuliers et utilitaires utilisées pour le calcul des parcs (les pointillés correspondent aux extrapolations).

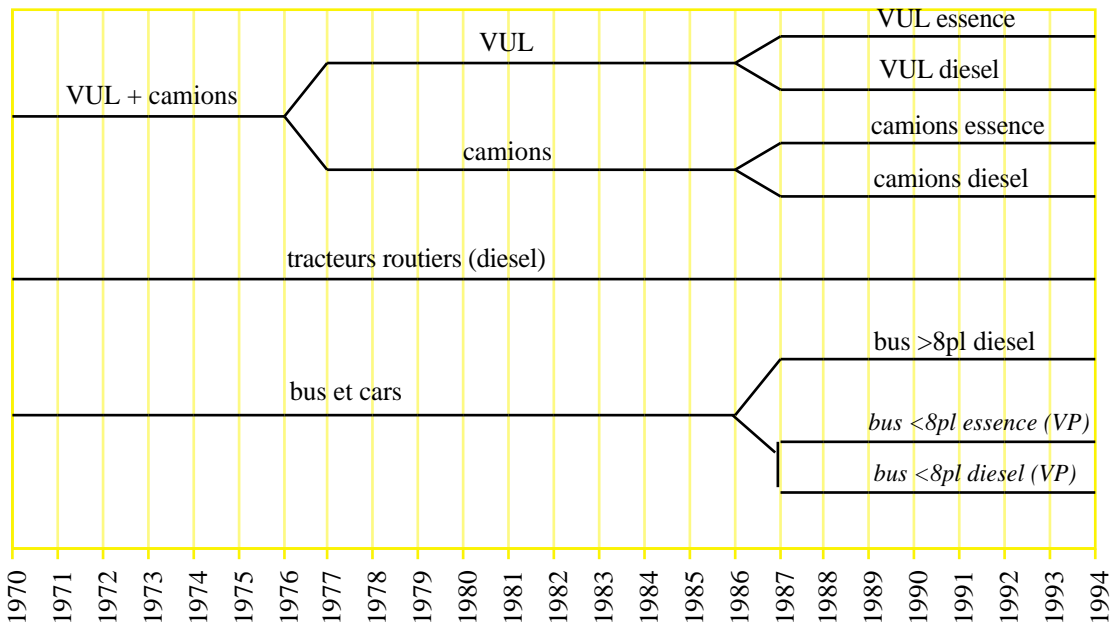


Figure 13 : Niveau de différenciation des statistiques d'immatriculations de véhicules utilitaires en France entre 1970 et 1994.



## **Introduction**

Nous avons vu précédemment que pour calculer le parc automobile statique et roulant en France, un certain nombre de données nous sont nécessaires : les immatriculations de véhicules neufs, leur rythme de vieillissement et disparition et l'usage qui est fait de ces véhicules sur le territoire français. Toutes ces informations n'existent malheureusement pas en France, du moins pas aussi détaillées que nous les aurions souhaitées. Un certain nombre d'extrapolations seront par conséquent nécessaires pour avoir accès à tous ces renseignements. Nous aurons parallèlement la possibilité de mettre en évidence l'évolution du marché des véhicules neufs à partir de toutes les informations collectées sur les effectifs et natures de véhicules immatriculés en France de 1970 à nos jours. Enfin à partir de ces tendances d'évolution passées et présentes, nous établiront des hypothèses concernant le futur puisque nous avons choisi de calculer le parc jusqu'en 2020.

## **I. Les immatriculations de véhicules neufs**

### **I.1. Les chiffres**

Avant 1970, il n'existe en France aucunes données détaillées d'immatriculations de véhicules neufs. Entre 1954 et 1970, nous ne disposons que des quantités totales d'immatriculations, tous modèles et carburants confondus (Argus, 1956 -fig. 12).

Nous commençons les calculs de parc (véhicules particuliers et utilitaires) en 1970, en comptabilisant les véhicules utilitaires âgés au plus de 26 ans, les utilitaires légers de 22, les camions de 24, les tracteurs routiers de 21 et les bus de 29 ans. Il nous faut donc leurs immatriculations respectives depuis 1944, 1948, 1946, 1949 et 1941. N'ayant aucune donnée à disposition avant 1954, nous avons dû extrapoler les données des années 1954 et suivantes. Nous nous sommes cependant limités à 1944 (année minimum nécessaire pour les véhicules particuliers) pour la représentation graphique générale, les années 1941 à 1943 ne concernant que les bus.

Pendant la seconde guerre mondiale, l'industrie automobile s'est fortement tourné vers l'armement et la fabrication d'engins spécialisés (chars...) pour des raisons économiques et politiques que l'on comprendra aisément (Panhard, 1989). De plus, de nombreuses usines ont subi d'importants dégâts matériels qui ont compromis leur production.

Pour les véhicules particuliers, c'est une période d'activité statistiquement nulle (Argus 1956). Cependant, le besoin important de transport et le manque de véhicules au sortir du conflit aboutissent à une reprise rapide de la production, qui retrouve dès 1949 un niveau supérieur à celui d'avant guerre (Panhard, 1989). Nous nous sommes donc basés sur ces faits pour estimer ce que

furent les immatriculations avant 1954. Partant de zéro en 1944, nous avons suivi une pente de croissance linéaire pour rattraper la valeur de 1954 (327 000 véhicules immatriculés).

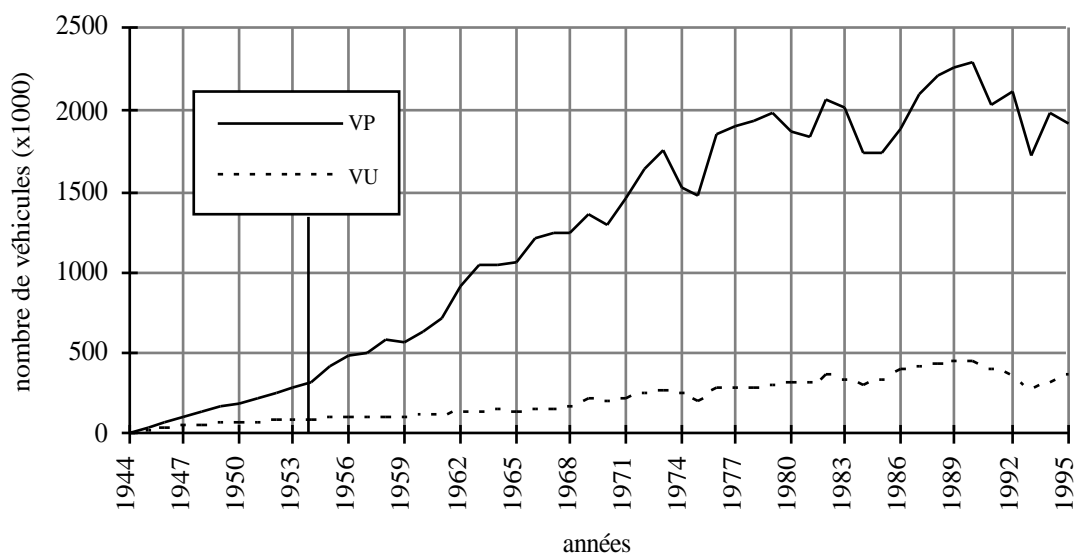


Figure 14 : Nombre de véhicules particuliers (VP) et utilitaires (VU) neufs immatriculés en France entre 1944 et 1995.

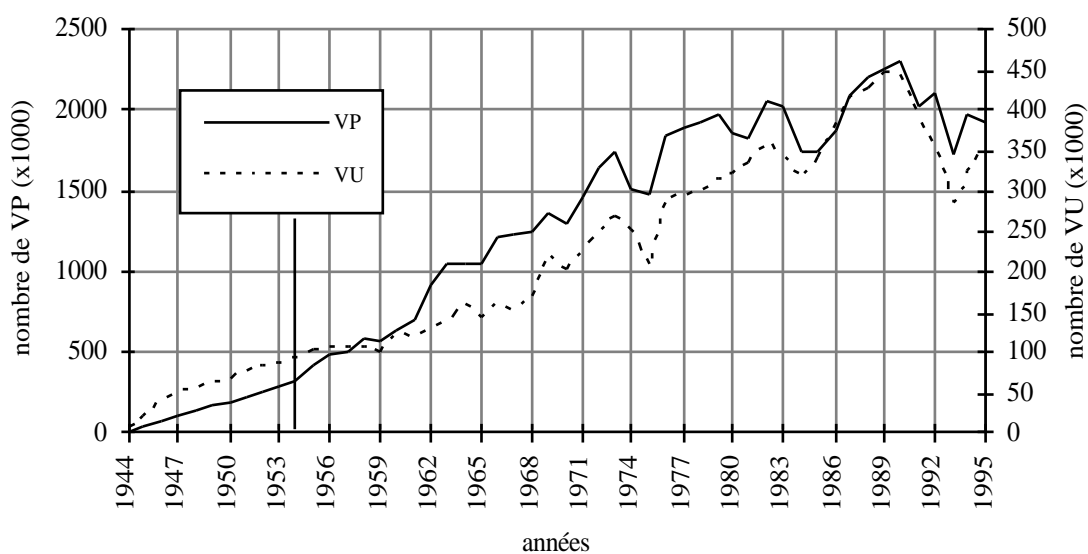


Figure 15 : Évolution comparée du nombre de véhicules particuliers (VP) et utilitaires (VU) neufs immatriculés en France entre 1944 et 1995.



Les véhicules industriels connaissent au contraire une période de plein essor (Argus, 1956), suivie cependant par un effondrement vers la fin de la guerre (de 45 000 véhicules produits en 1941, la production tombe à 10 000 en 1944). Dans la mesure où, dans un but comparatif, nous présentons les immatriculations totales d'utilitaires sur le même graphique que les véhicules particuliers, nous avons estimé des valeurs remontant jusqu'en 1944 à partir de données de production, de construction et de circulation en France (Argus, 1956) ; cependant, elles n'ont pour nous qu'une valeur statistique limitée et ne seront pas toutes intégrées au calcul de parc pour les raisons invoquées ci-dessus.

Puis entre 1946 et 1954, nous avons conservé la même croissance que pour la période 1954-1970, celle-ci étant très proche de la linéarité (5800 véhicules immatriculés en plus par an).

Entre 1970 et 1978, on connaît les immatriculations des principaux modèles de véhicules particuliers (pour chaque marque, classée par nationalité d'origine). A partir de 1979, les chiffres sont connus pour tous les modèles (Argus, 1980-1995).

Pour les utilitaires, seules trois classes sont distinguées jusqu'en 1977 (Argus, 1971-1978) : les camions et camionnettes, les tracteurs et les bus dont les limites restent assez floues (fig 13). Puis apparaissent des quantités d'immatriculations pour chaque marque sans toutefois qu'une distinction entre essence et diesel soit possible (Argus, 1979-1988). Ce n'est qu'à partir de 1987 que ces informations sont disponibles avec la parution des immatriculations de chaque modèle de véhicule sous la même forme que les véhicules particuliers (Argus, 1988-1995).

Au moment où nous écrivons ces lignes, les chiffres correspondant aux immatriculations détaillées par modèles de véhicules particuliers et utilitaires pour l'année 1995 sont édités (Argus, 1996). Cependant, pour des questions de temps et compte tenu de la longueur de cette tâche, nous avons renoncé momentanément à saisir l'ensemble des données de 1995 sur informatique, les immatriculations des années antérieures étant intégralement exploitées. Nous n'avons pris en compte que les immatriculations totales, pour les véhicules diesel et essence. C'est la raison pour laquelle la dernière année d'étude inscrite sur les graphiques présentés dans la suite de ce travail ne sera pas toujours la même.

Entre 1943 et 1994, les immatriculations de véhicules en France sont globalement croissantes (fig. 14). Pratiquement linéaire pour les véhicules utilitaires (environ 6 000 véhicules de plus par an), cette croissance est légèrement asymptotique pour les véhicules particuliers (en moyenne 41 000 voitures immatriculées en plus par an entre 1943 et 1994). Entrecoupées régulièrement des mêmes phases dépressives plus ou moins marquées (fig. 15) correspondant à des périodes de crises (Gallez, 1994), les deux courbes connaissent le même effondrement à partir de 1990 (-8,5% par an pour les véhicules particuliers, -12% par an pour les utilitaires) pour redémarrer en 1994 par rapport à une année 1993 difficile (respectivement +15% et +14% d'augmentation de 1993 à 1994) dont les volumes ne dépassaient pas ceux de 1976.

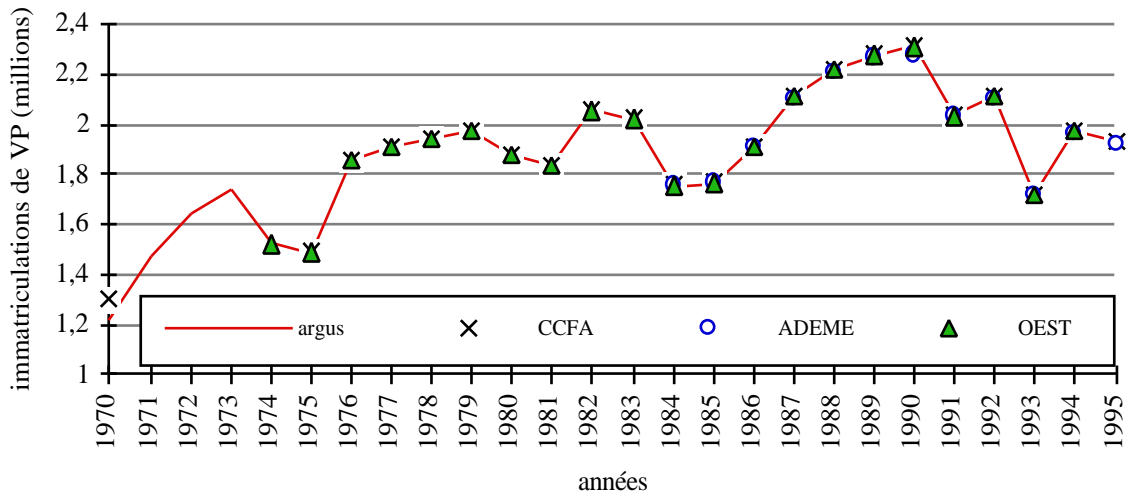


Figure 16 : Immatriculations de véhicules particuliers neufs en France : comparaison des sources (d'après OEST 1988-1995, CCFA 1986-1995, Couderc 1976-1995).

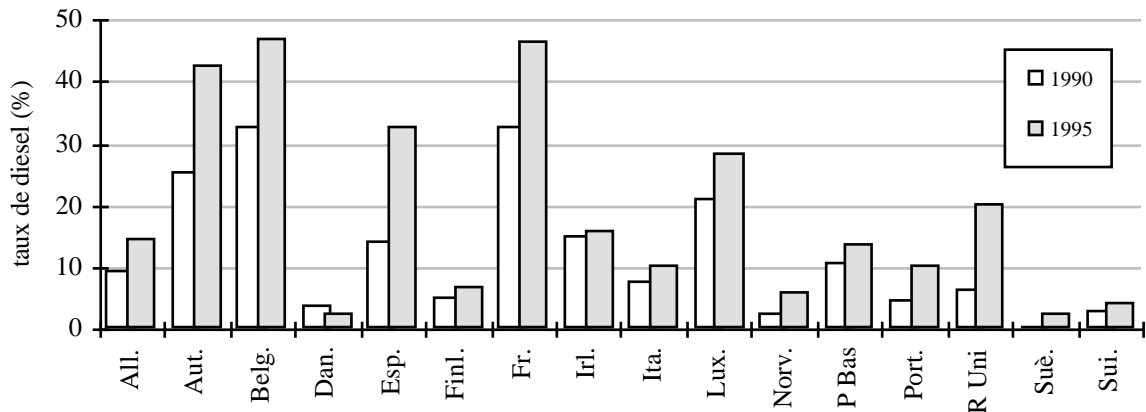


Figure 17 : Évolution comparée des taux de véhicules particuliers diesel neufs immatriculés en Europe de l'ouest en 1990 et 1995.

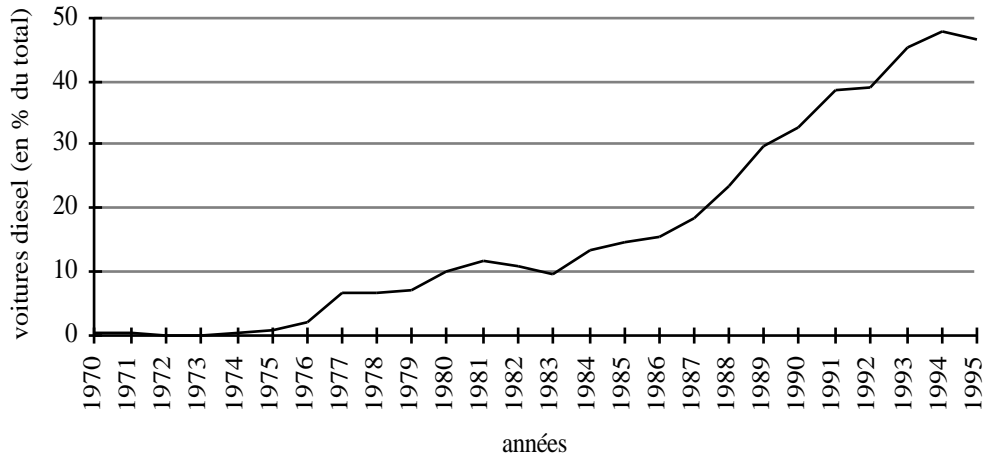


Figure 18 : Part des diesel dans les immatriculations de véhicules particuliers neufs.

L'analyse des variations annuelles moyennes présentées ci-dessus sous forme de pente en pourcentage, utilisées à plusieurs reprises dans ce travail, nous amène à critiquer leur pertinence : en effet la pente, exprimée en pourcentage, correspond à la différence de deux effectifs annuels successifs rapporté au plus ancien des deux. Chaque année, la référence change et le pourcentage ne se rapporte plus à la même valeur. Établir une moyenne dans ces conditions ne semble donc pas parfaitement rigoureux, à moins que l'évolution soit exponentielle, ce qui n'est absolument pas le cas des immatriculations. Cependant, l'estimation établie grâce à ce calcul a le mérite d'être compréhensible, raison pour laquelle elle est assez fréquemment employée.

En résumé, nous avons utilisé pour le calcul de parc les données d'immatriculations globales des véhicules particuliers entre 1944 et 1970 et celles des véhicules utilitaires respectivement entre 1941, 1946, 1948, 1949 et 1970 (selon les diverses catégories, cf. fig. 12). Après 1970, ce sont les immatriculations détaillées par modèles de véhicules qui y sont intégrées. Nous avons extrapolé ces données inexistantes avant 1987 pour les véhicules utilitaires de façon à pouvoir obtenir une image de leur parc aussi détaillée que possible.

## **I.2. Les immatriculations de véhicules particuliers (VP)**

En ce qui concerne les véhicules particuliers neufs immatriculés entre 1970 et 1995, les chiffres que nous avons intégrés au calcul (Argus de l'Automobile) sont en parfaite cohérence avec ceux des autres sources statistiques (OEST, CCFA - fig. 16). Les données de l'Ademe, en provenance de l'Utac, ne sont cohérentes avec les autres qu'à partir de 1984. Auparavant, les immatriculations sont très sous-estimées, les fichiers concernés n'étant alors pas complets (les immatriculations manquent pour un certain nombre de véhicules). Jugés trop incohérents, ces chiffres correspondant aux années 1977 à 1983 ne figurent par conséquent pas sur le graphique.

### **I.2.1. Les véhicules particuliers diesel**

La France est, au sein de l'Europe, le pays avec la Belgique où le diesel a le plus de succès (respectivement 46,5 et 46,8% de diesel dans les immatriculations de véhicules particuliers neufs en 1995), devançant de peu l'Autriche (42,6%) (CCFA, 1996, fig. 17). On constate que leur part est en constante augmentation (fig. 18), tout comme dans les autres pays d'Europe, exception faite du Danemark (fig. 17). Depuis l'adaptation du moteur de Rudolph Diesel (Brevet, 1892) à la première voiture en 1936 (en Allemagne, Daimler-Benz 206 D, 2600 cm<sup>3</sup>, 33 kW, puis à la fin des années 50 en France (Peugeot 403 en 1959) (Laux, 1989), son importance n'a cessé de croître : passant de quelques centaines de véhicules en 1959 en un seul modèle disponible (650 livraisons de 403 D en France -Argus, 1956-1995), elle atteint rapidement 6000 éléments en 1970, pour approcher un million (fig. 19) et plus de 400 modèles différents (fig. 20) 25 ans plus tard (939 952 véhicules soit 47,6% des immatriculations de véhicules neufs en 1994).



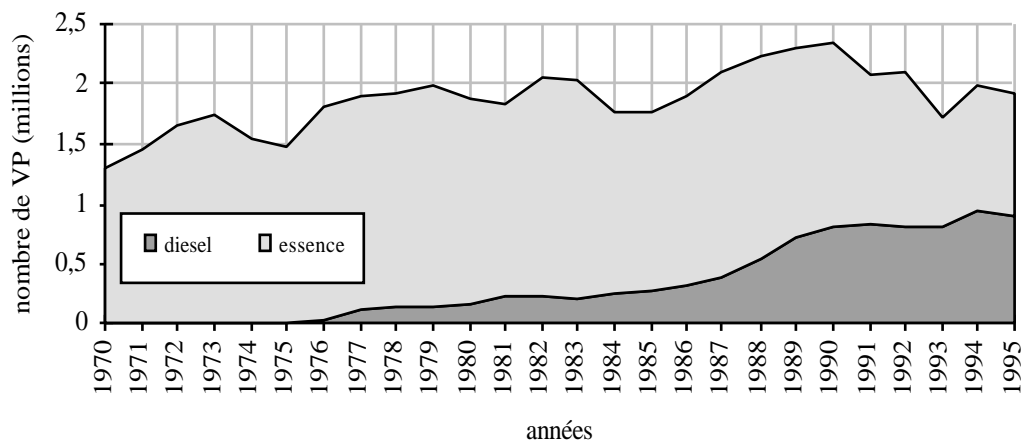


Figure 19 : Véhicules particuliers essence et diesel immatriculés neufs en France.

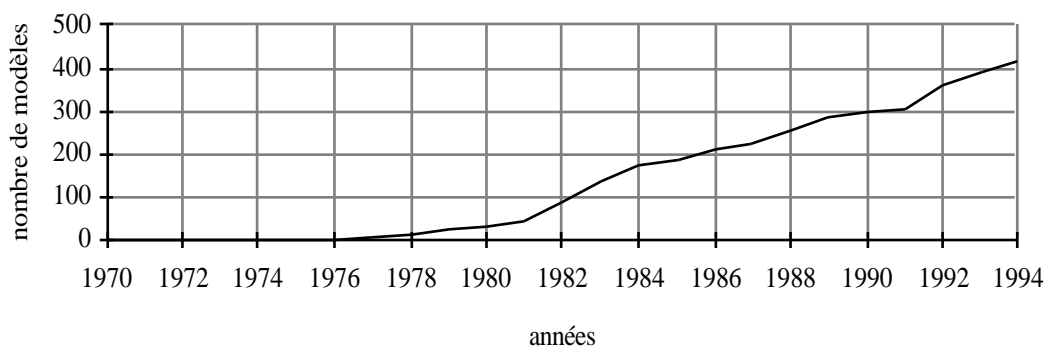


Figure 20 : Nombre de modèles différents de véhicules particuliers diesel neufs.

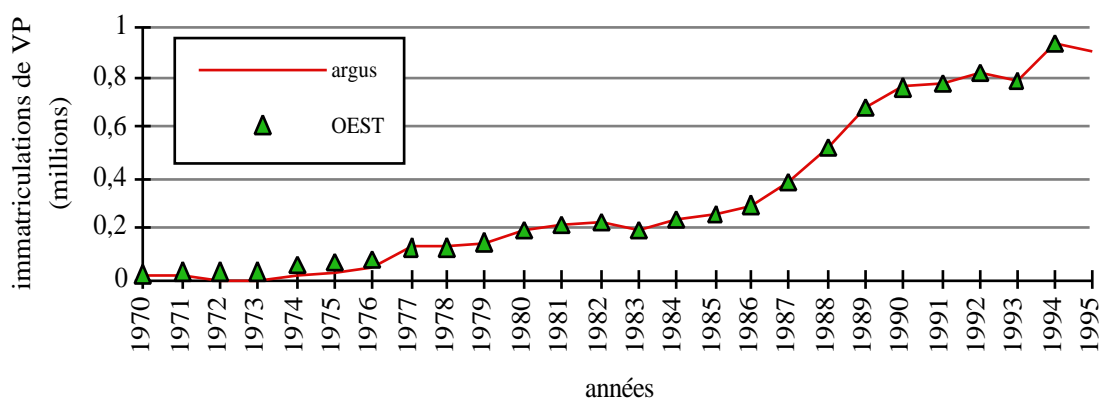


Figure 21 : Immatriculations de véhicules particuliers diesel neufs en France : comparaison de deux de nos sources (d'après Argus 1971-1996, OEST 1988-1995).

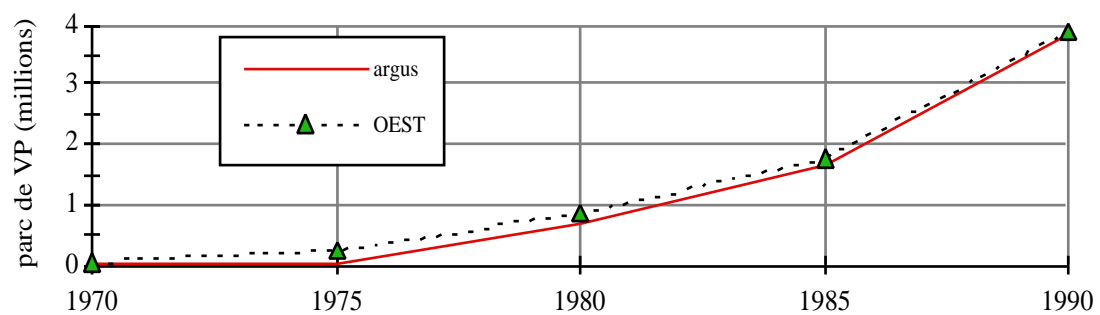


Figure 22 : Parc statique de véhicules particuliers diesel en France calculé d'après les données de l'Argus de l'automobile et de l'OEST.

Il faut considérer la période 1970-1977 avec beaucoup de prudence, tant au niveau de la technologie des véhicules que de leurs effectifs : en effet, un seul modèle de véhicule diesel existe en France à notre connaissance entre 1970 et 1973 (404 Peugeot, 1300 cm<sup>3</sup> et 45 kW). Par conséquent, les puissance et cylindrée restent stables au cours de ces trois ans. Les quelques véhicules suivants étant plus puissants (en 1974, apparition en France de la Mercedes 200 D, 2000 cm<sup>3</sup> et 60 kW), les valeurs augmentent rapidement sans être plus significatives. Il faut attendre 1977 pour avoir un éventail de véhicules suffisamment varié pour être analysé.

Compte tenu de ce très faible nombre de modèles diesel signalés comme tels dans notre fichier d'immatriculations, les chiffres correspondant à la totalité des diesel neufs sont fortement sous-estimés par rapport à ceux de l'OEST entre 1975 (nous n'avons pas d'informations plus anciennes) et 1977 (fig. 21), ce qui renforce la fragilité de nos données entre 1970 et 1977.

Cette sous-estimation entraîne une surestimation équivalente des véhicules particuliers à essence puisque les immatriculations globales sont en accord avec les autres sources. Cependant, compte tenu de l'effectif très important de ces véhicules à essence, l'erreur correspondante est tout à fait insignifiante.

On l'aura compris, c'est donc essentiellement le parc diesel qui sera affecté par cette imprécision (fig. 22). Pour évaluer cette perturbation, nous avons effectué une estimation rapide de ce parc, calculé très succinctement selon la méthode énoncée en 1P.II.1. à partir des immatriculations postérieures à 1970 pour les deux sources.

L'écart le plus important se situe au niveau du parc de 1975. Ce parc est très faible puisque nous n'avons considéré que les véhicules postérieurs à 1970 ; l'erreur est donc d'autant plus visible. Il se réduit dès 1980 pour devenir insignifiant en 1985 et nul en 1990. Cependant, ne connaissant pas la qualité des véhicules diesel que nous avons ignorés, aucune estimation ne peut être effectuée en ce qui concerne la précision des paramètres technologiques moyens (puissance réelle, cylindrée, type de moteur et poids).

Compte tenu du vieillissement des véhicules particuliers diesel en France (cf. § III.2.) et de leur âge maximum (26 ans), le parc ne sera de toute façon plus du tout influencé à partir de 1993 (1977+26). Les hypothèses de diésélisation concernant le parc futur ne seront donc pas perturbées.

Actuellement, le moteur diesel n'équipe plus tout à fait le même type de véhicules et n'est plus réservé aux grands rouleurs, comme le montre l'analyse présentée ci-dessous de la cylindrée et de la puissance moyennes des véhicules immatriculés neufs chaque année.

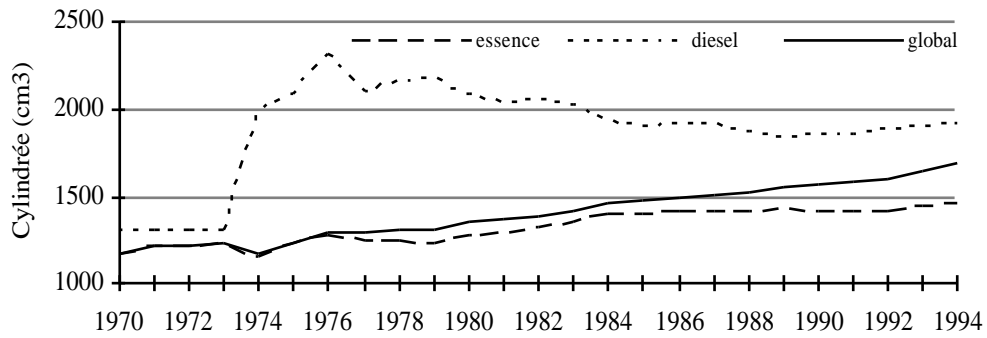


Figure 23 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers immatriculés en France.

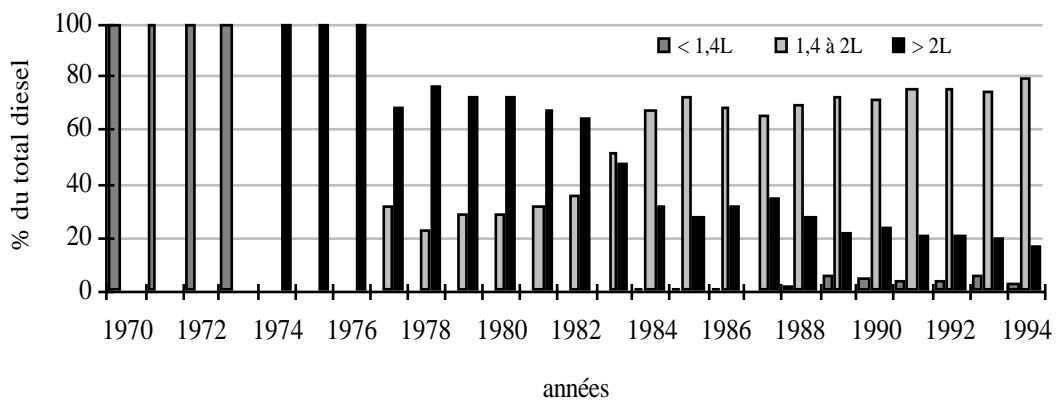


Figure 24 : Répartition des VP diesel immatriculés en fonction de leur cylindrée.

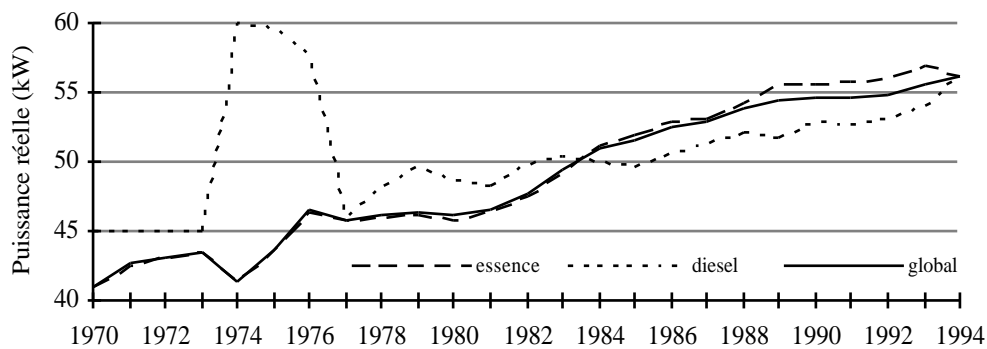


Figure 25 : Puissance moyenne des véhicules particuliers immatriculés en France.

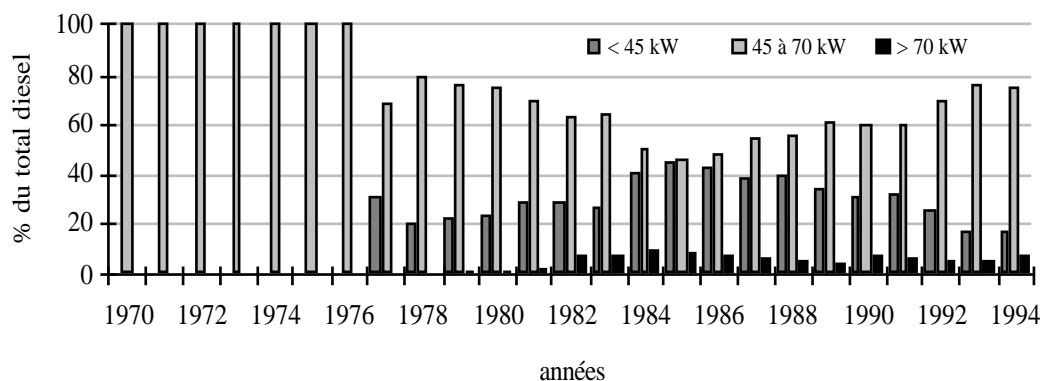


Figure 26 : Répartition des VP diesel immatriculés en fonction de leur puissance.

### I.2.1.1. La cylindrée des VP diesel

A partir de 1976, la cylindrée moyenne des voitures diesel immatriculées neuves diminue rapidement (fig. 23) passant sous la barre de 2000 cm<sup>3</sup> en 1983 puis de 1850 cm<sup>3</sup> en 1989 (en moyenne 31 cm<sup>3</sup> de moins par an pour cette période). Malgré une légère reprise à partir de 1990, elle reste aujourd'hui encore inférieure à 2000 cm<sup>3</sup>. Le concept de petit diesel apparu au début des années 80 semble donc se confirmer au cours de notre décennie. Plus puissants, ces véhicules sont aujourd'hui adaptés à une circulation polyvalente, leur utilisation n'étant plus uniquement réservée aux longs trajets sur route ou autoroute (cf. § II.4.1. sur les kilométrages).

La répartition des véhicules diesel en trois classes de cylindrée confirme cette tendance (fig. 24). La classe supérieure (cylindrée supérieure à 2 litres) perd dès 1983 sa prépondérance au profit de la classe moyenne (cylindrée comprise entre 1,4 et 2 litres) qui devient majoritaire à partir de 1983. Si l'on exclut la période antérieure à 1977, où nos données sont très imprécises, la classe inférieure apparaît de façon significative en 1988. Les années 90 sont donc marquées par la diminution de la cylindrée par rapport aux années 80 comme le montre la distribution des trois classes pour ces deux périodes.

### I.2.1.2. La puissance des VP diesel

A l'inverse de la cylindrée, la puissance moyenne des diesel augmente entre 1977 et 1994 (0,42 kW par an, fig. 25). Nous ignorerons volontairement les variations entre 1970 et 1977, les valeurs correspondant à un trop petit nombre de véhicules pour être représentatives.

La réglementation Européenne sur les gaz d'échappement tient compte (entre 1989 et 1993) de la cylindrée mais pas de la puissance réelle du véhicule. Pour présenter l'évolution des puissances des véhicules diesel de manière synthétique, nous avons choisi de fixer des limites de

classes à 45 et 70 kW (environ 60 et 95 ch) de façon à isoler trois classes représentatives des puissances rencontrées sur le marché automobile, qui ont des distributions comparables aux 3 classes de cylindrée considérées ci-dessus.

La distribution des puissances (fig. 26) est un peu moins significative. Entre 1977 et 1994 la classe moyenne reste globalement majoritaire, suivie de peu par la classe inférieure. Contrairement à la cylindrée, c'est la classe des fortes puissances qui apparaît le plus tardivement en 1982, en proportion plus significative (10%). La période 1984-1985 est marquée par un changement épisodique des tendances pour les trois classes, notamment les deux inférieures qui sont au même niveau en 1985.

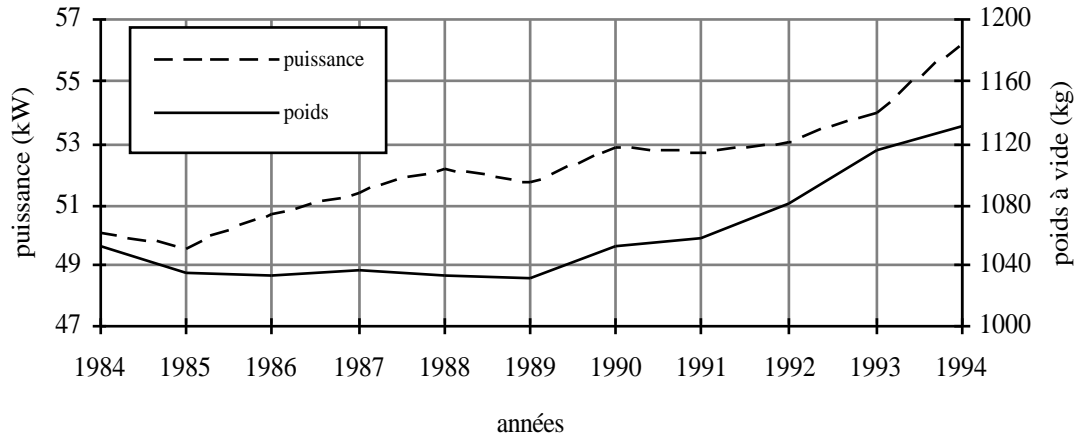


Figure 27 : Puissance moyenne et poids à vide moyen des véhicules particuliers diesel immatriculés en France.

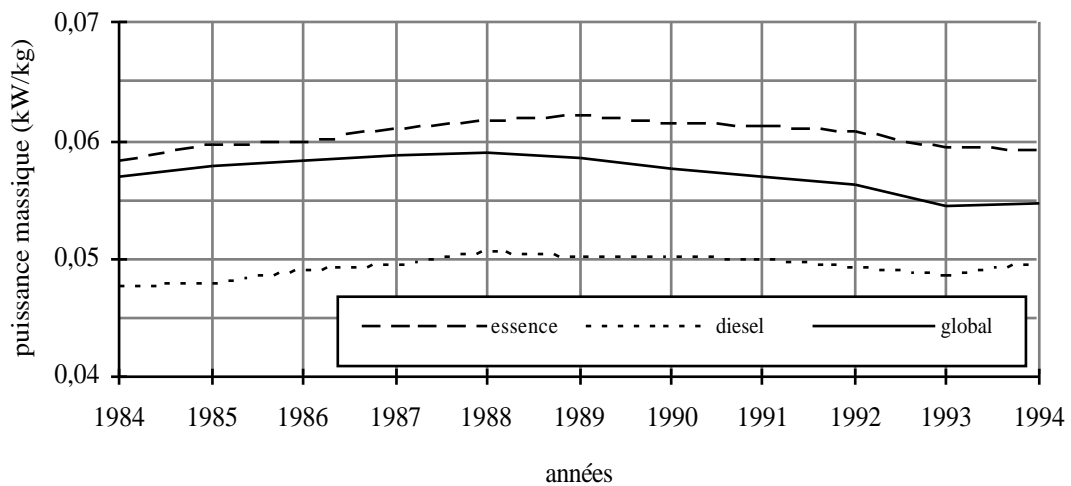


Figure 28 : Puissance massique moyenne des véhicules particuliers immatriculés en France.

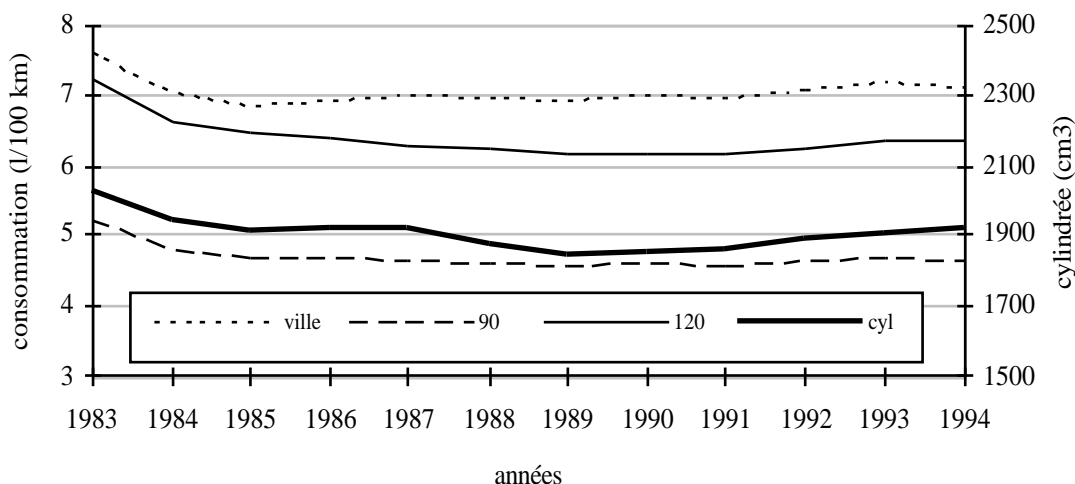


Figure 29 : Évolution des consommations moyennes en ville et pour deux vitesses stabilisées (en km/h) et de la cylindrée pour les véhicules particuliers diesel immatriculés entre 1984 et 1994 .

### I.2.1.3. Le poids à vide des VP diesel

Il est un critère technique dont nous n'avons pas parlé jusqu'ici concernant les véhicules particuliers mais dont l'étude sommaire s'avère ici intéressante : la masse à vide des véhicules (abusivement appelé poids à vide mais exprimé en kilogrammes). Les équipements de confort et de sécurité en plein essor cette dernière décennie (renforcements des carrosseries, climatisation, turbo compresseur...) sont autant d'éléments qui provoquent une surcharge du véhicule à vide. Il faut y ajouter la cylindrée, qui correspond au volume total disponible pour le mélange air-carburant dans le moteur : une augmentation de volume du bloc moteur aura des conséquences directes sur son poids. Le poids d'un véhicule à déplacer est en relation directe avec la puissance qu'il faut fournir pour ce déplacement.

Le poids à vide est fourni à l'Ademe par le CCFA dans un fichier qui centralise de nombreuses informations techniques concernant les véhicules particuliers disponibles sur le marché français (Couderc, 1995), et n'est exploitable qu'à partir de 1984.

Comme la puissance réelle, le poids à vide des diesel a globalement augmenté entre 1984 et 1994 (fig. 27), connaissant toutefois une longue période de diminution entre 1984 et 1989 (comme la cylindrée moyenne, cf. fig. 23), alors que la puissance ne subit que de très succinctes phases de décroissances pendant les dix années d'étude.

La croissance générale du poids étant plus réservée que celle de la puissance, la puissance massique (rapport entre la puissance et le poids, en kW/kg) est plus importante en 1994 qu'en 1984 (fig. 28). Cependant, le faible écart entre ces deux années nous porte à croire que finalement, cette augmentation est assez peu significative ; mais le recul concernant le poids n'étant que de 10 ans, il convient de considérer cette évolution avec un peu de prudence.



### I.2.1.4. La consommation moyenne des VP diesel

Respectivement pour les véhicules diesel et essence, les consommations moyennes en ville, à 90 et 120 km/h ne sont exploitables qu'à partir de 1983 (Couderc, 1983-1994). Il s'agit de valeurs mesurées sur véhicule d'homologation suivant le cycle ECE 15, et pour deux vitesses stabilisées (90 km/h et 120 km/h) et qui sont très différentes des consommations en conditions réelles de circulation.

Si l'on compare les profils des consommations moyennes pour trois types de circulation (en ville, à 90 km/h et à 120 km/h) et la cylindrée moyenne des diesel immatriculés entre 1983 et 1994, on constate une certaine similitude entre les différentes variations (fig. 29) : une relative décroissance entre 1983 et 1985 puis une période plus calme jusqu'en 1994. Suivant la même évolution que la cylindrée, la consommation à 120 km continue de décroître lentement après 1985 jusqu'en 1989 puis augmente jusqu'en 1994, sans toutefois retrouver sa valeur de 1983.

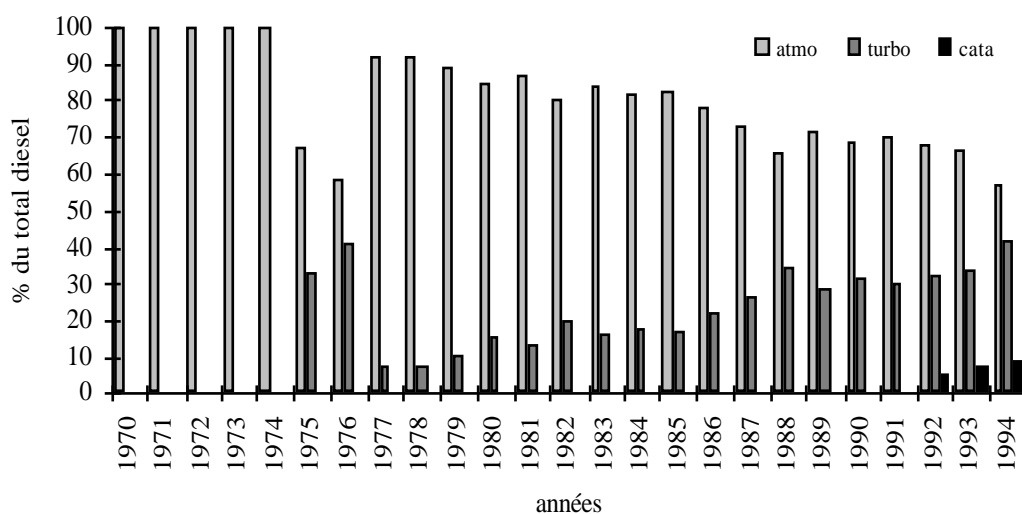


Figure 30 : Répartition des véhicules particuliers diesel immatriculés en France en fonction de la technologie de leur moteur ((atmo = atmosphérique non catalysé ; turbo = turbocompressé non catalysé ; cata = atmosphérique et turbocompressé catalysé).

FIGURE 31

*Figure 31 : Schéma simplifié de la suralimentation par turbo compresseur d'un moteur diesel (d'après Bonnetain et coll. 1980).*

### **FIGURE 32**

*Figure 32 : Schéma simplifié des deux principes d'injection directe et indirecte du gazole dans le moteur diesel (d'après Bonnetain et coll. 1980)*

La consommation à 90 km/h reste constante. La consommation urbaine augmente très légèrement dès 1985. Le poids à vide augmente pendant toute cette période (1983-1994, cf. § 2P.I.2.1.3) de même que, nous le verrons par la suite, le taux d'équipement des moteurs diesel en turbocompresseur (cf. § 2P.I.2.1.5). En ville, où la dynamique des véhicules est très saccadée (démarrages, arrêts, redémarrages), le poids intervient énormément sous forme d'inertie au démarrage provoquant ainsi une surconsommation non négligeable ; pour les mêmes raisons, le turbocompresseur (qui accroît les performances du moteur, d'où une consommation plus élevée) y est particulièrement sollicité lors des démarrages et accélérations.

### **I.2.1.5. L'évolution des moteurs de VP diesel**

**La suralimentation :** On assiste à un développement régulier de la suralimentation des moteurs diesel ( fig. 30). Les moteurs suralimentés sont équipés d'un compresseur (fig. 31), en général entraîné par les gaz d'échappement (turbo compresseur) qui permet d'apporter au moteur une quantité supérieure d'air (et donc d'oxygène) dans un volume identique. Son but étant de fournir un regain de puissance sans augmenter la cylindrée (Bosch, 1988), cela justifie les variations respectives de ces deux paramètres depuis 1977 et l'évolution vers ce que nous avons qualifié précédemment de petit diesel. L'intérêt est de concevoir un moteur diesel de petite cylindrée dont l'usage sera tant urbain que routier tout en obtenant une puissance qui lui permettra de rivaliser avec la vivacité des moteurs à essence. Le meilleur exemple est le concept conçu par Mercedes et Swatch, la Smart, dont l'ambition est d'être le petit véhicule exclusivement urbain de demain et dont une des motorisation sera, à partir de 1998, un moteur diesel suralimenté (Argus, 1996).

**catalyseur d'oxydation :** On note parallèlement une timide apparition des diesel catalysés à partir de 1992, bien inférieure aux immatriculations de véhicules essence équivalents. En effet, les diesel ne sont pas obligés d'être équipés d'un catalyseur pour respecter la norme Européenne d'émission de polluants à laquelle ils sont soumis jusqu'en 1996. Ce n'est qu'à partir de 1997 (1er janvier 1996 pour les nouveaux modèles, 1er janvier 1997 pour tous les véhicules neufs) que le pot catalytique d'oxydation devient pratiquement obligatoire (Zanon et Taylor, 1996).

**injection directe et indirecte :** Le principe de fonctionnement du moteur diesel (auto-inflammation du mélange air-carburant provoquée par une très forte pression) nécessite de pressuriser le gazole par l'intermédiaire d'une pompe, avant de pouvoir l'injecter -toujours sous pression- là où aura lieu la combustion. La technologie employée pour l'injection du gazole est directement impliquée dans les nature et quantité de polluants émis par les moteurs. Elle peut être directe ou indirecte (Bosch, 1988). Dans le premier cas, le carburant est injecté directement dans le cylindre où aura ensuite lieu la combustion (fig. 32) ; cette technologie est actuellement en plein développement puisqu'elle permet de réduire considérablement consommation et émissions de polluants. Dans le cas contraire (injection indirecte), le carburant est introduit sous pression dans une préchambre, mélangé à l'air nécessaire à la combustion avant d'atteindre le cylindre.

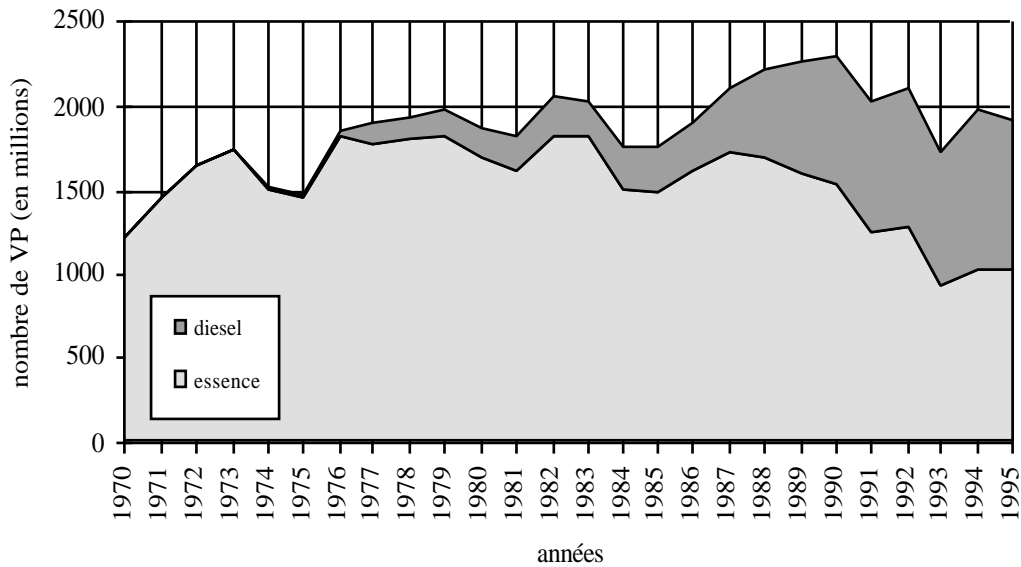


Figure 33 : Nombre de véhicules particuliers essence et diesel immatriculés neufs en France entre 1970 et 1995.

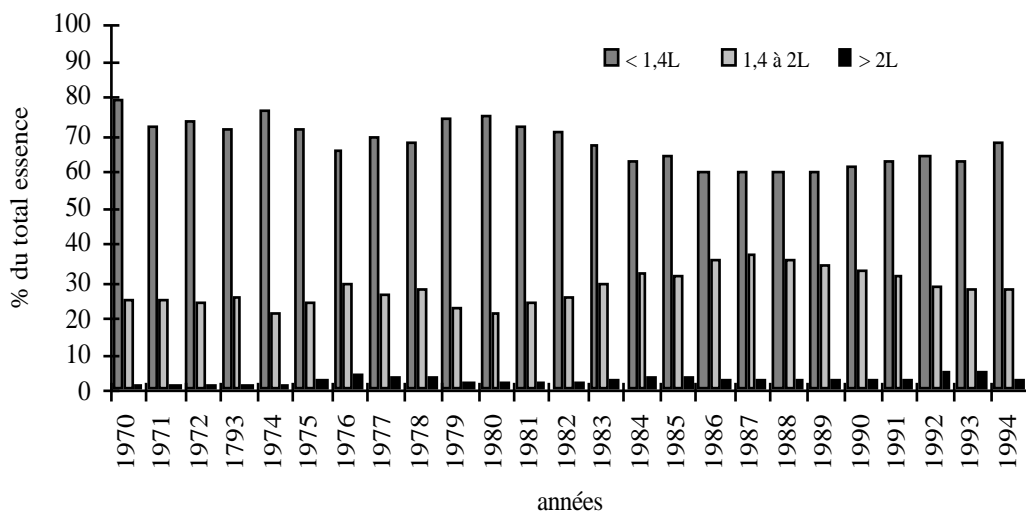
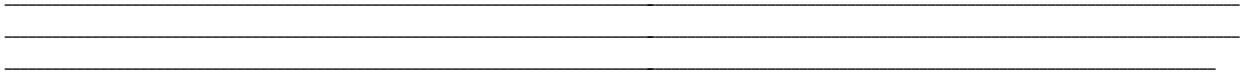


Figure 34 : Répartition des véhicules particuliers essence immatriculés en France en fonction de leur cylindrée (en % du total de VP essence).



Motivés dans nos calculs de parc par l'inventaire des émissions de polluants par les moteurs, nous aurions souhaité tenir compte de ce paramètre lors de l'analyse de l'évolution des moteurs diesel. Nous avons par conséquent tenté de trouver cette information dans le fichier VP de l'Ademe (Couderc, 1996). Malheureusement, nous n'avons pu exploiter la variable "type d'injection" : si l'on considère dans ces données que seules les injections dénommées indirectes le sont, on constate que cette technologie n'apparaît qu'en 1991 et croît très régulièrement pour atteindre 25% des immatriculations de diesel en 1994. Or c'est au contraire l'injection directe de gazole dans les cylindres qui est actuellement en plein développement puisque c'est une technologie récemment mise au point dans l'objectif de réduire les consommations et pollution des véhicules concernés. Auparavant, tous les moteurs diesel étaient à injection indirecte, procédé unique d'alimentation jusqu'à ces dernières années.

Ne pouvant utiliser la seule source d'information actuellement à notre disposition, aucune référence ne sera faite au type d'injection de gazole dans nos calculs de parc.

### **I.2.2. Les véhicules particuliers à essence**

Unique motorisation disponible (ou presque, cf. § I.2.1.) sur le marché du véhicule particulier en 1970 (fig. 33), les immatriculations de voitures à essence diminuent fortement depuis 1976 au profit des diesel, jusqu'à ne plus constituer que la moitié des immatriculations en 1995 (52,4%). Perdant leur suprématie (comme nous l'avons vu plus haut) précédemment acquise à l'instar de l'inexistence des moteurs diesel avant 1970, le profil technique (cylindrée et puissance réelle moyenne) des immatriculations de véhicules particuliers essence évolue de façon moins significative que celui des diesel.

#### **I.2.2.1. La cylindrée des VP à essence**

La cylindrée moyenne augmente assez régulièrement entre 1974 et 1994 (environ 21 cm<sup>3</sup> par an, cf. fig. 23). Cependant, elle ne dépasse pas actuellement 1500 cm<sup>3</sup> et reste toujours très inférieure à la cylindrée moyenne des véhicules diesel.

La distribution des classes de cylindrée est relativement homogène sur la période d'étude. Le niveau de la classe haute (supérieure à 2 litres) est très confidentiel malgré un accroissement en 1992 et 1993 où il dépasse pour la première fois 5% du total des immatriculations essence (fig. 34). Les deux autres se partagent le marché, la classe moyenne (comprise entre 1,4 et 2 litres) oscillant entre la moitié et les deux tiers de la classe inférieure qui reste de toutes façons majoritaire. Cependant, la comparaison ponctuelle des deux années 1970 et 1994 montre une répartition assez peu différente : les grosses cylindrées ont presque triplé (5,5% au lieu de 2%), mais le niveau intermédiaire reste le même (29% contre 25%) et les petites cylindrées ont perdu très peu de leur importance (69% seulement au lieu de 80%).

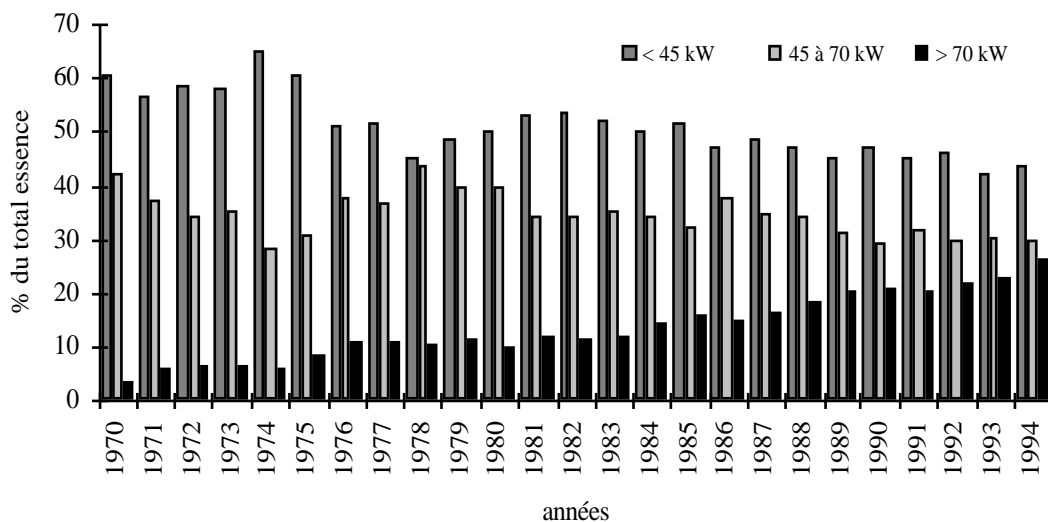
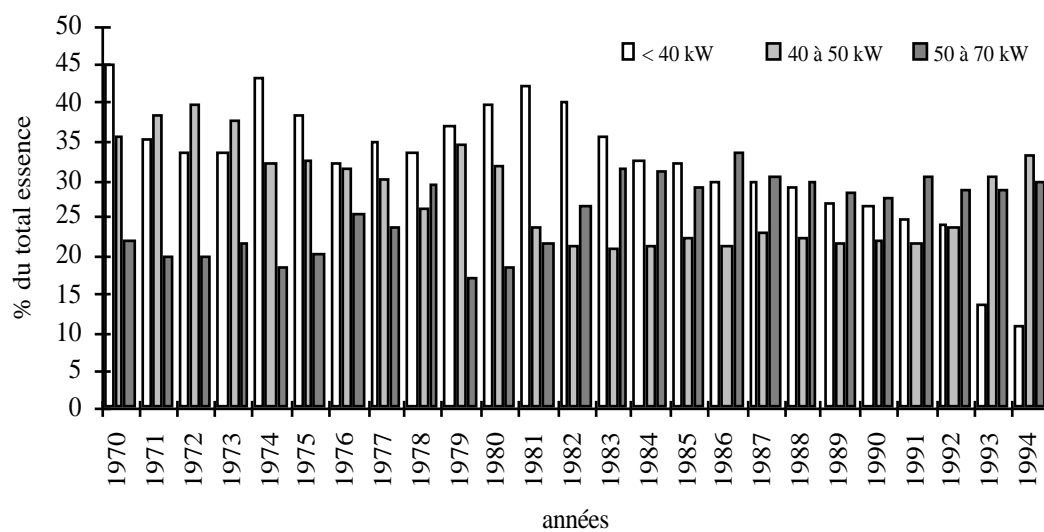


Figure 35 : Répartition des véhicules particuliers essence immatriculés en France en fonction de leur puissance (en % du total de VP essence).



*Figure 36 : Répartition des véhicules particuliers essence de moins de 70 kW immatriculés en France en fonction de leur puissance (en % du total de VP essence).*



### **I.2.2.2. La puissance des VP à essence**

Hormis une exception en 1974, la puissance moyenne de ces véhicules augmente plus nettement que la cylindrée, passant de 41 en 1970 à 56 kW en 1994 (soit environ 0,6 kW d'augmentation par an, cf. fig. 35). Elle devient supérieure à la puissance moyenne des véhicules diesel à partir de 1984. L'écart entre les deux diminue tout de même en 1994 sans que l'on puisse déduire s'il s'agit d'un accident ou de l'amorce d'une véritable tendance pour l'avenir.

La répartition des véhicules essence suivant les trois classes de puissance choisies pour les diesel ne nous permet pas de mettre en évidence une réelle tendance d'évolution pour les véhicules de puissance inférieure à 70 kW (fig. 36) ; ils diminuent par rapport à ceux dont la puissance est supérieure à 70 kW qui passent de 3% en 1970 à près de 25% en 1994. Cependant, le rapport entre la classe 1 (<45 kW) et 2 (45 à 70 kW) reste relativement constant, ce qui ne nous apporte pas d'information sur la répartition des véhicules de faible puissance.

Pour analyser plus finement ces deux classes inférieures, nous les avons éclatées en trois classes plus fines : moins de 40 kW, 40 à 50 kW et 50 à 70 kW. La classe supérieure reste identique (plus de 70 kW) et n'est pas représentée sur la figure (fig. 37).

A première vue, deux grandes périodes sont identifiables : 1970-1982 et 1983-1993. La première phase est caractérisée par une instabilité générale : la classe des moins de 40 kW reste globalement majoritaire, les véhicules sont encore peu puissants, les fortes puissances sont minoritaires. A partir de 1983, les tendances s'inversent. La catégorie inférieure diminue nettement et n'est plus la plus importante dès 1986 et s'effondre à partir de 1993. Ce sont les véhicules de 50 à 70 kW qui deviennent les plus nombreux. La classe intermédiaire (40 à 50 kW) reste assez stable à 22% pendant toute la période jusqu'en 1992 ; elle compense en 1993 la soudaine diminution de la classe inférieure et devient majoritaire. Les véhicules de plus de 70 kW continuent à augmenter pour atteindre le quart des immatriculations essence en 1993.

Sans que leur cylindrée ait fortement augmenté, les véhicules particuliers à essence immatriculés en France sont donc dans l'absolu de plus en plus puissants (augmentation moyenne annuelle sur les 24 dernières années (1970-1994) : 0,75 kW/an).

### **I.2.2.3. Le poids à vide des VP à essence**

Comme nous l'avons fait pour les véhicules particuliers diesel, nous nous sommes penchés rapidement sur le poids à vide des véhicules à essence. Il apparaît que l'écart entre 1984 et 1994 est pratiquement équivalent pour le poids comme pour la puissance (fig. 38). Entre les deux, la

puissance croît plus rapidement que le poids jusqu'en 1989 pour ensuite subir une période de ralentissement.

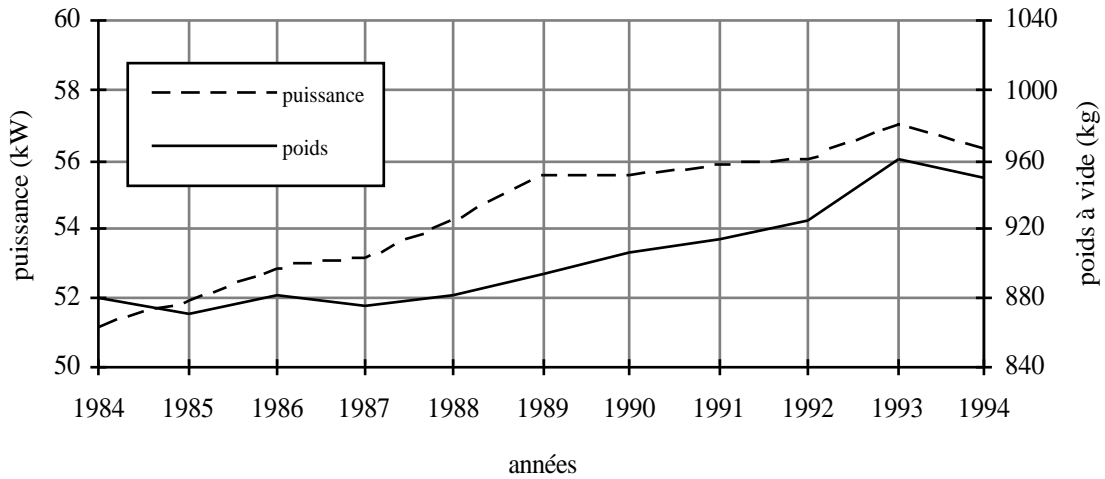


Figure 37 : Puissance moyenne et poids à vide moyen des véhicules particuliers à essence immatriculés en France.

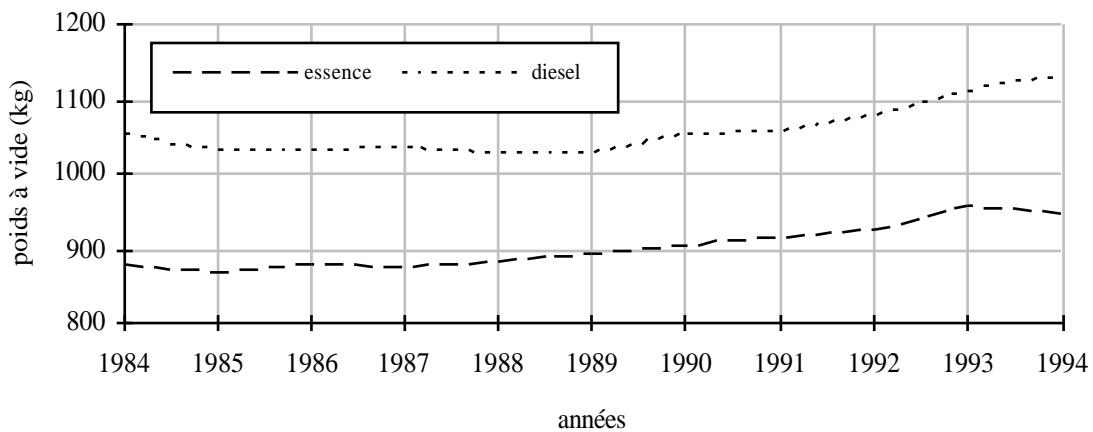


Figure 38 : Poids à vide moyen des véhicules particuliers essence et diesel immatriculés en France.

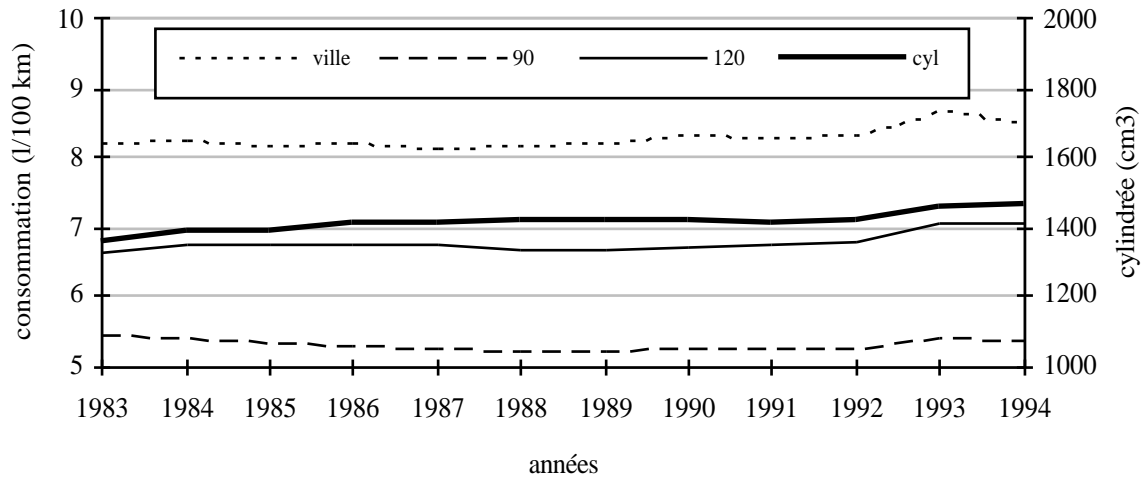


Figure 39 : Évolution des consommations moyennes en ville et pour deux vitesses (en km/h) et de la cylindrée pour les véhicules particuliers à essence immatriculés entre 1984 et 1994 .

La puissance massique (rapport entre la puissance et le poids, en kW/kg) passe par conséquent par un maximum en 1989 mais retrouve en 1994 sa valeur de 1984 (cf. fig. 28) ; on peut donc en déduire une puissance massique restée relativement constante. Cependant, comme pour les diesel, 10 années de recul seulement sont disponibles pour les données de poids : une certaine prudence s'avère donc nécessaire pour l'interprétation des tendances mises en valeurs.

On notera que les voitures équipées d'un moteur à essence sont beaucoup plus légères à vide que les diesel (fig. 38). Cette différence, assez stable sur la période étudiée (en moyenne 150 kg), est à attribuer au moteur diesel qui est beaucoup plus lourd et volumineux que son équivalent à essence, y compris à cylindrée égale ; et comme la cylindrée moyenne des diesel est toujours supérieure à celle des essence (cf. fig. 23), l'écart entre les poids moyens à vide est encore accentué.

#### **I.2.2.4. La consommation moyenne des VP à essence**

La cylindrée et le poids à vide des véhicules particuliers à essence étant croissants entre 1983 et 1994, il semble logique que les consommations moyennes normalisées le soient également (fig. 39). Comme pour les diesel, l'augmentation la plus nette est celle de la consommation urbaine, le poids (inertie) intervenant particulièrement dans cette situation compte tenu de la cinématique très irrégulière de ce type de circulation. À 90 km/h, la consommation diminue globalement entre 1983 et 1994, connaissant tout de même une légère phase de croissance entre 1991 et 1993.

#### **I.2.2.5. L'évolution des moteurs de VP à essence**

L'évolution technologique des véhicules particuliers à essence est progressive jusqu'en 1993 (fig. 40). Compte tenu du fort débit de carburant que peut fournir un carburateur et de sa simplicité de fonctionnement (fig. 41), les constructeurs l'ont longtemps préféré pour équiper leurs plus gros moteurs ou les véhicules les plus bas de gamme. Avant 1992, la croissance des systèmes modernes d'alimentation par injection de carburant est donc assez progressive, entraînant une diminution équivalente des carburateurs qu'ils remplacent.

En 1993, les véhicules équipés d'un pot catalytique se développent de façon spectaculaire : c'est en effet la seule solution technique utilisable par les motoristes pour pouvoir respecter les normes antipollution adoptées par la Communauté Européenne, applicables aux nouveaux modèles dès le 1er juillet 1992 et à tous les véhicules particuliers neufs au 1er janvier 1993. Quelques éléments ont tout de même fait l'objet de dispenses (Rol Tanguy, 1992), notamment les véhicules à quatre roues motrices dit "de franchissement" (4x4 tout-terrain) et les petits utilitaires légers (ceux compris entre 1,25 et 3,5 t de PTAC) dont il sera question ultérieurement mais qui peuvent être dans certains cas achetés et immatriculés par des particuliers. Ceci explique que les véhicules catalysés ne représentent pas tout à fait 100% des immatriculations essence neuves après 1993.

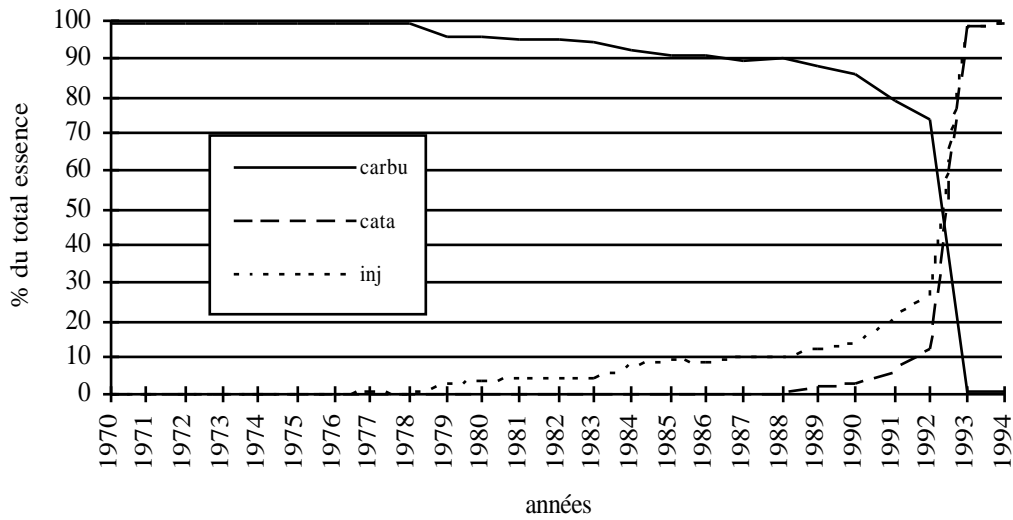


Figure 40 : Répartition des véhicules particuliers essence immatriculés en France en fonction de la technologie de leur moteur (en % du total de VP essence).

**FIGURE 41**

Figure 41 : Schéma simplifié d'un carburateur (double corps) et d'un système d'injection d'essence pour moteur d'automobile (d'après Bosch, 1988).

Cependant, les véhicules de cylindrée supérieure à 2 litres sont soumis à cette réglementation Européenne depuis 1989 (annexe II). Leur faible proportion dans les immatriculations justifie l'apparition plus que timide des véhicules catalysés à partir de 1987.

La catalyse des gaz d'échappement nécessite un réglage très précis du mélange air-carburant introduit dans le moteur pour la combustion. Le montage d'un pot catalytique est par conséquent obligatoirement accompagné d'un système d'injection, plus facilement contrôlable qu'un carburateur. C'est la raison pour laquelle les courbes concernant les moteurs à injection et les catalysés se suivent si fidèlement. On ne trouve donc plus (ou presque, pour les raisons citées plus haut) que des moteurs à injection sur les véhicules immatriculés après 1993.

La suralimentation (moteur équipé d'un turbocompresseur) des moteurs à essence n'a pas connu le même succès que celle des diesel. En effet, contrairement à ceux-ci, la technologie des moteurs à essence (poids réduit et rapidité des réactions aux sollicitations du conducteur) leur permet d'être puissants et vifs sans avoir à être aidés d'un turbocompresseur. Leur importance est donc réduite dans les immatriculations : inexistantes en 1970, ils apparaissent sérieusement en 1980 (0,2% du total des immatriculations d'essence) pour atteindre péniblement 3% en 1985. Ils n'ont ensuite cessé de décroître (0,3% en 1992) et représentent en 1994 moins de 1% (0,6) des immatriculations.

### **I.2.3. Les véhicules particuliers fonctionnant au GPLc**

La possibilité de "transformer" un véhicule à essence pour qu'il puisse fonctionner au GPLc pose un problème au niveau de la comptabilisation de ces véhicules. Aucune spécification n'est faite au moment de l'immatriculation, exception faite des rares modèles de véhicules équipés d'origine qui commencent à faire leur apparition dans les catalogues des constructeurs (cf. § I.3.1.3.) (Larroumet et coll., 1997). Après l'engouement des années 80 (l'autorisation de la bicarburation en 1985 en fut le réel point de départ), le GPL fut progressivement abandonné par les particuliers comme par les entreprises suite à des problèmes techniques et logistiques mais aussi financiers, considérés comme rédhibitoires à l'utilisation des véhicules (Hauger, 1990). On estime que 10 000 de ces véhicules particuliers circulaient en France en 1989 (Hivert, 1991) et 30 000 en 1994 (Hivert, 1996). Il semblerait qu'à l'heure actuelle, suite à la décision récente prise par le gouvernement de baisser les taxes sur ce carburant, près de 2000 installations par mois soient réalisées sur les véhicules (utilitaires et particuliers) du parc français (Argus, 1996) ; ainsi, ce sont près de 25 000 véhicules au total qui furent convertis en 1996 (Larroumet et coll., 1997), mais on ne connaît pas la part des véhicules particuliers ou utilitaires.

Si nous avons des connaissances relativement précises concernant les voitures équipées d'origine pour fonctionner avec ce carburant (Larroumet et coll., 1997), il est très difficile, pour ne pas dire impossible, de connaître en détail les caractéristiques techniques (cylindrée, puissance...) et quantités des modèles convertis après achat. Elles restent donc intégrées lors de nos calculs aux immatriculations de voitures à essence.



#### I.2.4. Les véhicules particuliers électriques

Bien que leur développement ait débuté près de dix ans avant la construction du premier véhicule à essence (AIE, 1994), ils ont connu une évolution très intimiste et sporadique depuis cette époque. Les premiers temps furent semble-t-il flamboyants, et c'est sur eux que reposaient alors les progrès de l'automobile. Un autobus électrique à même circulé dans les rues de Londres en 1886. Beaucoup de ces véhicules étaient inscrits en compétition, et c'est encore un de ces véhicules qui battit un record de vitesse automobile (105 km/h) en 1899. En 1900 aux États Unis, on construisait plus de véhicules électriques que d'essence et presque autant que de voitures à vapeur. Malheureusement, les progrès furent rapidement limités par la capacité des batteries alors que les performances des moteurs à combustion interne évoluaient sans cesse, creusant un écart irrémédiable entre les deux motorisations. Les véhicules électriques ne connurent plus alors que des utilisations très ponctuelles, comme au Japon pendant la seconde guerre mondiale suite à des restrictions sévères de carburant.

C'est la prise de conscience progressive des problèmes liés à la pollution atmosphérique qui ramène le véhicule électrique sur le devant de la scène automobile dans plusieurs pays. Cependant, au gré des crises économiques (pétrolières) et politiques, le développement fut assez irrégulier. A l'heure actuelle, ils connaissent un regain d'intérêt sans précédent mais, bien que les progrès techniques aient été fulgurants ces dernières années, ils restent encore de très loin inférieurs en nombre aux véhicules thermiques sur le marché.

Aucun décompte précis des véhicules particuliers électriques immatriculés ne semble actuellement disponible, aucune distinction n'étant faite au moment de leur déclaration auprès des autorités concernées. En France, on estimait le nombre de véhicules **en circulation** entre 500 et 1000 éléments en 1994 (AIE, 1994) toutes catégories (particuliers ou utilitaires) confondues. Les véhicules actuellement acquis sont pour la plupart des utilitaires (cf. § I.3.1.3.), dont la contenance est suffisante pour loger les batteries, à qui l'on ne demande pas de performances élevées en terme de vitesse et d'autonomie et qui sont en général destinés à de courts trajets urbains. On trouve cependant de plus en plus de modèles de voitures disponibles en version électrique (AX, Saxo, 106, Clio...(Wolf, 1995 ; AIE, 1994 ; Environnement magazine, 1996)). Les principaux utilisateurs restent toutefois des collectivités locales ou des entreprises. En effet, les particuliers, compte tenu de la faible autonomie qu'offre cette motorisation (moins de 100 km pour la plupart), y sont encore assez peu réceptifs ; seuls ceux qui ne réalisent que de courts trajets sont susceptibles de s'y intéresser mais exclusivement en remplacement éventuelle d'une seconde voiture (Hivert, 1995 ; Faivre d'Arcier et coll., 1996). Une mesure récente prise par le gouvernement (offre de 5000 F à chaque acheteur d'un véhicule électrique, Wolf, 1995) permettra peut-être l'équipement progressif des ménages en voiture électrique.

De même que pour le GPLc, compte tenu de la confidentialité de leurs effectifs et du peu d'informations dont nous disposons les concernant, nous avons intégrés les véhicules électriques dans la catégorie "essence" lors du calcul de parc.



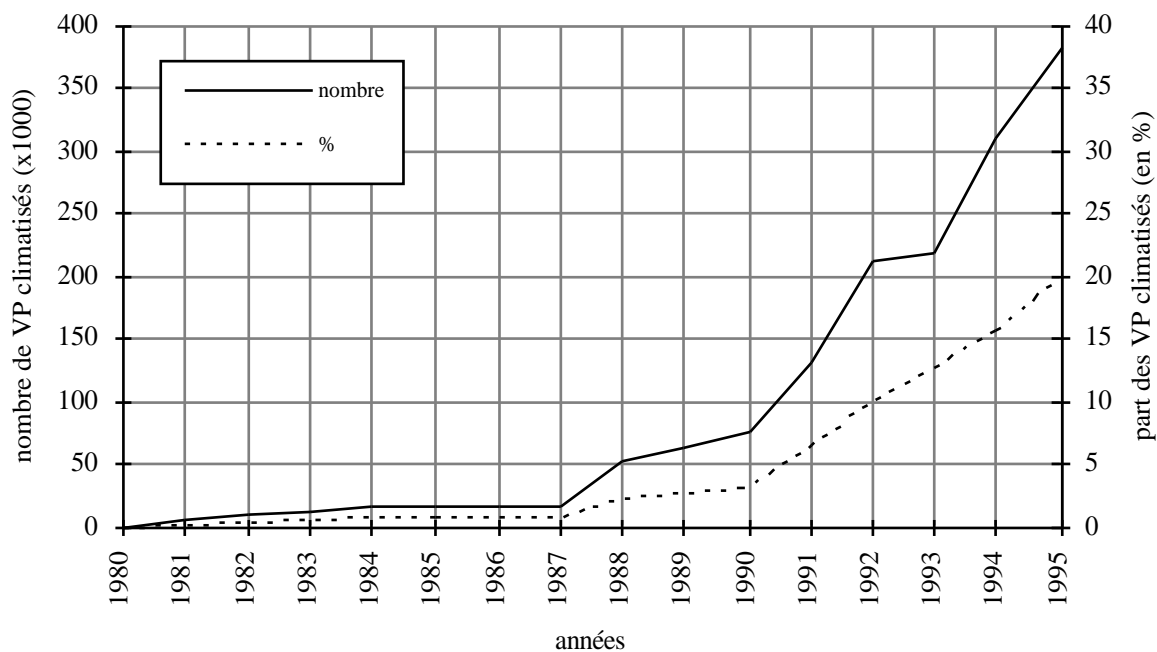
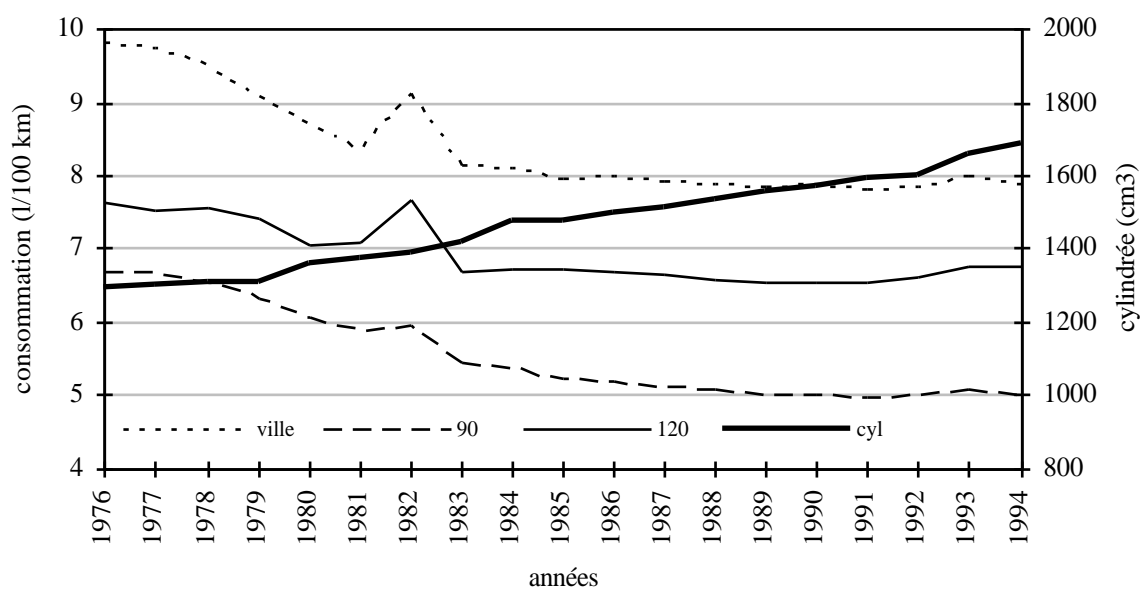


Figure 42 : Nombre de véhicules particuliers climatisés immatriculés neufs en France.



*Figure 43 : Évolution des consommations moyennes en ville et pour deux vitesses (en km/h) et de la cylindrée pour les véhicules particuliers immatriculés entre 1984 et 1994, essence et diesel confondus.*

### **I.2.5. L'essor de la climatisation des VP**

Élément incontestable de confort et de sécurité (l'attention du conducteur est souvent altérée par les fortes chaleurs, qui ont tendance à engourdir l'organisme et limiter les réflexes), la climatisation de l'habitacle des véhicules particuliers s'est développé dans les années 1960 aux États-Unis (Barbusse, 1996). Apparue en France dans les années 80, l'air conditionné n'y connut de réel succès qu'après 1990 (4% seulement des immatriculations), date à partir de laquelle son ascension fut fulgurante. En effet, à l'heure actuelle, une voiture neuve sur cinq est pourvue de la climatisation, ce qui représente une croissance moyenne de 53 000 véhicules immatriculés par an (fig. 42) en cinq ans.

### **I.2.6. La consommation moyenne globale des VP**

La consommation globale de l'ensemble des véhicules est disponible depuis 1976 et non 1983 comme ce fut le cas de manière différenciée pour les essence et diesel, la distinction entre les deux n'étant apparue dans le fichier Ademe/Utac qu'en 1983. Bien que les cylindrées, poids à vide et équipement de climatisation, qui sont trois facteurs importants de consommation de carburant, soient globalement croissants, on note une diminution générale de la consommation quelques soient les conditions de circulation (fig. 43). Cet effet est provoqué par le taux de diésélisation en plein développement, puisque les moteurs des véhicules diesel sont plus économiques que ceux de leurs homologues à essence (cf. fig. 29 et 39). On ignorera la pointe de 1982 due à un problème dans le fichier de l'Ademe/Utac déjà rencontré à plusieurs reprises pour cette même année.

Après avoir analysé les véhicules particuliers immatriculés en France, nous allons aborder la seconde catégorie de véhicules routiers du parc : les véhicules utilitaires. Compte tenu de la très grande diversité de cette famille, nous ne présenterons pas les évolutions séparées des diesel et essence comme nous venons de le faire pour les véhicules particuliers mais plutôt par grande catégorie de véhicules, en fonction de leur poids et de l'utilisation qui en est faite.

### **I.3. L'évolution des véhicules utilitaires (VU)**

Le groupe des véhicules utilitaires est généralement scindé en deux grandes catégories, en fonction du poids maximum qu'ils peuvent transporter (annexe I) : les véhicules utilitaires légers, caractérisés par leur poids total autorisé en charge (PTAC) inférieur à 3,5 t, et les poids lourds ou véhicules industriels, c'est à dire tous ceux dont ce poids est supérieur à 3,5 t ; leur poids total roulant (PTR) est supérieur à 5 t. Le PTAC correspond au poids maximum qu'un véhicule seul est autorisé à transporter, alors que le PTR est le poids maximum transportable par un ensemble

véhicule+remorque. Les poids lourds regroupent trois sous-catégories : tracteurs routiers, bus (et cars) et camions.

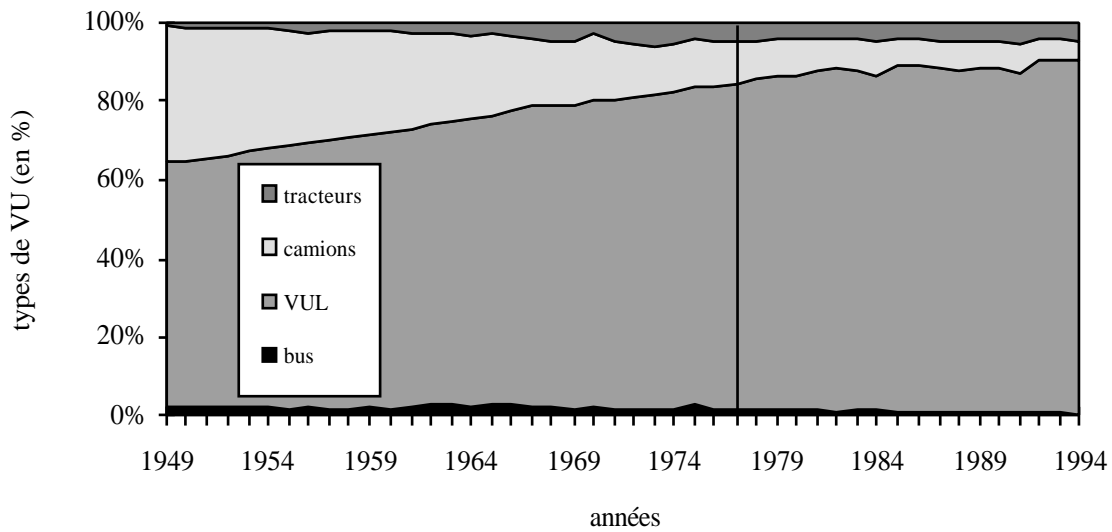


Figure 44 : Distribution des immatriculations des différentes catégories de véhicules utilitaires en France avec extrapolation entre 1949 et 1977 (en % du total).

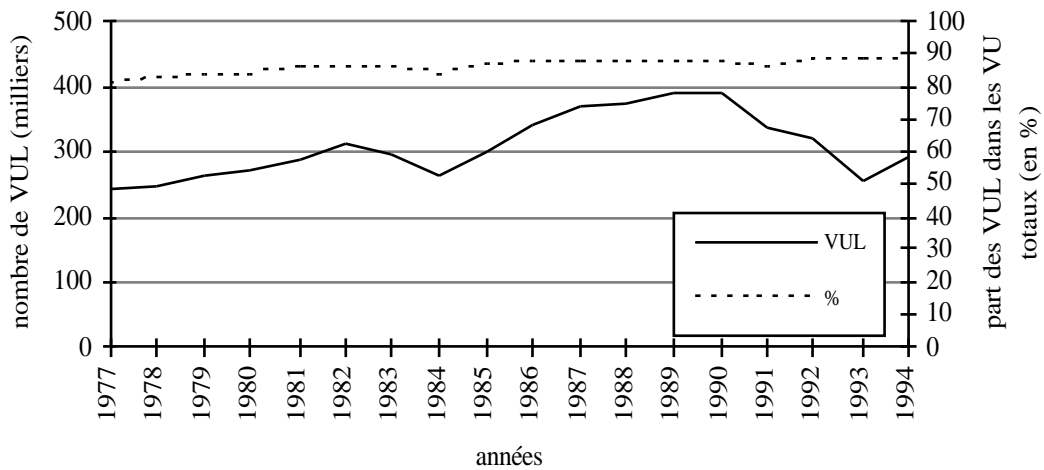


Figure 45 : Part des véhicules utilitaires légers (VUL) dans les immatriculations totales d'utilitaires en France.



Figure 46 : Part des utilitaires légers (VUL) dans les immatriculations d'utilitaires en France, avec extrapolation pour la période 1948-1977.

Comme il a été précisé précédemment (cf. § II.1.1.), les données d'immatriculations sont souvent peu détaillées, jusqu'à des dates elles-mêmes différentes selon les catégories de véhicules. Par conséquent, nous avons dû avoir recours à un certain nombre d'extrapolations, détaillées dans les chapitres suivants, pour pouvoir étudier, utiliser et présenter l'ensemble des données de manière cohérente et homogène.

Compte tenu des âges maximum des véhicules et de la méthodologie de calcul du parc à partir des immatriculations et des coefficients de survie, nous n'avons pas extrapolé les données d'immatriculations à partir de la même année. Ce n'est qu'à partir de 1949 que nous avons tous les chiffres et que nous connaissons de manière précise la structure des immatriculations de VU ; les graphiques que nous présentons et qui synthétisent les résultats ne commencent donc qu'en 1949. Le fait le plus remarquable est la très forte proportion de véhicules utilitaires légers (VUL) par rapport aux poids lourds (plus de 80% du total des immatriculations d'utilitaires - fig. 44). Compte tenu de la forte diversité liée au concept de "véhicule utilitaire", nous nous sommes plutôt attachés à étudier l'évolution de ces différents types de véhicules en valeur absolue et en part relatives au sein des immatriculations totales.

### **I.3.1. Les immatriculations de véhicules utilitaires légers (VUL)**

Compte tenu de leur âge maximum (22 ans), nous avons besoin, pour le calcul du parc à partir de 1970, des immatriculations de véhicules utilitaires légers depuis 1948. Un certain nombre d'extrapolations seront nécessaires pour remonter jusqu'à cette date, les données détaillées concernant ces véhicules n'étant disponibles qu'à partir de 1987. Nous palierons l'absence d'informations sur les poids, puissance et diésélisation avant cette date en isolant trois classes de poids entre 1987 et 1994 dont nous extrapolerons les caractéristiques techniques avant 1987 puis que nous additionnerons pour obtenir les caractéristiques de l'ensemble des utilitaires légers avant cette même date.

Dans nos données de travail, les immatriculations françaises de véhicules légers neufs sont comptabilisés jusqu'en 1977 avec celles des camions, qui font partie des poids lourds (cf. § II.1.1, fig. 5). Au delà, les immatriculations de véhicules utilitaires légers sont différenciées mais non détaillées par modèles (à partir de 1987 seulement). Largement majoritaires (plus de 80%, cf. fig. 44) ces immatriculations sont, et restent, assez stables en pourcentage du total des utilitaires (fig. 45). En ce qui concerne les valeurs absolues, la croissance est importante entre 1977 et 1990. Elle est interrompue en 1983-1984 (période de dépression générale pour les immatriculations totales des véhicules utilitaires - cf. fig. 6 et 7), puis à nouveau et pour les mêmes raisons de 1990 à 1993.

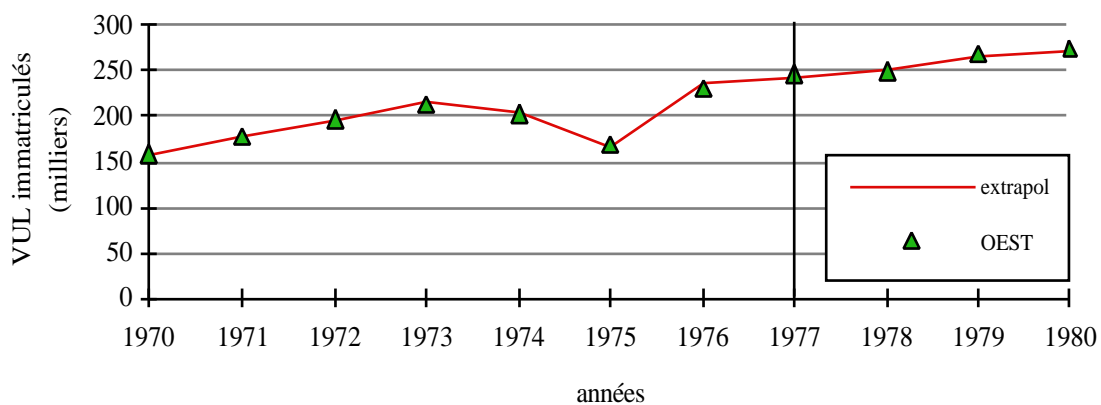


Figure 47 : Immatriculations de véhicules utilitaires légers : comparaison des sources entre 1970 et 1982 (d'après OEST 1988 et extrapolations des chiffres de l'Argus).

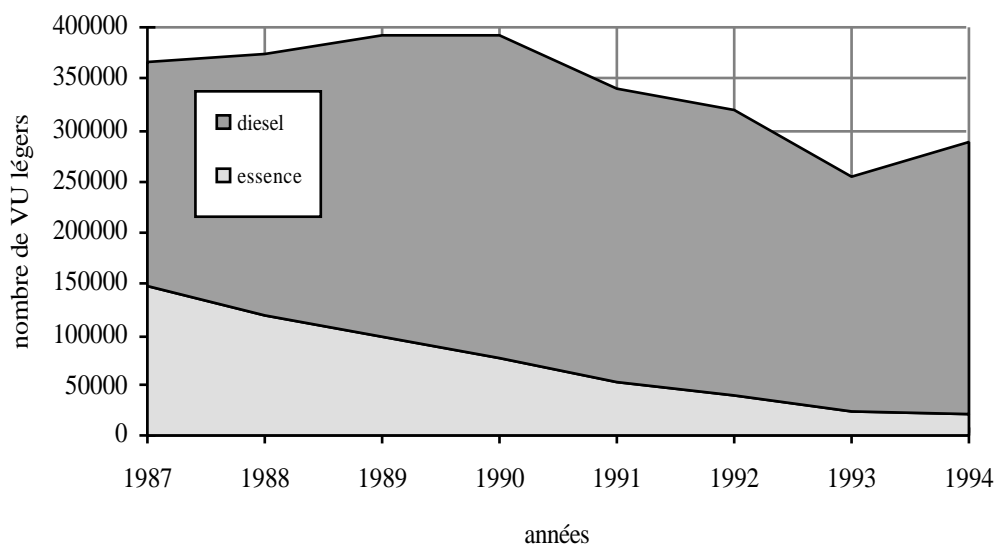


Figure 48 : Nombre de véhicules utilitaires légers immatriculés en France.

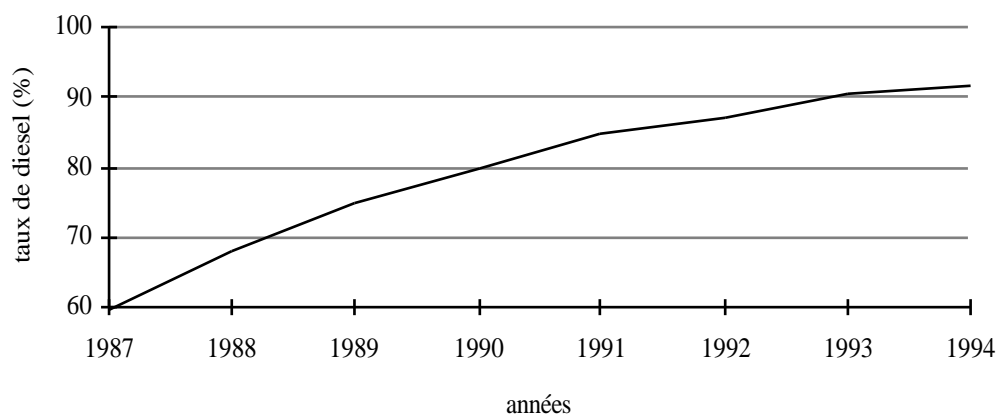


Figure 49 : Taux de diésélisation des véhicules utilitaires légers immatriculés en France.



Cependant, nous avons besoin, pour pouvoir calculer le parc de ces utilitaires légers, d'intégrer des données séparées depuis 1948 (cf. § I.3.2 et II.1.1). Pour remplacer une information inexistante, nous avons choisi de prolonger la courbe de variation en pourcentages du total des véhicules utilitaires, pratiquement linéaire de 1977 à 1983, entre 1977 et 1948 ; nous aboutissons ainsi à un taux d'utilitaires légers de 60% en 1948 (fig. 46).

Par la suite, nous avons eu l'opportunité de comparer une partie des chiffres que nous avons précédemment extrapolés (de 1970 à 1977) à des données issues de l'OEST concernant les utilitaires légers de moins de 3 t de charge utile entre 1970 et 1975 et ceux de moins de 3,5 t de PTAC après 1975. Il se trouve que nos hypothèses correspondent parfaitement à ces données (fig. 47). Nous avons pu par la même occasion mettre en évidence l'évolution des camions au cours de la même période (1970-1977) en soustrayant les quantités d'utilitaires légers à l'ensemble utilitaires légers + camions. Les résultats concernant les camions sont présentés § 2P.I.3.2.1.

### **I.3.1.1. Le taux de diésélisation des VUL**

#### **I.3.1.1.1 La diésélisation de l'ensemble des VUL**

Pour les utilitaires légers, si l'on se contente dans un premier temps d'analyser les données réelles détaillées par modèles qui n'existent qu'à partir de 1987 (cf. § II.1.1 et fig. 1), on constate que, de manière bien plus nette que pour les véhicules particuliers, l'importance des moteurs essence est en perte de vitesse, de plus en plus remplacés par le diesel (fig. 48) dont le taux atteint 90% des immatriculations neuves en 1993 (fig. 49).

Pour évaluer les effectifs essence-diesel de ces véhicules légers avant 1987 (qui est également nécessaire pour le calcul détaillé du parc), nous avons dû avoir recours à une nouvelle extrapolation, inspirée cette fois des immatriculations de véhicules particuliers. En effet, la grande majorité des véhicules utilitaires légers sont des modèles issus des gammes de tourisme adaptés à une utilisation commerciale (Clio, 205...) : 90% de leurs immatriculations sont des véhicules de ce type (Argus, 1988-1995). On peut donc estimer sans prendre trop de risque que l'évolution de leur diésélisation suit la même tendance que celle des véhicules particuliers ; cependant, le pourcentage d'utilitaires légers diesel en 1987 est beaucoup plus élevé que celui des véhicules particuliers (60% contre 18%) à la même date. Il était par conséquent impossible d'utiliser la même courbe. Nous avons calculé le rapport qui existait entre le pourcentage de véhicules diesel pour les utilitaires légers et pour les véhicules particuliers pour la période 1987-1994. Étant donné qu'il diminuait pratiquement linéairement entre 1987 et 1994, nous l'avons prolongé jusqu'en 1970 avec la même pente, puisqu'en 1970 le taux de diésélisation des véhicules particuliers est nul ; nous pouvons ainsi obtenir le taux de diésélisation des utilitaires légers (fig. 50, courbe "VUL réel"). Toutefois, la courbe représentative de ce taux étant beaucoup plus lisse dans sa partie connue que dans sa partie

extrapolée, nous avons lissée celle-ci en moyennant chaque valeur avec les deux valeurs précédentes et les deux suivantes (fig. 50, courbe "VUL lissé") :

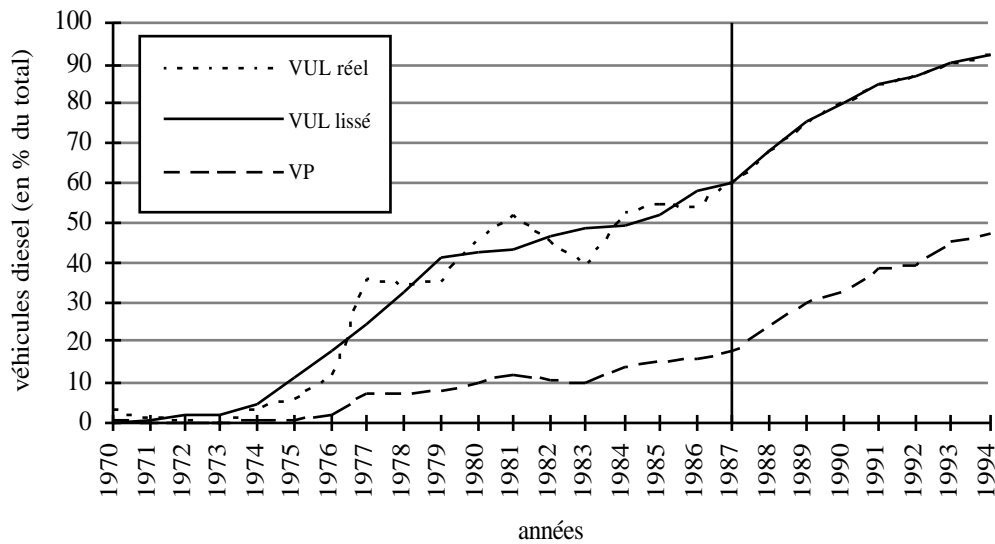
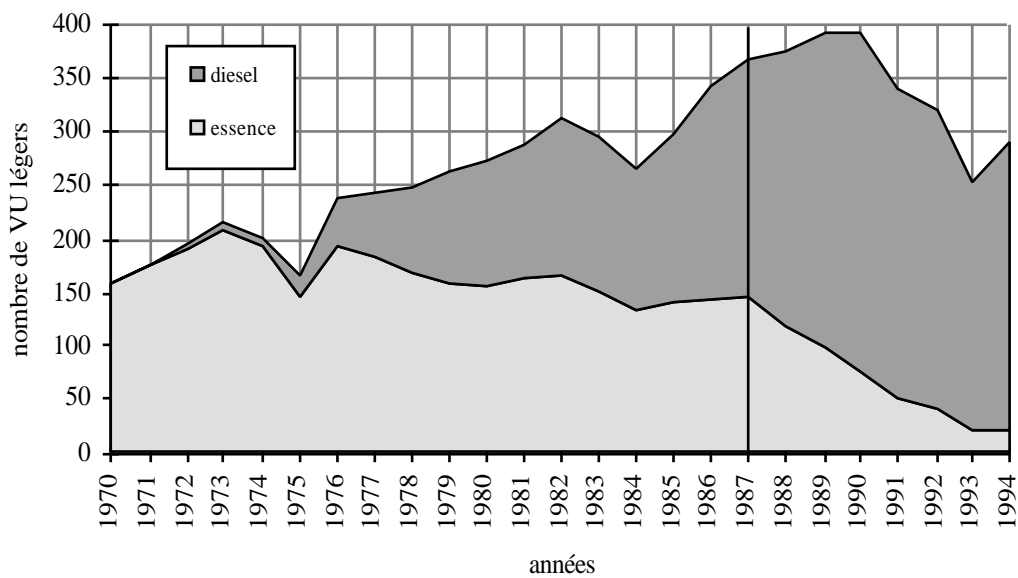


Figure 50 : Taux de diésélisation des véhicules particuliers (VP) et véhicules utilitaires légers (VUL) immatriculés neufs en France (en % du total de chaque catégorie), avec extrapolation des VUL de 1970 à 1987, avant (réel) et après lissage (lissé)



*Figure 51 : Nombre de véhicules utilitaires légers essence et diesel immatriculés neufs en France (en % du total), avec extrapolation entre 1970 à 1987.*

$$TlA = (Tr_{(A-2)} + Tr_{(A-1)} + Tr_A + Tr_{(A+1)} + Tr_{(A+2)})/5$$

avec Tl : Taux lissé

Tr : Taux réel

A : Année

Ce calcul étant impossible pour les deux premières années, nous avons remplacé la première valeur par celle des véhicules particuliers (0,48%) et fixé la seconde à 1%, la troisième étant égale à 1,76%. On peut ainsi estimer qu'à partir du moment où le développement du moteur diesel est amorcé pour tous les véhicules légers (utilitaires et particuliers), il est bien plus rapide pour les utilitaires que pour les véhicules particuliers. En combinant ces pourcentages et le nombre total de véhicules utilitaires légers immatriculés (cf. § 2P.I.3.1), on en déduit les effectifs d'immatriculations respectives essence et diesel depuis 1970 (fig. 51).

Après nous être intéressés au taux de diésélisation de l'ensemble des utilitaires légers, nous allons chercher à évaluer le taux de diésélisation par classe de poids. Pour cela nous sommes amenés à nous intéresser d'abord à la distribution en classes de poids des véhicules utilitaires légers diesel puis de leurs homologues à essence.

### **I.3.1.1.2. La distribution des VUL en classes de poids**

Au sein des utilitaires légers, on peut distinguer trois classes en fonction du poids à vide du véhicule : la classe I dont les éléments ne dépassent pas 1,25 tonne, la classe II, dont le poids à vide est compris entre 1,25 et 1,7 tonne, et la classe III pour les plus de 1,7 tonne. C'est notamment la réglementation Européenne sur les gaz d'échappement qui suit cette classification, les véhicules de la première classe étant soumis aux mêmes normes que les véhicules particuliers. Ce sont en fait, pour la plupart, des voitures particulières aménagées pour une utilisation commerciale (Clio, 205, AX...) qui ont globalement les mêmes caractéristiques techniques que leurs homologues de tourisme.

Il nous a paru intéressant de pouvoir étudier séparément ces trois classes. Malheureusement, nous n'avons pas eu accès au poids à vide mais au poids total autorisé en charge des véhicules utilitaires immatriculés en France à partir de 1987. Nous avons tout d'abord établi des corrélations entre poids à vide et PTAC à partir du fichier des véhicules particuliers (Couderc, 1995). Les limites de 1,25 et 1,7 t pour le poids à vide correspondent à peu près à 1,6 et 2,2 t de PTAC pour les véhicules particuliers en 1994. Il faut cependant considérer ces valeurs avec une certaine prudence, les caractéristiques pondérales des véhicules particuliers et des modèles d'entreprise n'étant pas tout à fait équivalentes. Par ailleurs, les informations auxquelles nous avons eu accès par la suite concernant les véhicules utilitaires légers utilisés en France (OEST/Decure, 1995) proposent une répartition à partir de 1,5 et 2,5 t (PTAC inférieur à 1,5 t ; compris entre 1,5 et 2,5 t et supérieur à 2,5 t (et inférieur à 3,5 t)). Ce sont donc ces limites dont nous avons tenu compte pour la détermination des nos classes I, II et III de véhicules utilitaires légers.

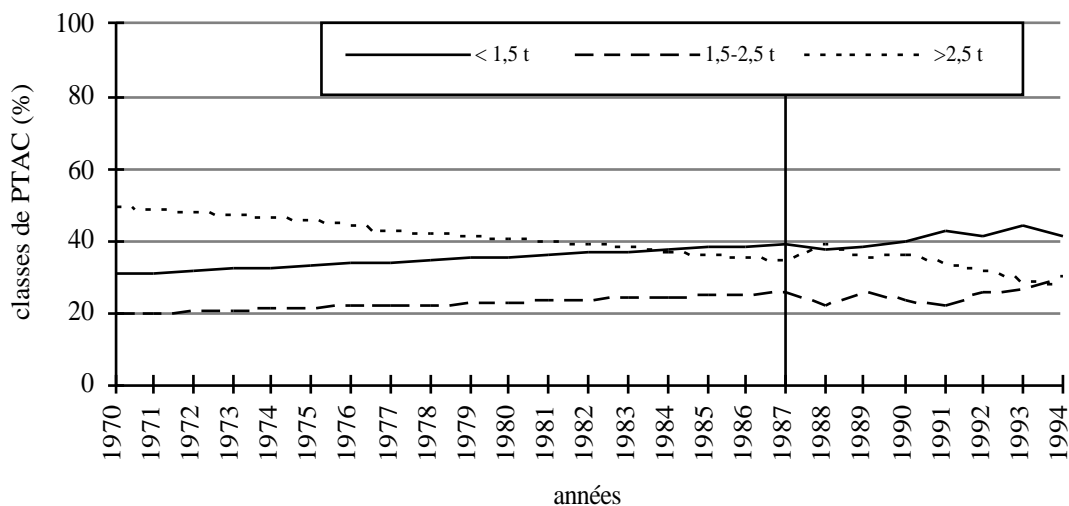


Figure 52 : Pourcentages des trois classes de PTAC au sein des immatriculations de véhicules utilitaires légers diesel avec extrapolation entre 1970 et 1986.

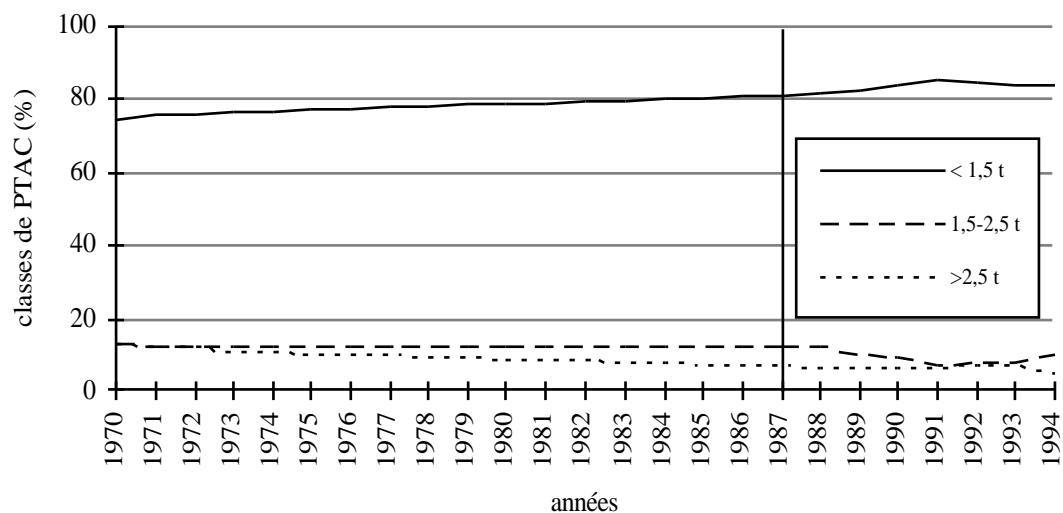


Figure 53 : Pourcentages des trois classes de PTAC au sein des immatriculations de VUL essence avec extrapolation entre 1970 et 1986.

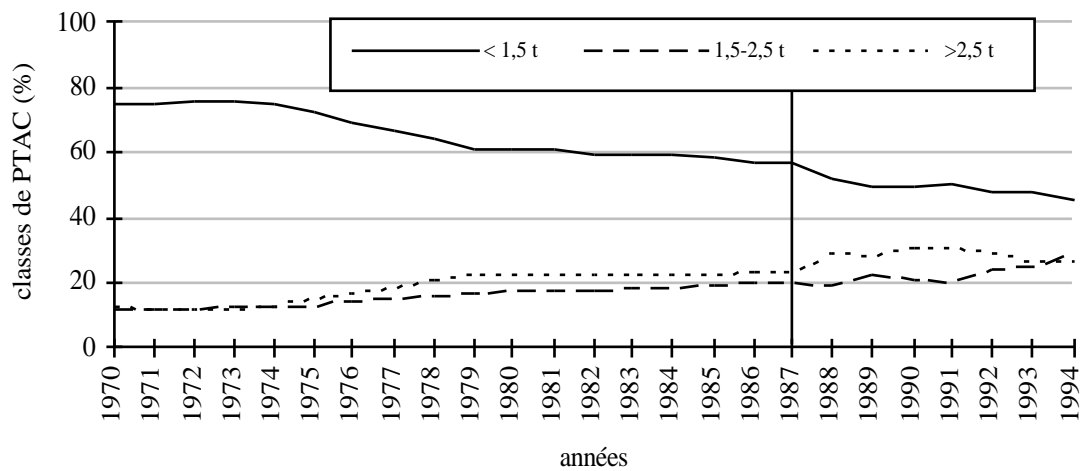


Figure 54 : Pourcentages des trois classes de PTAC au sein des immatriculations de l'ensemble des VUL avec extrapolation entre 1970 et 1986.

Dans un premier temps, nous avons analysé la répartition de ces trois classes entre 1987 et 1994 respectivement pour les essence et les diesel. Puis, à partir des courbes de pourcentages des trois classes, nous avons prolongé de façon linéaire la partie connue entre ces deux dates pour obtenir les valeurs comprises entre 1986 et 1970. Nous avons ensuite déduit, grâce à ces pourcentages, des quantités de véhicules pour la même période. Ce n'est qu'après cette étape que nous obtenons la répartition des trois classes pour l'ensemble des véhicules (somme entre diesel et essence).

Pour les **diesel** seuls, les oscillations des parts respectives de chaque classe sont relativement stables entre 1987 et 1994 (fig. 52) et peuvent être estimées respectivement à + 0,53% / an et - 0,88% / an pour les classes inférieure et supérieure. Nous avons choisi d'extrapoler le tracé de ces classes extrêmes jusqu'en 1970 et d'en déduire celui de la classe intermédiaire. Nous obtenons alors la distribution complète pour la période 1970-1986. En 1970, les immatriculations de diesel étaient ainsi composées seulement de 30% de véhicules de moins de 1,5 t et de 50% de plus de 2,5 t, la classe intermédiaire représentant donc 20% du total.

On constate ainsi que les deux classes inférieures (véhicules de moins de 2,5 t) ont augmenté à peu près parallèlement alors que la classe supérieure (véhicules de plus de 2,5 t de PTAC) est en régression régulière. Ces tendances seront d'ailleurs confirmées par l'évolution décroissante du PTAC moyen (cf. § 2P.I.3.1.2.1).

Pour les **véhicules à essence**, nous avons comme précédemment extrapolé linéairement les courbes de pourcentages pour les deux classes extrêmes connues entre 1987 et 1994 pour en évaluer les valeurs depuis 1970 (fig. 53). Les variations des pourcentages sont assez faibles pour ces huit dernières années, les pentes respectives des classes considérées étant de +0,35%/an et - 0,32%/an. Nous avons déduit la part de la classe intermédiaire de la même façon que précédemment ; il se trouve que celle-ci reste stable entre 1970 et 1987, proche de 12%.

Les petits véhicules (PTAC < 1,5t), très largement majoritaires en 1987 (82%), le sont en fait depuis 1970 où ils représentaient déjà 76% des immatriculations d'utilitaires légers. Les deux autres classes (PTAC compris entre 1,5 et 3,5 t) se partagent le reste, à 12% chacune en 1970, restant de toutes façons très limitées en 1994 (respectivement 11 et 5%). Nous verrons par la suite que le PTAC moyen toutes classes confondues ne varie pas, car s'il y a de plus en plus de petits véhicules, leur PTAC a tendance à augmenter.

Pour obtenir cette distribution de PTAC pour **l'ensemble des VUL**, on commence par additionner les quantités de véhicules (calculés à partir des pourcentages présentés ci-dessus) essence et diesel afin d'obtenir un effectif total pour chaque classe ce qui nous permet de recalculer les pourcentages globaux (fig. 54). La classe inférieure diminue franchement (75% en 1970, 45% seulement en 1994) alors que les classes supérieures augmentent à un rythme plus faible, passant de 12% en 1970 à près de 30% en 1994. Cette évolution montre très nettement le développement

considérable de la diésélisation car, si la répartition des trois classes est proche de celles des seuls véhicules à essence en 1970, c'est à peu de chose près celle des diesel que l'on retrouve en 1994.

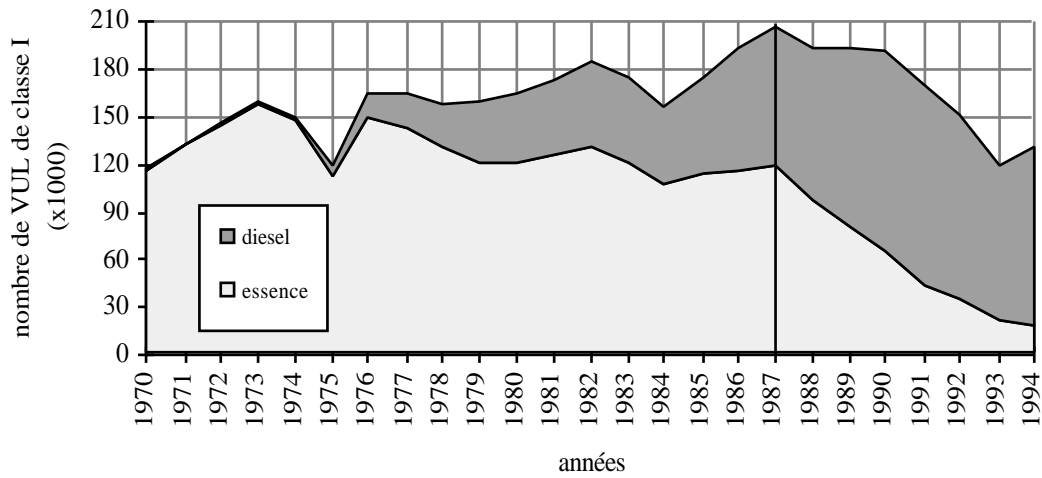


Figure 55 : Répartition essence-diesel des véhicules utilitaires légers de PTAC < 1,5 t immatriculés neufs en France entre 1970 et 1994.

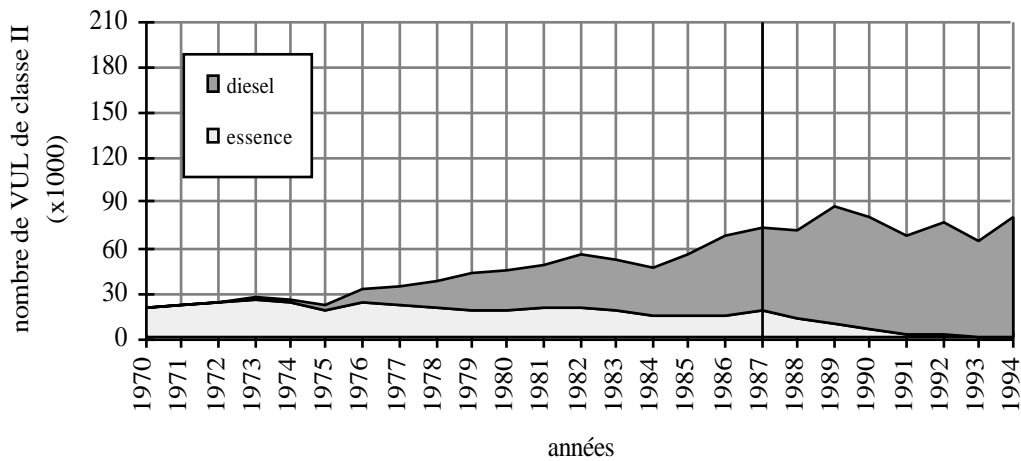


Figure 56 : Répartition essence-diesel des véhicules utilitaires légers de PTAC compris entre 1,5 et 2,5 t immatriculés neufs en France entre 1970 et 1994.



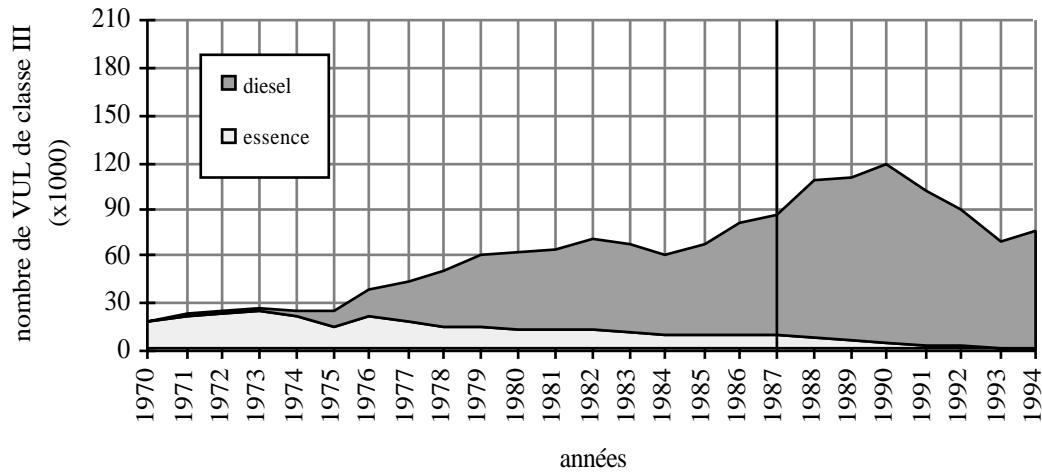


Figure 57 : Répartition essence-diesel des véhicules utilitaires légers de PTAC > 2,5 t immatriculés neufs en France entre 1970 et 1994.

La répartition essence-diesel représentée respectivement pour les trois classes confirme cette tendance : en effet, les utilitaires légers diesel sont majoritaires partout en 1994. Cependant, ce sont les plus petits diesel qui ont le plus de difficultés à détrôner les essence, qui restent prédominants jusqu'en 1988 (fig. 55).

En ce qui concerne la classe intermédiaire des utilitaires légers diesel, les immatriculations dépassent celles des essence dès 1979, qui sont de toute façon très peu nombreux dans cette catégorie (fig. 56) pour atteindre leur maximum en 1994 (75 000 unités). Le scénario est à peu près le même pour les véhicules à essence de la classe supérieure (fig. 57), qui ne dépassent pas 30 000 unités. Par contre, c'est dans cette catégorie que les diesel sont les plus nombreux, atteignant un maximum proche de 120 000 véhicules en 1990. Ils ne sont plus actuellement que 75 000 (autant que la classe II), tandis que les essence, qu'ils ont dépassés depuis 1976, n'existent plus.

En conclusion de cette étude sur la répartition des immatriculations essence-diesel en fonction du PTAC des utilitaires légers, on peut dire que :

- le taux de diésélisation est le plus élevé pour la classe supérieure ;
- les essence ne résistent à l'essor des diesel que pour les plus petits véhicules mais s'effondrent de toute façon à partir de 1987.

Cependant, il faut considérer cette rupture avec prudence, dans la mesure où elle est due à des hypothèses d'extrapolation que nous avons établies pour les immatriculations antérieures à 1987. Ceci n'est donc pas forcément représentatif de ce que fut peut-être la situation réelle.

Après avoir analysé le taux de diésélisation des véhicules utilitaires légers en fonction de leur PTAC, nous allons maintenant aborder l'évolution du poids moyen.

### **I.3.1.2. L'évolution du PTAC moyen des VUL**

#### **I.3.1.2.1. PTAC moyen par classe de poids**

Dans un premier temps, nous avons étudié les moyennes entre 1987 et 1994 pour chaque classe (I, II et III) en comparant les valeurs respectives pour les véhicules essence et les diesel. Les variations étant dans l'ensemble assez régulières pendant cette période, nous effectuerons à nouveau des extrapolations linéaires pour estimer les chiffres correspondant à l'intervalle 1970-1986.

\* **classe I** (PTAC < 1,5t): Si l'on prolonge linéairement les parties connues (1987-1994) des courbes avant 1986 pour les essence et les diesel, on constate que le PTAC des diesel reste parfaitement stable (1,29 t) et qu'il augmente de 11 kg/an pour les essence (fig. 58). Ces variations annuelles peuvent paraître insignifiantes mais aboutissent tout de même à des chiffres

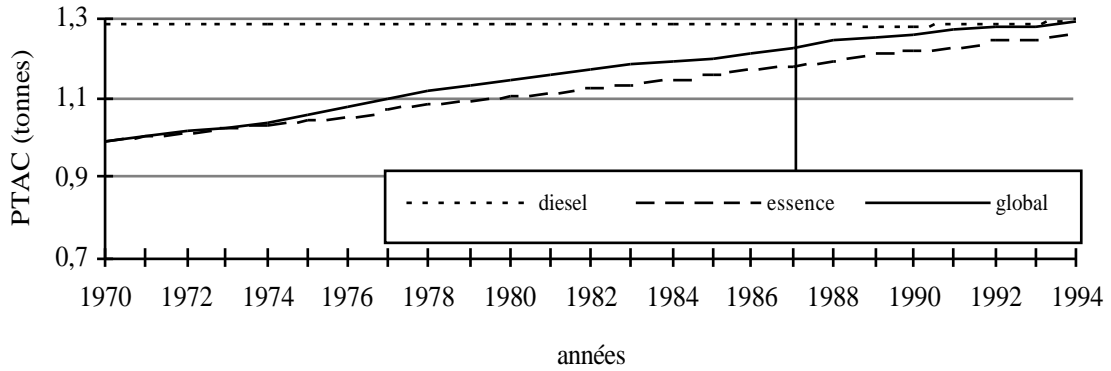


Figure 58 : PTAC moyen des VUL de la classe I (extrapolé entre 1970 et 1986).

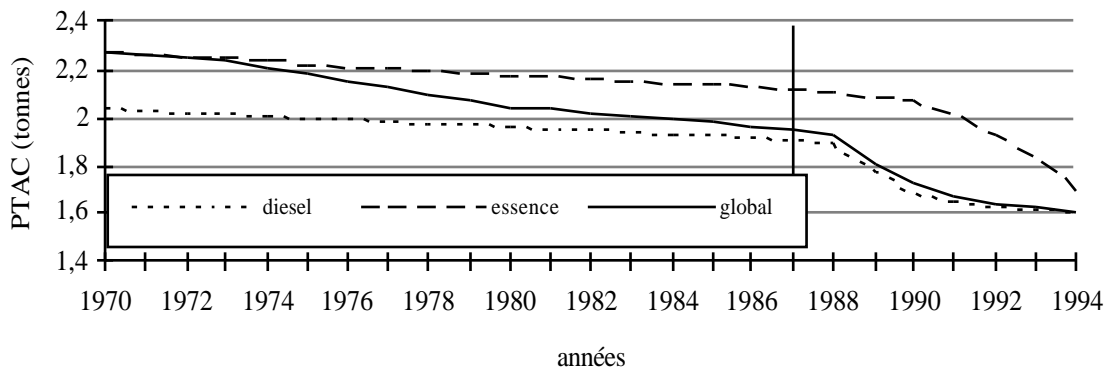


Figure 59 : PTAC moyen des VUL de la classe II (extrapolé entre 1970 et 1986).

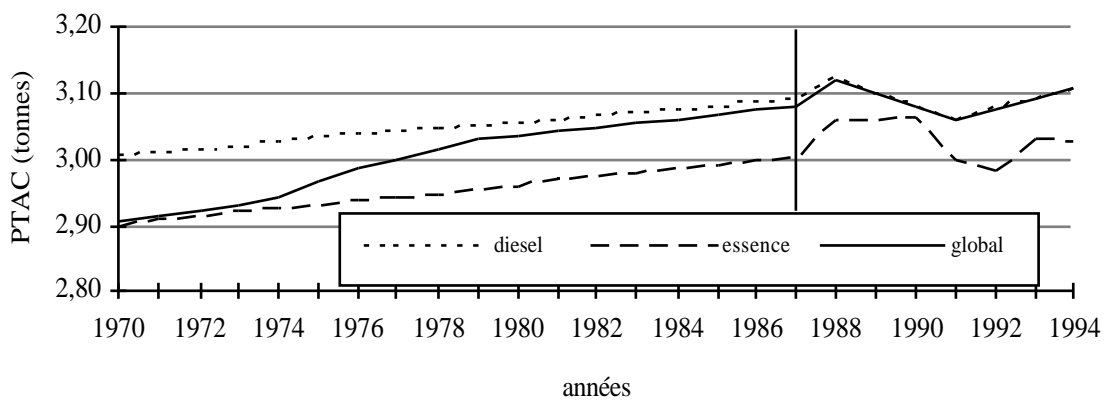


Figure 60 : PTAC moyen des VUL de la classe III (extrapolé entre 1970 et 1986).

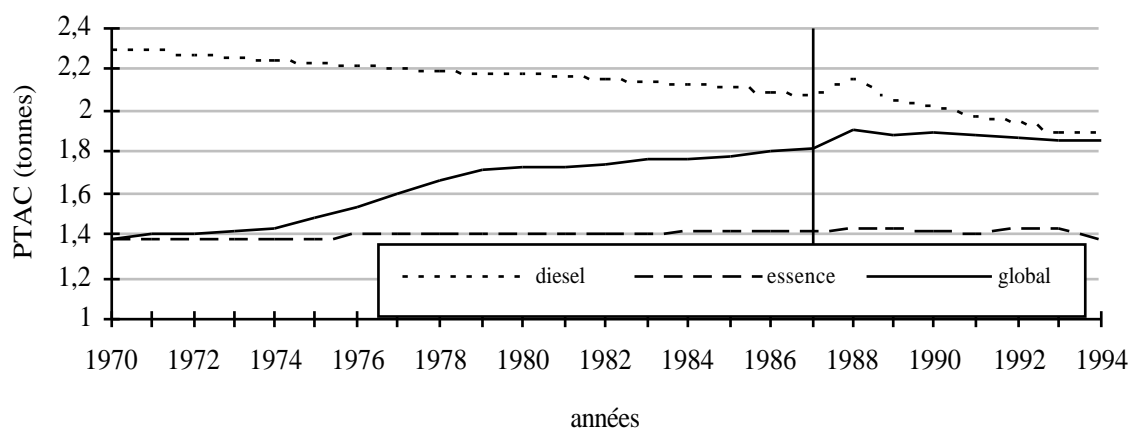


Figure 61 : Évolution du PTAC moyen des VUL (extrapolé entre 1970 et 1986).

extrapolés assez significatifs sur toute la période d'étude. La moyenne globale est calculée à partir de ces poids et des effectifs de véhicules essence et diesel précédemment évalués (cf. § I.3.1.3.1. et 2.). Le PTAC moyen tous carburants confondus augmente un tout petit plus vite que celui des essence puisque, sans que leur poids moyen ne varie, le nombre de véhicules diesel augmente, attirant la moyenne globale vers une valeur légèrement plus forte que celle des essence. Cependant, l'écart entre les deux, important en 1970 (300 kg) n'est presque plus significatif en 1994.

\* **classe II** (PTAC compris entre 1,5 et 2,5t) : Les données de 1987 à 1994 sont difficiles à extrapoler car les variations sont peu linéaires et assez fortes. Nous avons attribué au PTAC des véhicules essence comme diesel une pente assez faible (respectivement 9 et 8 kg de moins par an) ; les valeurs se situent alors aux environs de 2,3 et 2,05 t en 1970 (fig. 59). Comme précédemment, le PTAC moyen des véhicules diesel influence la valeur globale. Celle-ci rejoint celle des diesel en 1988 pour ne plus la quitter les six années suivantes.

\* **classe III** (PTAC > 2,5t) : Les variations très saccadées et irrégulières des poids pendant la période 1987-1994 ne permettent pas de mettre en évidence des tendances nettes (fig. 60). Nous leur avons attribué des variations positives, qu'il s'agisse des véhicules à essence (6 kg de plus par an) ou des diesel (5 kg de plus). Ce sont les hypothèses les plus incertaines que nous avons établies concernant le poids des utilitaires légers, mais elle semblent permettre une extrapolation plausible.

### **I.3.1.2.2. PTAC moyen de l'ensemble des VUL**

À partir des effectifs et PTAC moyens estimés précédemment, on peut calculer par une moyenne pondérée les valeurs représentant l'ensemble des véhicules utilitaires légers tous poids confondus. Le PTAC des utilitaires légers essence est très invariablement proche de 1,4 depuis 1970 (fig. 61). Celui des diesel décroît régulièrement (en moyenne 17 kg de moins par an), exception faite de 1988 où son maximum est de 2,1 t, pour atteindre 1,9 t en 1994. La décroissance est un peu plus forte après 1988 (environ 30 kg/an). Compte tenu de l'essor de ces moteurs par rapport aux essence (cf. § II.1.3.1.2), la moyenne globale proche de 1,4 t en 1970 est très fortement influencée par le taux de diésélisation et reste comprise entre 1,8 et 1,9 t à partir de 1987, atteignant pratiquement la valeur des diesel en 1994.

### **I.3.1.3. L'évolution de la puissance réelle moyenne des VUL**

#### **I.3.1.3.1. Puissance moyenne par classe de poids**

Comme pour le PTAC moyen, nous étudions tout d'abord pour les mêmes classes de poids les valeurs de puissance réelle connues pour les véhicules utilitaires légers à essence et diesel immatriculés entre 1987 et 1994. Ensuite, nous effectuons des extrapolations linéaires pour la période comprise entre 1970 et 1986.

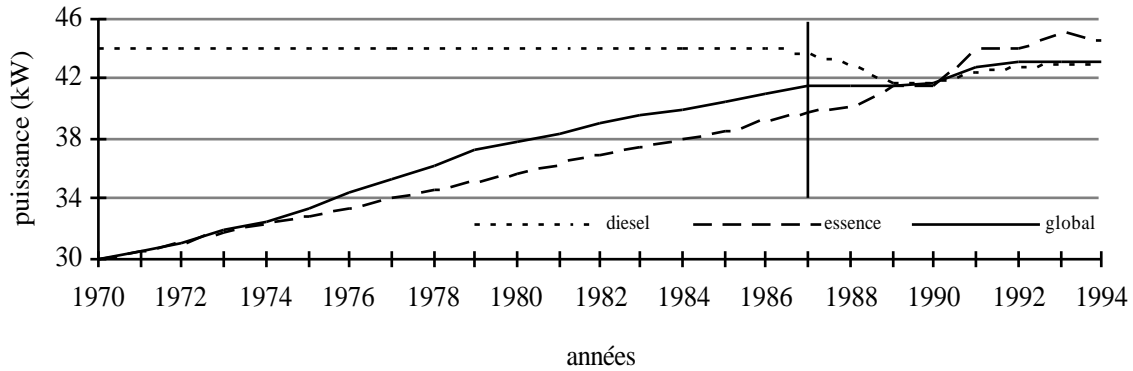


Figure 62 : Puissance réelle moyenne des véhicules utilitaires de la classe I extrapolée entre 1970 et 1986.

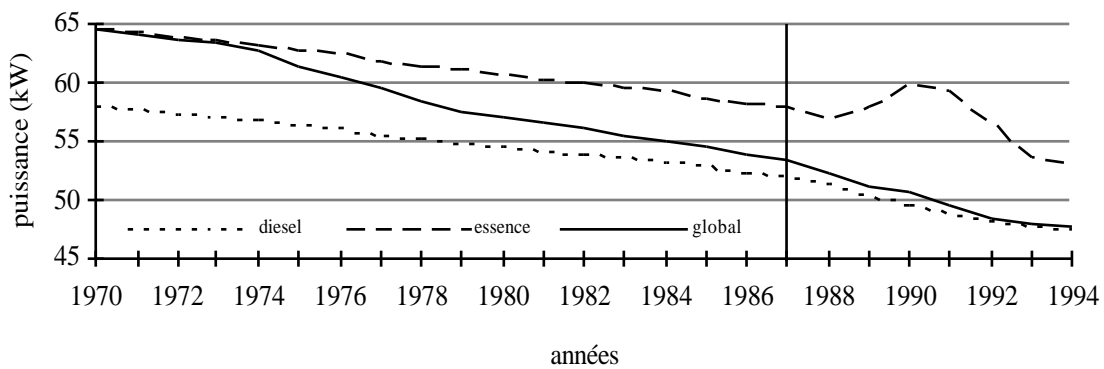


Figure 63 : Puissance réelle moyenne des véhicules utilitaires de la classe II extrapolée entre 1970 et 1986.

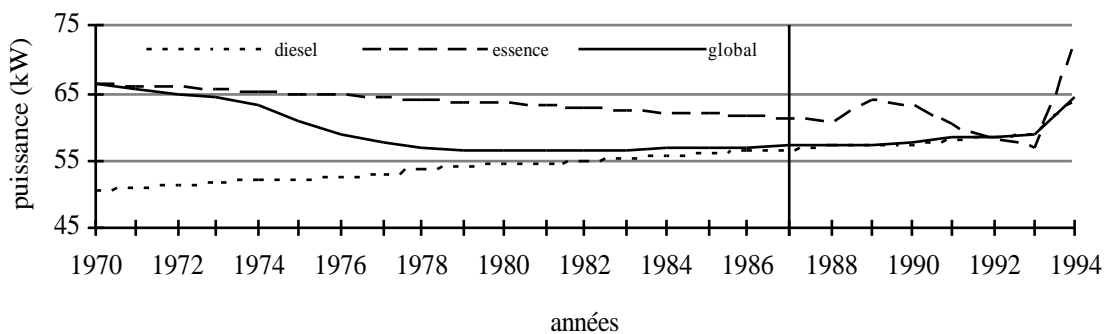


Figure 64 : Puissance réelle moyenne des véhicules utilitaires de la classe III extrapolée entre 1970 et 1986.

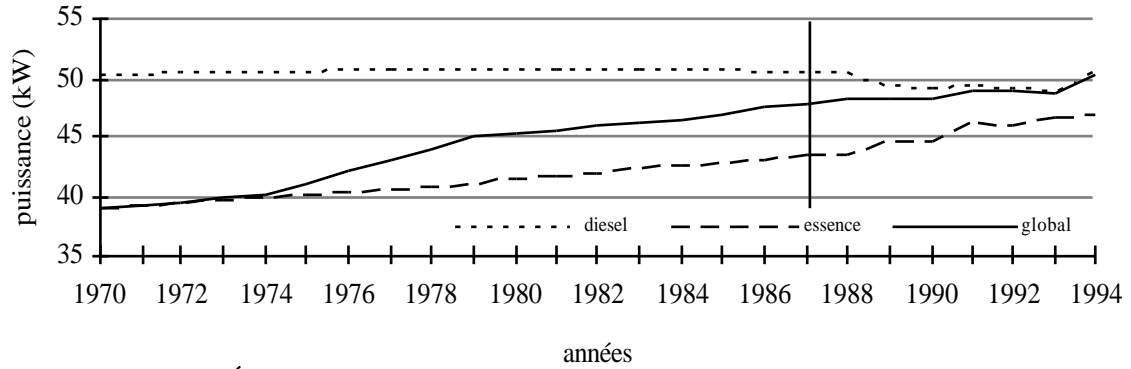


Figure 65 : Évolution de la puissance moyenne des véhicules utilitaires légers extrapolée entre 1970 et 1986.

\* **classe I** : Alors que la puissance moyenne des petits véhicules à essence augmente franchement depuis 1987, celle des diesel commence par diminuer jusqu'en 1989 pour augmenter et retrouver en 1994 sa valeur initiale (1987) de 44 kW (fig. 62). Pour cette raison, c'est à cette valeur que nous la fixerons entre 1970 et 1986. En suivant la pente de croissance de la puissance des essence entre 1987 et 1994 (0,58 kW de plus par an) pour la période antérieure à 1986, c'est à 30 kW que nous pouvons l'estimer en 1970. En 1989, la puissance des essence de cette classe dépasse celle des diesel, ainsi que la moyenne globale toujours influencée par ces derniers.

\* **classe II** : Régulièrement décroissante entre 1987 et 1994, la puissance des diesel de taille moyenne est inférieure à celle des essence de même classe (fig. 63). L'écart est identique en 1987 et en 1994 (10 kW) mais croît entre 1988 et 1992, courte période pendant laquelle les essence connaissent une augmentation de puissance. C'est cet écart que nous avons gardé avant 1986, conservant aux deux puissances leur pentes moyennes (0,4 kW/an en moins), aboutissant ainsi en 1970 à 65 kW pour les essence (et l'ensemble des véhicules) et 58 kW pour les diesel.

\* **classe III** : Le cas de la puissance des plus gros véhicules utilitaires légers est assez particulier : ne connaissant que de faibles variations entre 1987 et 1993, elle augmente très subitement en 1994, beaucoup plus franchement pour les essence que pour les diesel (fig. 64). Jusqu'en 1993, les valeurs correspondant aux véhicules à essence varient tout d'abord à l'inverse de celles des diesel : la puissance des premiers diminue pendant que celle des seconds augmente. D'après la forme des courbes entre 1987 et 1989, nous avons attribué une pente croissante de 0,35 kW par an aux diesel (52 kW en 1970, 57 kW en 1987) et décroissante de 0,32 kW en moins par an aux essence (respectivement 67 kW et 62 kW).

### **I.3.1.3.2. La puissance moyenne de l'ensemble des VUL**

Par combinaison des immatriculations et puissances réelles des 6 classes de véhicules utilitaires légers (3 classes de PTAC et 2 carburants), nous obtenons les caractéristiques pour l'ensemble de ces véhicules.

La puissance des diesel est supérieure à celle des essence (fig. 65), ce qui n'est pas étonnant, étant donné qu'ils sont destinés à supporter des charges plus importantes (PTAC moyen des diesel supérieur à celui des essence, cf. § II.1.3.1.3). Elle a cependant très légèrement varié au cours du temps : stable de 1970 à 1988 puis en légère diminution après cette date (-0,3 kW/an en moyenne), la puissance augmente en 1993 et retrouve en 1994 sa valeur de 1987 (50 kW). La puissance des moteurs essence des utilitaires légers est franchement croissante tout au long de la période d'étude, augmentant de près de 10 kW entre 1970 et 1994.



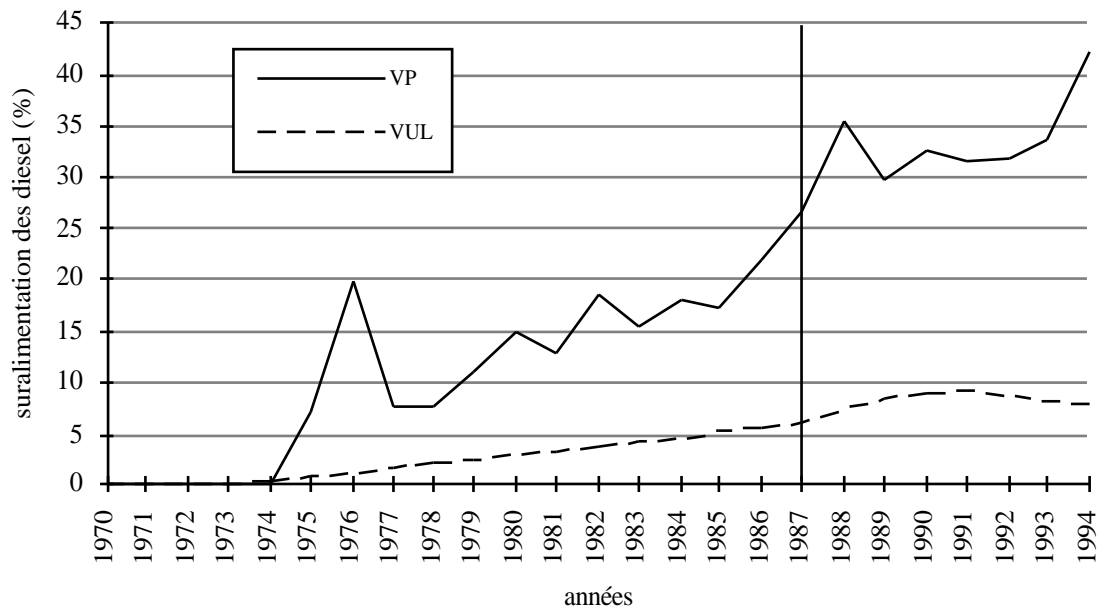
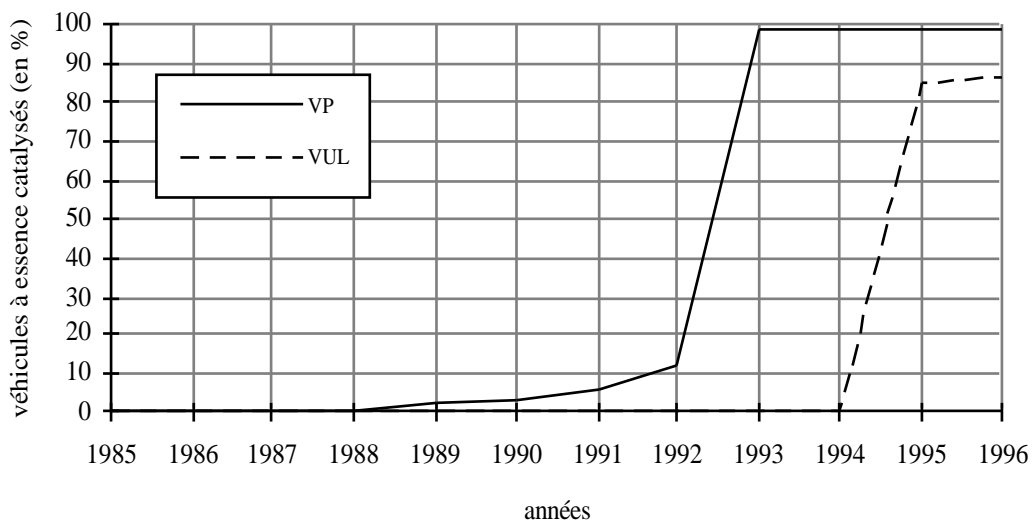


Figure 66 : Comparaison du taux de suralimentation des véhicules particuliers et des utilitaires légers diesel immatriculés en France.



*Figure 67 : Évolution comparée du taux d'équipement en pot catalytique des véhicules particuliers et utilitaires légers à essence immatriculés en France.*

#### **I.3.1.4. L'évolution des types de moteurs des VUL**

Aucune information sur les modèles immatriculés avant 1987 n'étant disponible, l'étude détaillée des moteurs ne sera donc présentée qu'entre 1987 et 1994, et ce pour les utilitaires légers comme les autres utilitaires. Avant cette date, tous les moteurs à essence seront considérés comme étant à carburateur et les diesel atmosphériques.

La technologie de moteurs diesel des véhicules utilitaires légers ne concerne que leur suralimentation (turbocompresseur) ; comme pour les véhicules particuliers (cf. § II.1.2.1.3), aucune information sur le mode d'injection du gazole (directe ou indirecte) n'est disponible. De même, nous n'avons pu avoir accès à de quelconques renseignements sur la dépollution des moteurs diesel (pot catalytique d'oxydation).

Le pourcentage de diesel suralimentés est apparemment assez faible : 6% en 1987, il atteint un maximum de 10% en 1991 et ne dépasse pas 9% en 1994. Cependant, les sources de renseignements techniques concernant les utilitaires légers sont bien moins abondantes que pour les véhicules particuliers : il se peut par conséquent qu'au cours de nos recherches, nous ayons attribué des turbocompresseurs à des moteurs qui en étaient dépourvus et vice versa. Les pourcentages cités sont donc à considérer avec une certaine prudence. Pour simuler le développement du turbocompresseur pour les utilitaires légers avant 1987, nous leur avons attribué une croissance linéaire commençant en 1974 comme pour les véhicules particuliers et rattrapant le taux de 1987 (fig. 66).

Comme nous l'avons déjà expliqué (cf. § 2P.I.2.1), le pic correspondant aux véhicules particuliers diesel suralimentés immatriculés en 1976 n'est pas représentatif d'une situation cohérente dans la mesure où seuls deux modèles de véhicules particuliers diesel existent dans nos données avant 1977, dont l'un est suralimenté.

Les informations relatives aux moteurs essence sont également assez peu détaillées. Suite à la réglementation particulière à laquelle ils sont soumis depuis 1995 (1/01/95 pour tous les véhicules neufs à essence) pour les gaz d'échappement (annexe II), seule une catégorie de véhicules (ceux dont la masse à vide est inférieure à 1,25 t et le PTAC à 1,5 t), est obligatoirement équipée de pot catalytique. Cela représente cependant la majorité des utilitaires légers à essence. Quelques (rares) véhicules dépassant cette limite (classe II et III) sont également catalysés. Les véhicules catalysés représentent ainsi 84% des immatriculations totales d'utilitaires légers à essence en 1995 (fig. 67). Ce taux est évidemment inférieur à celui des véhicules particuliers dont quasiment tous les modèles à essence doivent être dépollués. Si, pour les seuls utilitaires légers, on compare les taux d'équipement des essence et des diesel (fig. 68), on note que le taux correspondant au second est bien plus faible que celui des premiers compte tenu du faible nombre de petits utilitaires légers au

sein des diesel. Cependant, par rapport au total de ces petits utilitaires légers, les diesel sont tout de même majoritaires, ce qui explique que le taux global soit proche de leur valeur après 1996.

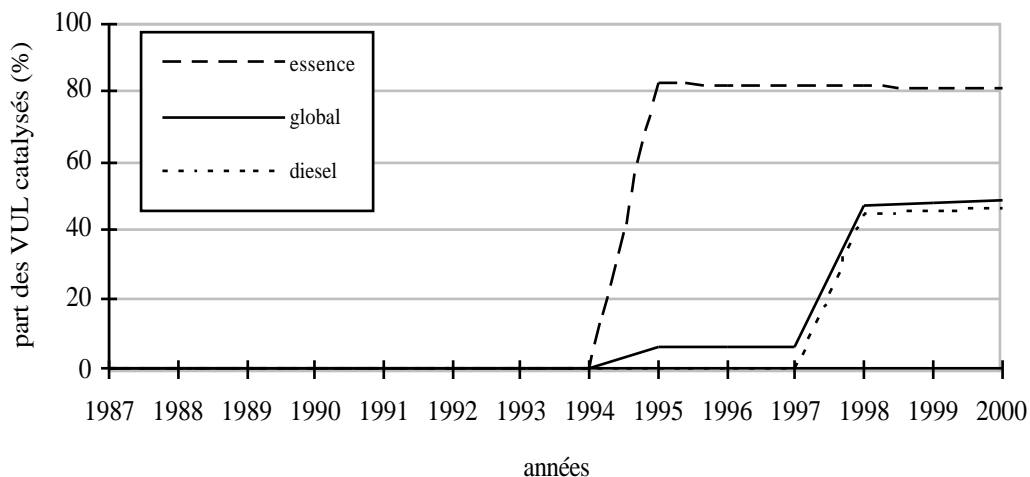


Figure 68 : Évolution comparée du taux d'équipement en pot catalytique des véhicules utilitaires légers à essence et diesel immatriculés en France.

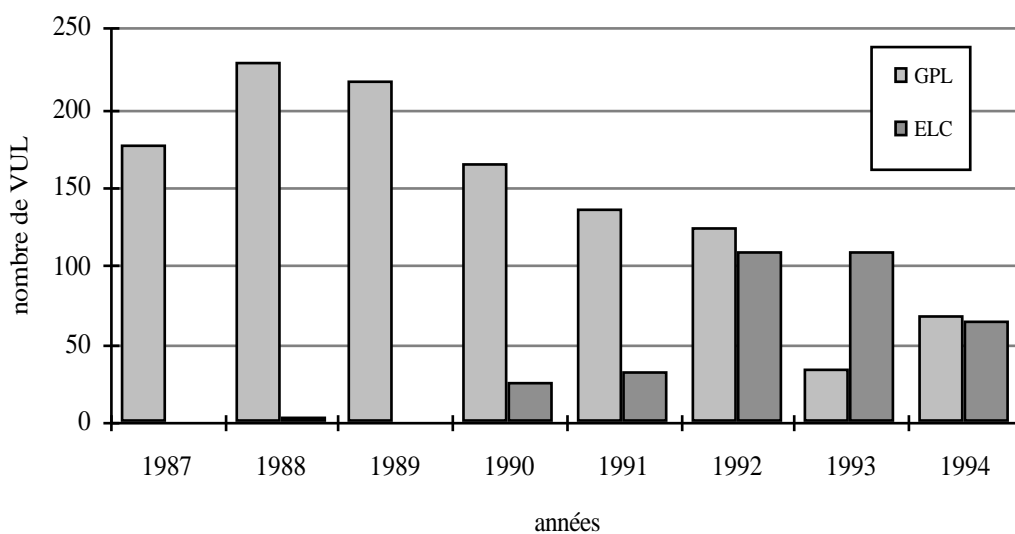


Figure 69 : Nombre de véhicules utilitaires légers électriques (ELC) ou fonctionnant au GPL immatriculés en France.

Suite au développement progressif du système d'injection de carburant mais surtout à l'imposition du pot catalytique (qui ne fonctionne que sur des moteurs à injection -cf. § 2P.I.2.2.5.) pour les véhicules à essence, on assiste au même phénomène que celui précédemment observé pour les véhicules particuliers : le nombre de moteurs à carburateur chute subitement, remplacés par leurs homologues à injecteurs (dont font partie les moteurs catalysés). Il reste cependant un plus grand pourcentage de véhicules utilitaires légers à carburateur que pour les véhicules particuliers, ainsi que des véhicules munis d'injecteurs mais non catalysés. Ils correspondent aux véhicules plus lourds (classes II et III) qui, soumis à des limites d'émissions de polluants plus indulgentes (annexe II), n'ont pas besoin d'être catalysés et conservent la technique du carburateur.

Aucun véhicule à essence présent dans nos données d'immatriculations n'est signalé comme étant suralimenté. Compte tenu du très faible succès de cette technologie pour les véhicules particuliers à essence (maximum 3% en 1985 et 0,6% en 1994), nous considérerons, probablement quelque peu abusivement, que les effectifs d'utilitaires légers à essence équipés de turbocompresseur sont négligeables.

### **I.3.1.5. les VUL électriques et GPL**

Comme pour les calculs concernant les véhicules particuliers, nous intégrerons à la catégorie "essence", par soucis de simplification et compte tenu du très faible nombre de leurs immatriculations, les véhicules électriques spécifiés dans la liste de données de l'Argus (67 immatriculations en 1994 contre 109 en 1993 - fig. 69) ainsi que les véhicules fonctionnant au GPLc (Gaz de Pétrole Liquéfié carburant), que l'on ne trouve que dans les immatriculations d'utilitaires. Le cas de ces derniers est assez délicat : en effet, dans la mesure où la base de leur fonctionnement est un moteur à essence (Bosch, 1988), ils sont généralement comptabilisés avec ces véhicules et rarement considérés comme une catégorie à part entière. Les immatriculations connues ne dépassent pas 230 véhicules utilitaires par an (avec un maximum de 229 en 1988) alors que moins de 20 000 véhicules utilitaires légers consommant du GPL circulerait en France (Hauger, 1990 et Hivert, 1992). La décision récente prise par le gouvernement français quant à la réduction de la fiscalité de ce carburant vise à donner un nouvel essor à cette motorisation (cf. § I.2.2.2).

Nous l'avons vu, les véhicules utilitaires légers représentent la majorité des immatriculations de véhicules utilitaires neufs en France (environ 88% en 1994, cf. fig. 44). Cependant, ils ne sont pas très caractéristiques, puisque technologiquement très proches des véhicules particuliers. Plus réduits en nombre, les poids lourds que nous allons maintenant étudier n'en sont pas moins importants, tant par leur taille et les poids qu'ils peuvent transporter que par le nombre de kilomètres qu'ils parcourent (cf. § III.2.1.2).

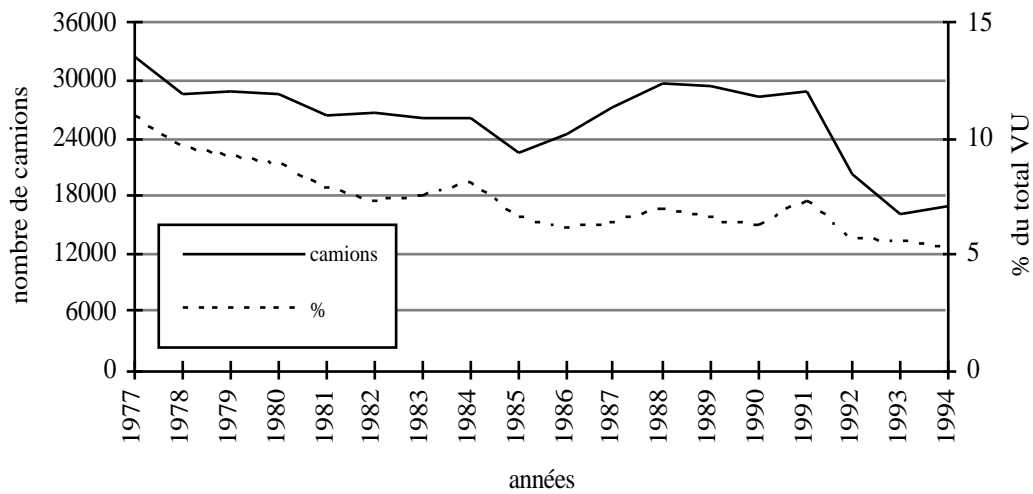


Figure 70 : Part des camions dans les immatriculations d'utilitaires en France.

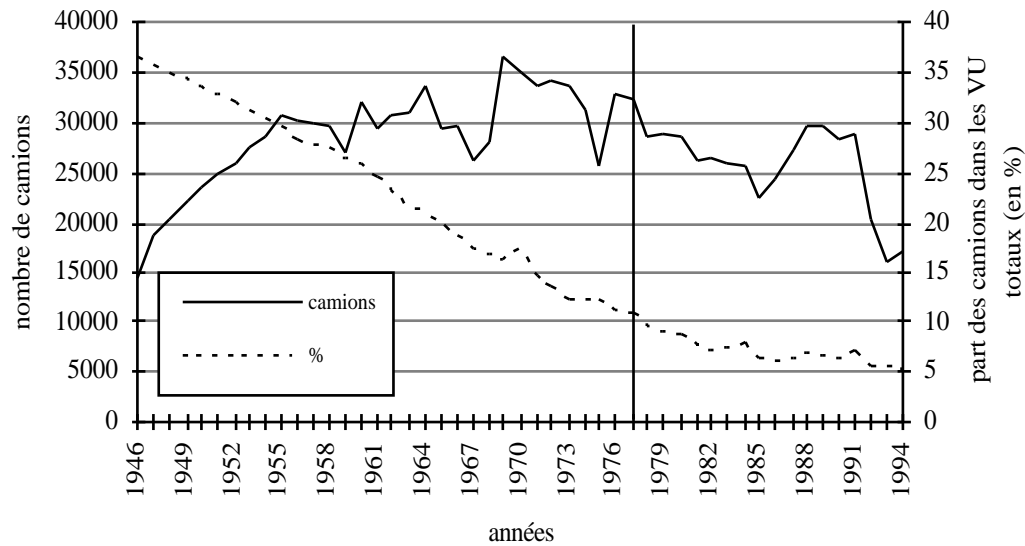
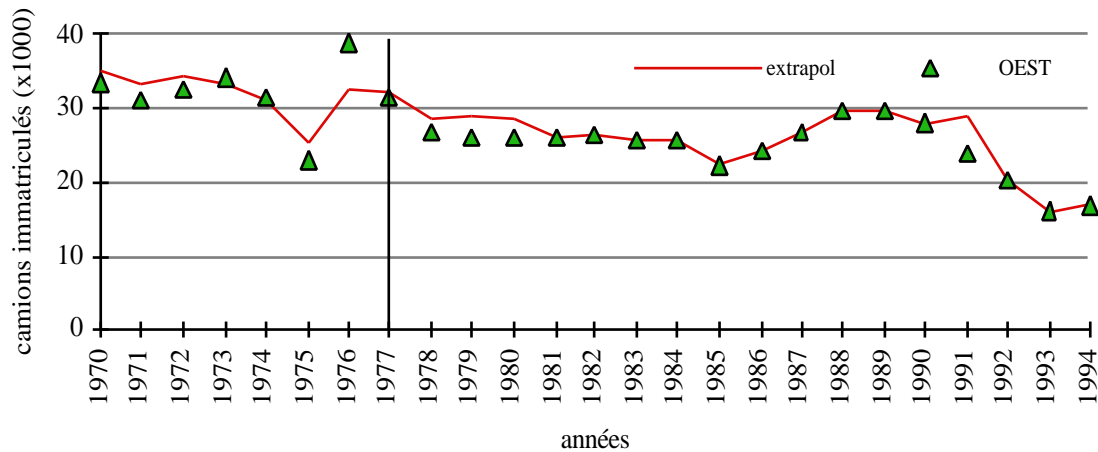


Figure 71 : Part des camions dans les immatriculations d'utilitaires en France, avec extrapolations pour la période 1946-76.



*Figure 72 : Immatriculations de camions neufs : comparaison des sources entre 1970 et 1994 (d'après OEST 1988-1995 et extrapolations des chiffres de l'Argus).*

### **I.3.2. Les immatriculations de poids lourds (PL)**

Rappelons que sont appelés poids lourds tous les véhicules utilitaires dont le PTAC est supérieur à 3,5 t et le PTR à 5 t. Y sont regroupés les camions, tracteurs routiers et autobus. L'intérêt de l'étude des poids lourds toutes catégories confondues étant limité (cf. § II.1.3.) compte tenu de l'hétérogénéité de cette famille, nous avons analysé séparément l'évolution des immatriculations pour les trois types de véhicules : les camions, les tracteurs routiers et les bus. Comme pour les utilitaires légers, nous avons choisi de présenter les immatriculations des différentes catégories de poids lourds en valeur absolue et en pourcentage de l'ensemble des utilitaires (lourds et légers confondus).

#### **I.3.2.1. Les immatriculations de camions**

Les camions sont comptabilisés avec les utilitaires légers jusqu'en 1977 (cf. fig. 5). Nous ne pouvons donc les séparer avec certitude que depuis cette date ; cependant, nous avons évalué leurs évolutions respectives antérieures à partir d'extrapolations sur les véhicules utilitaires légers (cf. § II.1.3.1.1). Dans un premier temps, nous présenterons les immatriculations réelles entre 1977 et 1994 (fig. 70). Au cours de cette période, la part des camions diminue de moitié, que ce soit en valeur absolue ou en pourcentage du total des utilitaires. Passant de 33 000 véhicules et 11% en 1977, ils ne sont plus que 17 000 représentant un peu plus de 5% des utilitaires en 1994.

Après avoir extrapolé les immatriculations de véhicules utilitaires légers (cf. § II.1.3.1), nous les déduisons du total "camions+véhicules utilitaires légers" pour obtenir l'évolution des immatriculations de camions entre 1954 et 1977 (fig. 71). Avant 1954, nous ne connaissons aucune donnée d'immatriculations (cf. § I.1). Nous avons considéré que la courbe représentant les camions en pourcentages du total des utilitaires était linéaire entre 1954 et 1981 (fig. 40) et l'avons prolongé linéairement avant 1954 pour atteindre 37% en 1946, ce qui nous permet d'en déduire les immatriculations entre ces deux dates. La décroissance (en pourcentage) constatée depuis 1977 était apparemment déjà bien amorcée depuis 1954. Les camions représentaient alors 30% des immatriculations de véhicules utilitaires. En ce qui concerne les valeurs absolues, on constate qu'elles augmentent légèrement malgré la diminution des pourcentages, ce qui est dû en fait à la très forte croissance des immatriculations totales de véhicules utilitaires au cours de la période. On note ensuite une très importante chute en 1975, suite à la dépression générale des immatriculations en France. L'évolution reprend son cours en 1976, avec un niveau supérieur à celui de 1974.

Comme pour les immatriculations de véhicules utilitaires légers (cf. § 2P.I.3.1.), il a été possible de comparer nos extrapolations de 1970 à 1977 aux données émanant de l'OEST concernant les camions de plus de 3 t de charge utile entre 1970 et 1975 et ceux de plus de 3,5 t de PTAC après 1975 (fig. 72). Les valeurs sont relativement cohérentes exception faite de l'année 1976 où l'on constate une différence supérieure à 5 000 véhicules.



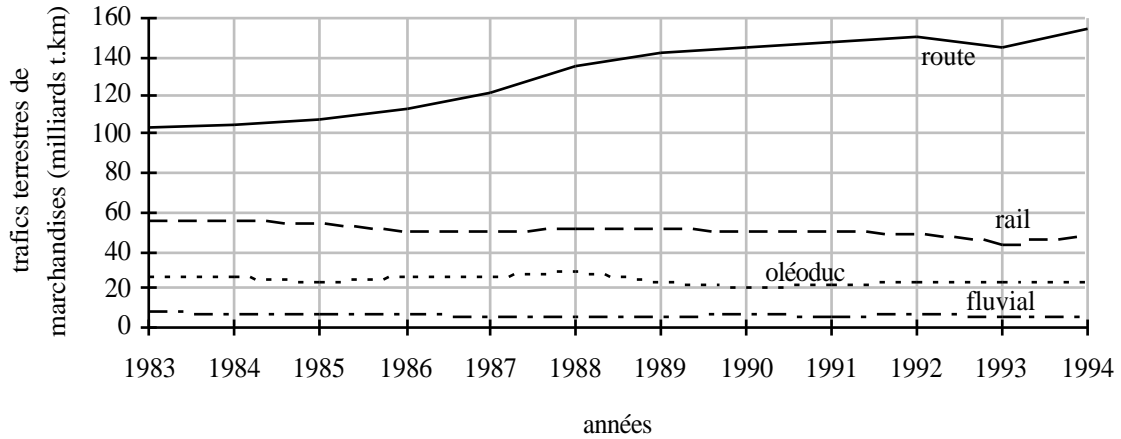


Figure 73 : Évolution des trafics terrestres intérieurs de marchandises en France.

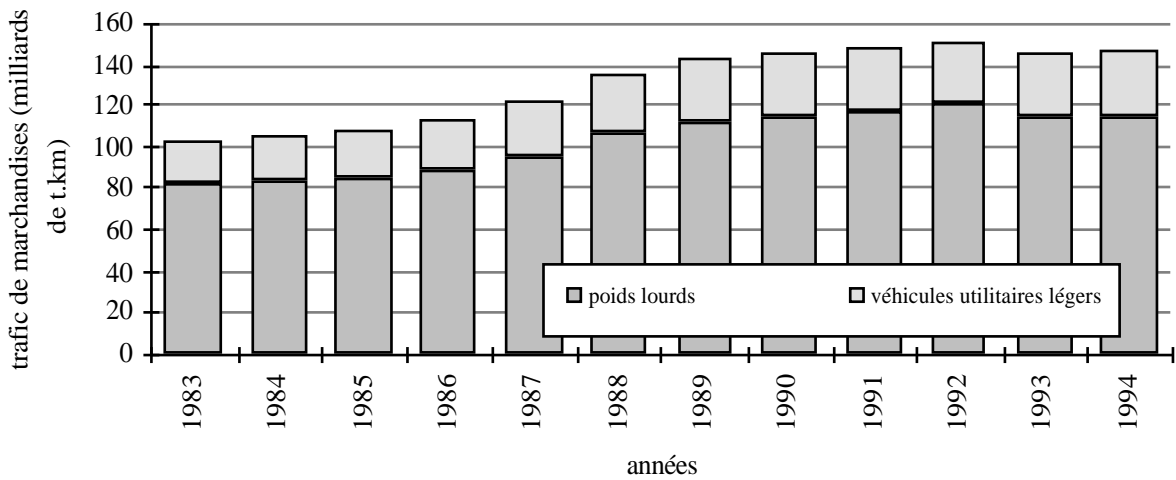


Figure 74 : Trafics de marchandises transportées par la route en France et part des poids lourds (CPDP).

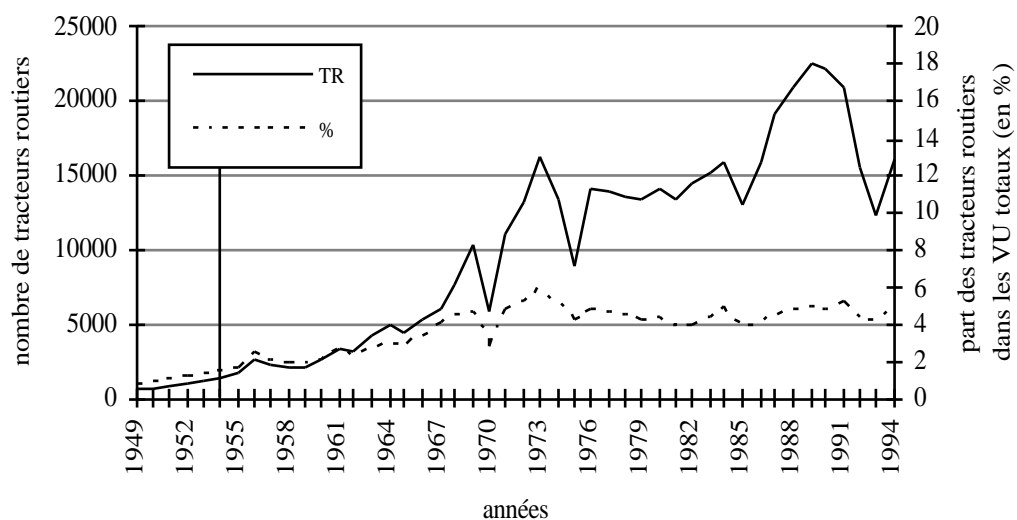


Figure 75 : Part des tracteurs routiers (TR) dans les immatriculations d'utilitaires en France avec extrapolation entre 1949 et 1954.

Toutefois l'écart important existant entre les immatriculations OEST de camions en 1975 et 1976 nous encourage à conserver les chiffres que nous avons extrapolés.

On peut penser que l'importance croissante du mode routier pour le transport de marchandises en France (fig. 73) dont près de 80% du trafic (en t.km) est effectué par les poids lourds (CPDP, 1991-1996 - fig. 74) pousse les entreprises à s'équiper de tracteurs routiers et semi-remorques aux dépens des camions dont les capacités volumiques en solo sont plus faibles.

### **I.3.2.2. Les immatriculations de tracteurs routiers**

Les immatriculations de tracteurs routiers sont disponibles depuis 1954 toutefois sans qu'aucune précision technologique soit donnée. L'équipement en tracteurs routiers croit irrégulièrement mais fortement au cours de la période étudiée (fig. 75). Son volume est multiplié par 10 entre 1954 et 1990, date à laquelle il atteint son maximum (25 000 véhicules) pour ensuite diminuer jusqu'en 1993 et retrouver en 1994 sa valeur de 1984 (13 000 véhicules environ). Il reste cependant assez confidentiel par rapport au total des immatriculations d'utilitaires, passant de moins de 2% en 1954 à presque 5% en 1994 (soit une augmentation linéaire moyenne de 0,08% par an), mais concerne cependant des véhicules qui roulent beaucoup et revêtent par conséquent une importance certaine vis à vis de la pollution. Pour remonter jusqu'en 1949, nous avons, comme pour les camions, utilisé la courbe des pourcentages, que nous avons considéré comme linéaire cette fois entre 1969 et 1954. Prolongée jusqu'en 1949, elle atteint 0,9% représentant 571 véhicules.

### **I.3.2.3. Les immatriculations de cars et bus**

Comme pour les tracteurs routiers, nous disposons des immatriculations totales d'autobus (transport régulier de ville) et autocars (transport hors agglomération) depuis 1954. Un peu à part au sein de la catégorie utilitaire puisque destinés à transporter des personnes et non des marchandises, ils représentent de façon assez stable 5% du trafic de voyageurs (en voyageurs-kilomètres) sur le territoire français (CPDP, 1991-1996) pour la dernière décennie. La distinction entre autocars et autobus n'étant pas spécifiée dans les données d'immatriculations de ces véhicules, ces deux catégories seront rassemblées sous une seule et même dénomination (bus) au cours de notre étude.

Étudiés pendant la même période et moins nombreux que les tracteurs routiers, ils augmentent tout aussi rapidement, atteignant un maximum de 9 000 véhicules en 1982 pour décroître ensuite jusqu'en 1994 (fig. 76). En pourcentage du total des véhicules utilitaires, ils sont relativement stables jusqu'en 1987 avec un maximum de presque 4% en 1967. L'effondrement apparent à partir de 1987 est expliqué par le déplacement (statistique) des bus de moins de dix

places des immatriculations de véhicules utilitaires au profit des véhicules particuliers dans la catégorie "breaks".

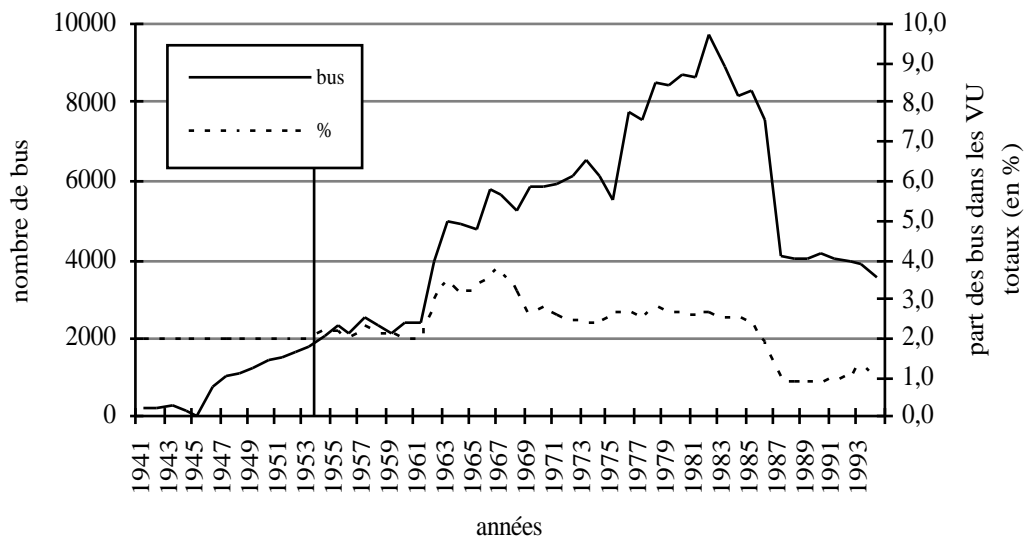


Figure 76 : Part des autobus et autocars dans les immatriculations d'utilitaires en France avec extrapolation entre 1941 et 1954.

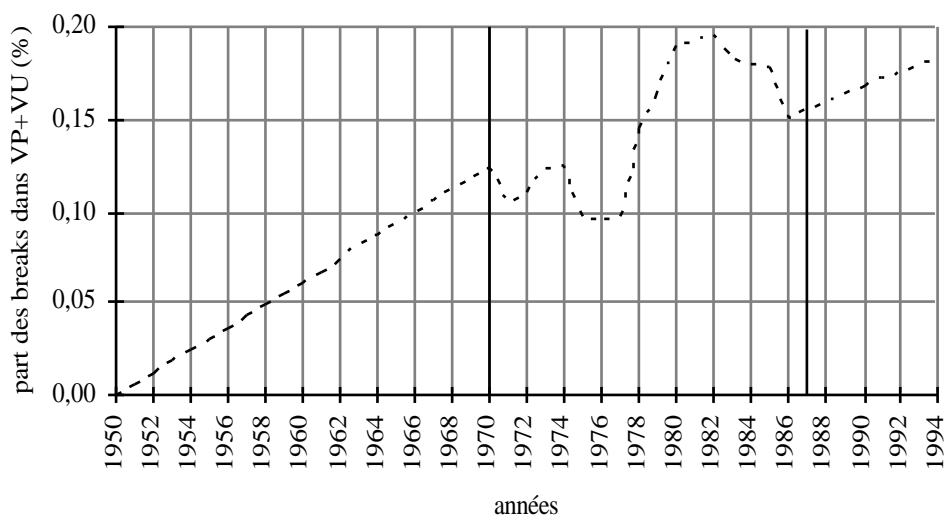
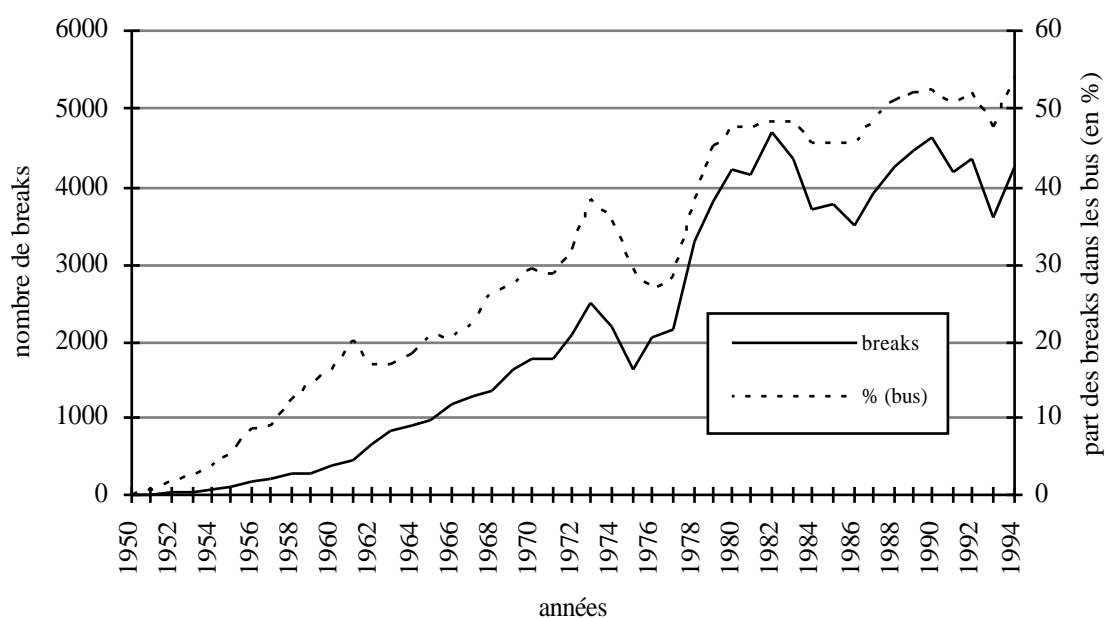


Figure 77 : Part des breaks (bus < 10 places) dans les immatriculations totales de véhicules particuliers et utilitaires en France avec extrapolation avant 1970 et après 1987.



*Figure 78 : Évolution des breaks immatriculés en France (en % du total des bus) avec extrapolation avant 1970 et 1994.*

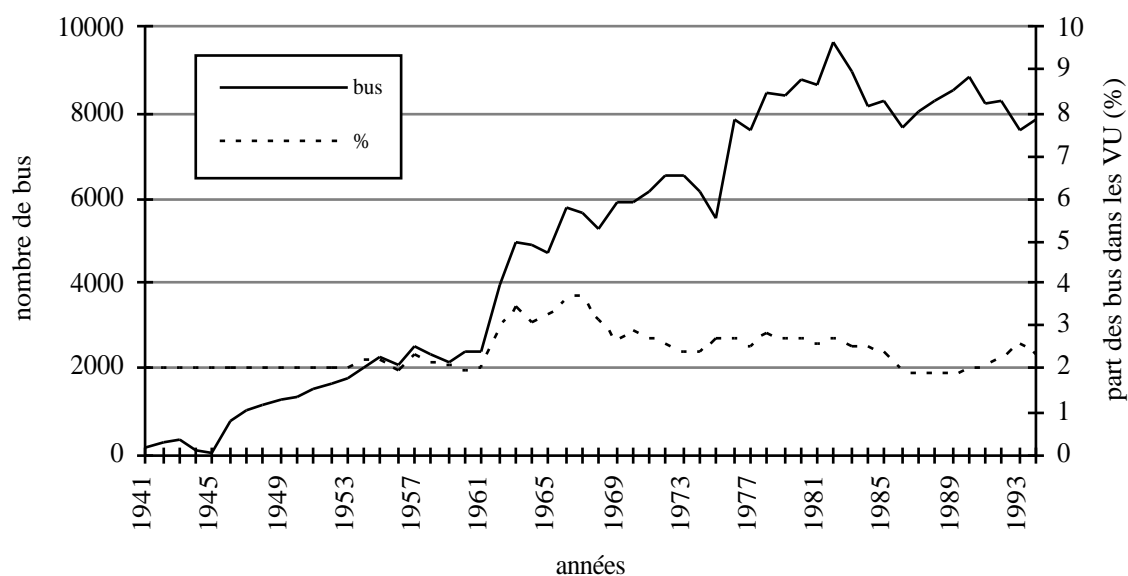
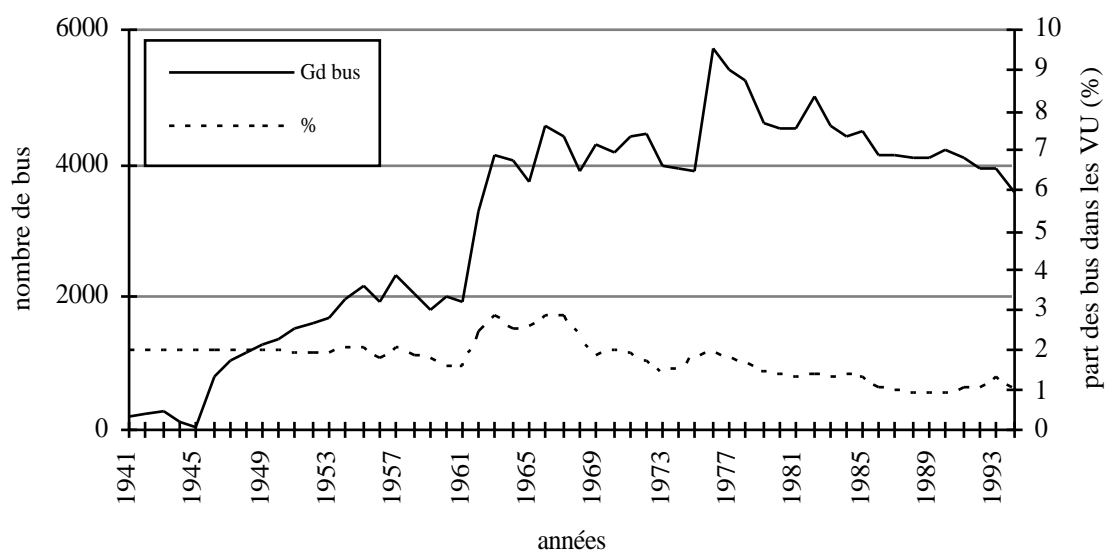


Figure 79 : Évolution des bus immatriculés en France (y compris les bus de moins de 10 places, en % du total des utilitaires) avec extrapolation partielle avant 1970 et après 1987.



*Figure 80 : Évolution des bus de plus de 10 places immatriculés en France (en % du total des utilitaires) avec extrapolation partielle avant 1970 et après 1987.*



Ils sont à partir de cette date pris en compte dans les statistiques d'immatriculations des véhicules particuliers sans spécification particulière. Leur très faible nombre (moins de 3500 véhicules) n'a par contre aucune influence sur le total des immatriculations de véhicules particuliers auxquelles ils sont désormais rattachés.

La part des bus a toujours été assez stable, variant par paliers. Étant donné sa constance aux environs de 2% entre 1954 et 1962, nous avons simplement conservé cette valeur de 2% entre 1954 et 1941 ; il y aurait ainsi eu 200 bus et cars immatriculés en 1941. Cependant, la période trouble de la guerre mondiale n'est pas d'un abord facile compte tenu du manque de données rassemblées pendant cette période et de la perturbation du marché automobile (restructuration vers l'armement et les engins spécialisés). Ces valeurs sont donc à considérer avec les précautions qui s'imposent.

Cependant, nous avons vu que la dénomination "bus" ne recouvrait pas la même chose avant et après 1987, année à partir de laquelle les véhicules de moins de 10 places sont passés de la catégorie bus à la catégorie voiture particulière. Aussi pour évaluer l'évolution d'une catégorie homogène sur l'ensemble de la période, nous avons étudié spécialement les immatriculations des véhicules de moins de 10 places (que nous appellerons breaks pour plus de clarté) entre 1970 et 1987 (OEST, 1988) par rapport au total des immatriculations de véhicules VP+VU (fig. 77).

Après avoir prolongé le tracé des pourcentages entre 1987 et 1994 suivant sa pente moyenne antérieure, nous en avons déduit la quantité de breaks immatriculés chaque année ainsi que leur importance au sein des bus (fig. 78). Nous avons fait de même pour les immatriculations antérieures à 1970 de façon à pouvoir par la suite calculer le parc des bus de plus de 10 places dès 1970. N'ayant aucune connaissance sur les immatriculations de breaks avant cette date, nous avons considéré tout à fait arbitrairement qu'ils apparaissaient en 1950, et les avons fait croître linéairement de 1950 à 1970. Nous avons ensuite ajoutées ces immatriculations de breaks aux immatriculations des bus d'au moins dix places pour obtenir la figure 79, qui correspond aux chiffres corrigés. Nous avons par ailleurs représentés ce que nous pourrions appeler les "grands" bus (plus de 10 places) de la même façon, en effectif total et en pourcentage des immatriculations de VU (fig. 80).

#### **I.3.2.4. Les immatriculations totales de PL**

Étant donné que les trois catégories de véhicules lourds ne sont pas prises en compte depuis la même année (1941 pour les bus, 1948 pour les camions et 1949 pour les tracteurs routiers, les âges maxima étant différents), nous présentons les données seulement à partir de 1949, date à partir de laquelle tous les chiffres sont connus ou estimés.

Les immatriculations de l'ensemble des poids lourds (fig. 81) sont globalement croissantes entre 1949 et 1973 puis très grossièrement décroissantes au delà. Leur évolution (en valeur absolue) est cependant entrecoupée de très fortes variations, notamment en 1975, 1985 et 1993.

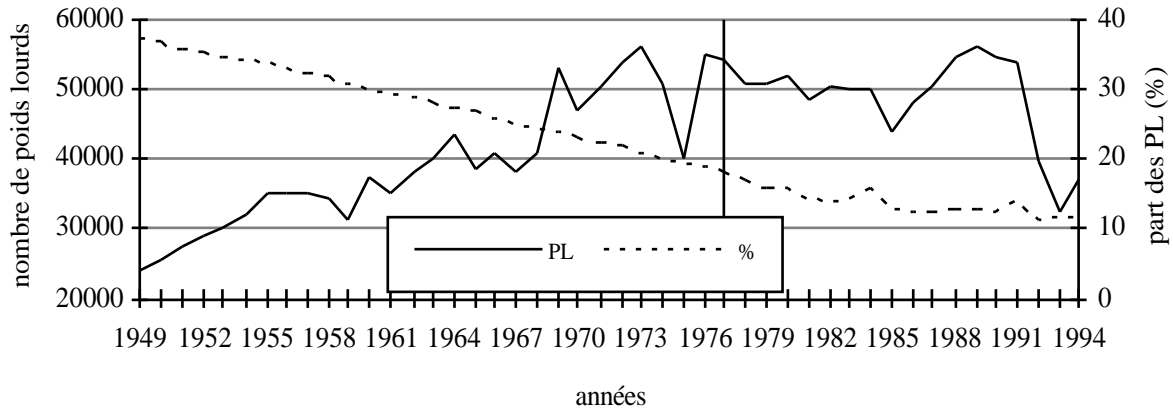


Figure 81 : Part des poids lourds dans les immatriculations d'utilitaires neufs en France avec extrapolation partielle entre 1949 et 1977.

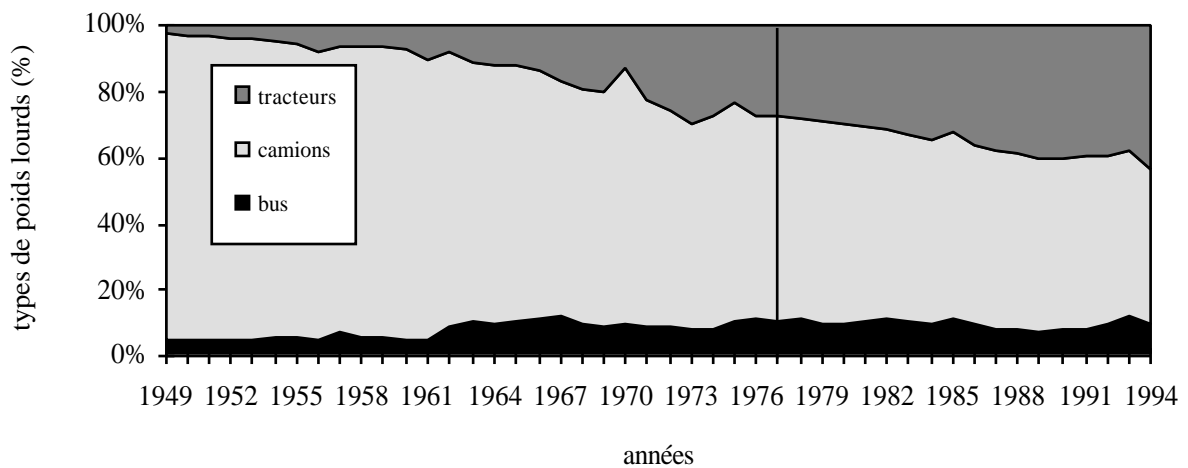


Figure 82 : Distribution des immatriculations de poids lourds selon la catégorie en France avec extrapolation partielle entre 1949 et 1977 (en % du total).

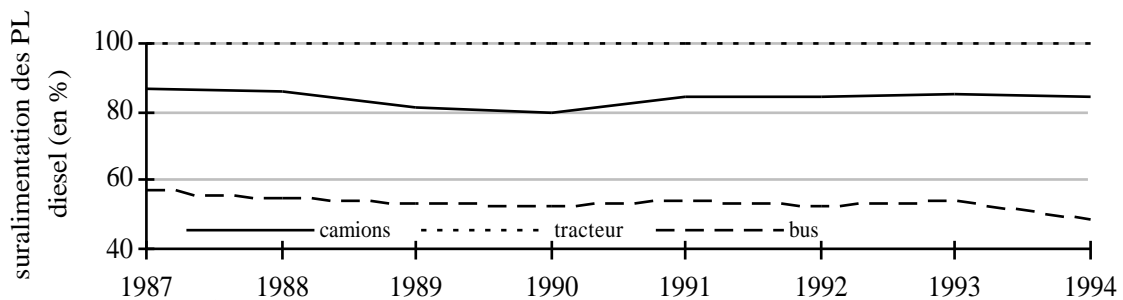


Figure 83 : Évolution du taux de suralimentation des moteurs diesel de PL.

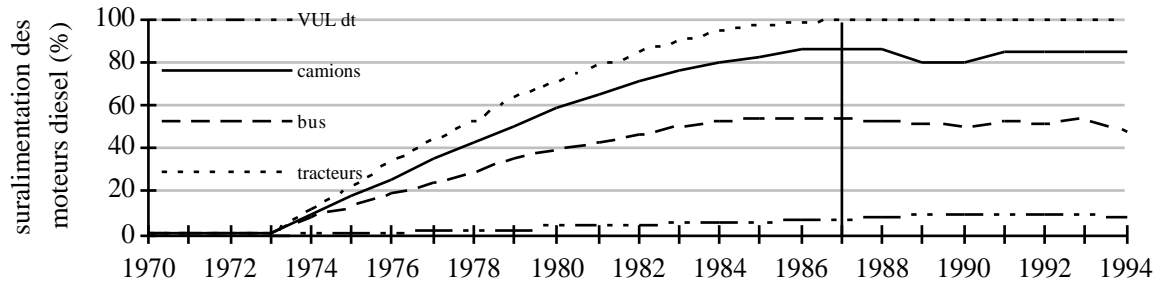


Figure 84 : Évolution du taux de suralimentation des moteurs diesel pour les véhicules utilitaires avec extrapolation avant 1987.

Dans les trois cas, cela correspond à une forte dépression de l'ensemble des immatriculations de véhicules en France, qu'ils soient utilitaires ou particuliers (cf. fig. 6 et 7). Leur part au sein de l'ensemble des véhicules utilitaires est en régression régulière depuis 1949, passant de près de 40% des immatriculations de véhicules utilitaires à seulement 12% en 1994.

La distribution des immatriculations respectives de chaque catégorie de poids lourds par rapport à l'ensemble est présentée ci-dessous (fig. 82). Alors qu'ils étaient presque les seuls poids lourds en 1949, à l'heure actuelle les camions en représentent en moyenne la moitié, l'autre moitié étant constituée d'un peu moins d'un tiers de bus et plus de deux tiers de tracteurs routiers, tous deux en forte croissance depuis 1949.

Après avoir étudié les immatriculations des poids lourds depuis les années 40, nous allons maintenant analyser les caractéristiques techniques (poids, puissance, motorisation) de ces véhicules que nous ne connaissons de manière détaillée que depuis 1987. Quelques extrapolations seront nécessaires pour estimer certains paramètres avant cette date.

### **I.3.2.5. Les moteurs de poids lourds**

La plupart des poids lourds sont équipés de moteurs diesel, exception faite de quelques bus (127 immatriculations recensées à notre connaissance en 1987 et seulement 10 en 1994) et de rares camions de moins de 12 t (Bonnetain, 1980), dont un signalé comme fonctionnant au GPLc immatriculé en 1988. Aucune information n'étant disponible sur les caractéristiques de ces derniers, nous présentons ci-dessous les quelques informations récoltées sur la technologie des moteurs diesel.

En principe, tous les moteurs de plus de 100 kW (136 ch) sont actuellement suralimentés (Pillot, 1993 à 1996). En outre, certains moteurs de puissance inférieure à cette valeur sont suralimentés. Les turbo diesel représentent 100% des moteurs de tracteurs routiers, environ 80% pour les camions (83% en 1987, 84% en 1994 sans grandes variations entre les deux) et en moyenne 52% pour les bus (fig. 83). La somme de ces moteurs turbo représente de façon assez constante 20% des utilitaires diesel immatriculés annuellement depuis 1987 mais 85 à 90% des poids lourds.

Comme pour les autres véhicules utilitaires, nous ne disposons pas de renseignements concernant le taux de suralimentation des poids lourds avant 1987. Nous savons que le turbo compresseur a fait son apparition sur les premiers poids lourds français (des GLM de marque Berliet) en 1956. Cependant, des problèmes de maintenance, de fragilité des roulements de la turbine et de résistance des moteurs non prévus pour la puissance fournie par le turbocompresseur poussent le constructeur à arrêter la production dès 1960. Ce n'est qu'en 1973 que le turbocompresseur reprend définitivement sa place dans la gamme des camions Berliet (Berliet, 1996).

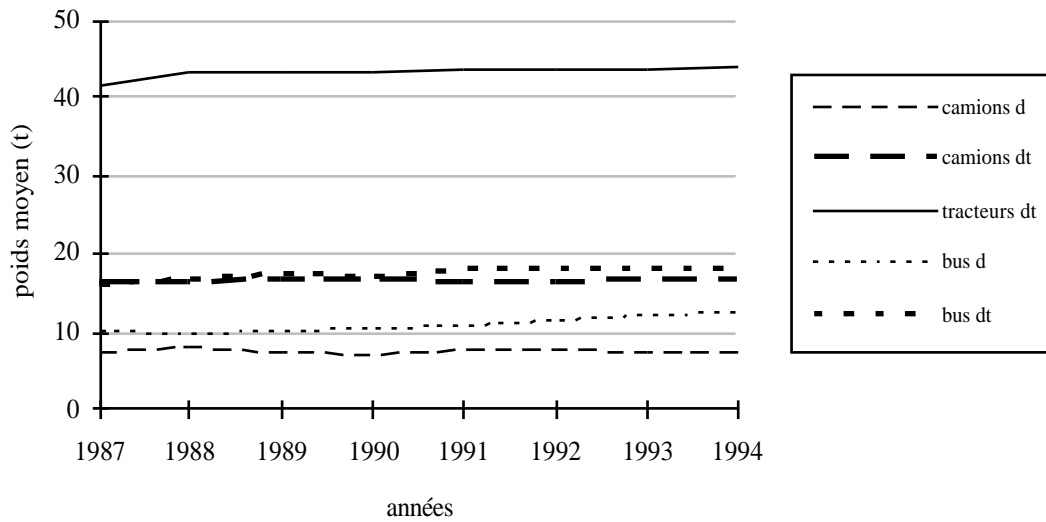


Figure 85 : Évolution du poids total roulant moyen des poids lourds immatriculés en France avec ou sans turbocompresseur.

D'autres constructeurs étrangers (notamment les Suédois) n'ont jamais abandonné cette solution, mais la production et l'exportation en France de ce produit semblent être restées assez limitées à cette époque (Berliet, 1996). Nous sommes par conséquent partis de l'hypothèse que seulement 1% des poids lourds immatriculés avant 1973 étaient équipés de turbocompresseur, représentant les quelques véhicules étrangers suralimentés présents sur notre territoire. Puis à partir de 1973, nous avons simulé une croissance très forte de cette technologie pour rattraper les pourcentages connus à partir de 1987 (fig. 84). C'est une évaluation très grossière qui peut introduire certaines imprécisions dans la structure du parc statique mais qui à l'intérêt de remplacer des informations inexistantes. À titre de comparaison, nous avons porté les utilitaires légers sur le même graphique (cf. § 2P.I.3.1.4.).

### **I.3.2.6. Le poids total autorisé des PL**

Compte tenu de la signification des différentes capacités pondérales des poids lourds (annexe I), nous avons pris en compte le poids total autorisé en charge (PTAC) pour les camions et les bus qui sont plutôt des véhicules "solo" ; il arrive que l'on rencontre des camions avec remorque mais ce n'est pas en France la majorité des cas, exception faite des véhicules rencontrés sur le réseau autoroutier. En effet, si l'on compare le parc des camions de plus de 3,5t de PTAC et celui des remorques sur la même période (OEST, 1989 et 1995), il apparaît que les premiers sont environ 10 fois plus nombreux que les secondes ; quant aux circulations totales (véh.km), celle des camions est environ 7 fois plus élevée que celle des remorques en 1994 (OEST/Decure, 1995). Par contre, les tracteurs routiers étant systématiquement équipés d'un chargement remorqué, c'est le poids total roulant (PTR) qui va les caractériser.

Pour les trois catégories de véhicules étudiés (camions, tracteurs routiers et bus), nous avons différencié les diesel atmosphériques (sans turbocompresseur = d) des diesel suralimentés (avec turbocompresseur = dt) pour mettre en valeur d'éventuelles différences. D'une manière générale, les véhicules équipés d'un moteur suralimenté sont amenés à transporter des poids plus importants : leurs homologues atmosphériques ont des poids moyens inférieurs. Les moteurs de tracteurs routiers sont tous suralimentés. Ils dominent largement les autres catégories au niveau du poids moyen transporté (fig. 85).

Aucune variation importante n'est à noter concernant l'évolution du poids, il est vrai sur une période de 7 ans ; seuls les bus connaissent une très légère augmentation de leur poids moyen. Compte tenu de la relative constance du poids des véhicules immatriculés avant 1987, nous avons conservé les valeurs de cette année 1987 pour les immatriculations de 1970 à 1986. En ce qui concerne les tracteurs routiers diesel atmosphériques, qui n'existent selon nos extrapolations qu'entre 1970 et 1986, nous leur avons attribué les poids et puissances des camions diesel suralimentés immatriculés en 1987. Ces simulations représentent une estimation très grossière, la technologie des moteurs ayant probablement évolué ; cependant, nous n'avons pas d'information suffisante pour construire de quelconques hypothèses pour le passé. Effectuer une recherche systématique auprès de chaque constructeur n'a pas été possible compte tenu du temps nécessaire.

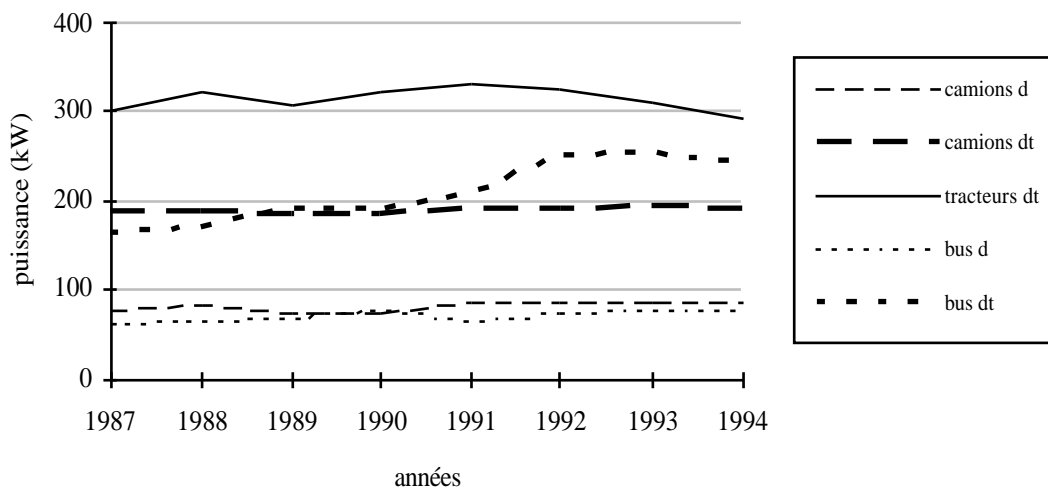


Figure 86 : Évolution de la puissance moyenne des poids lourds immatriculés en France.

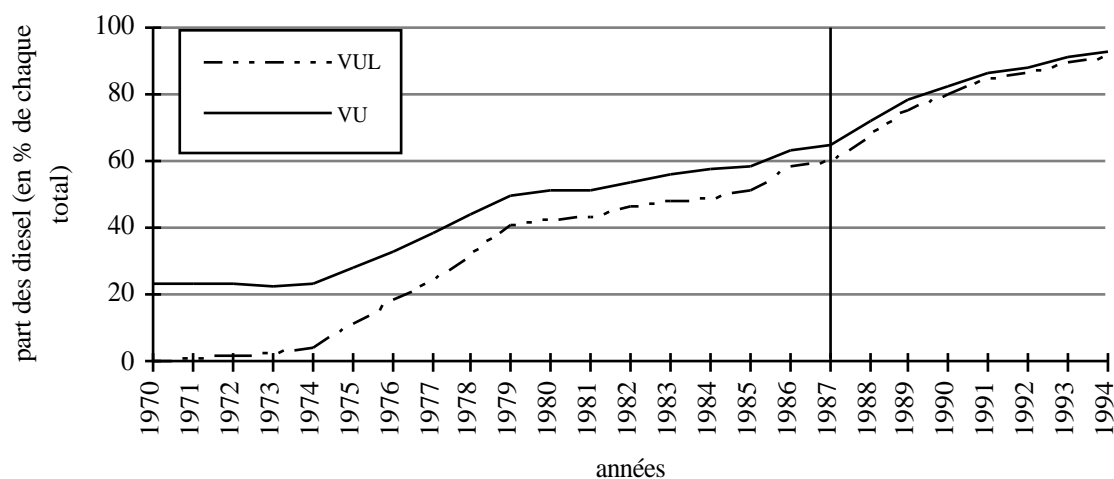


Figure 87 : Taux de désésélisation de l'ensemble des véhicules utilitaires (VU) et des seuls utilitaires légers (VUL) immatriculés en France.

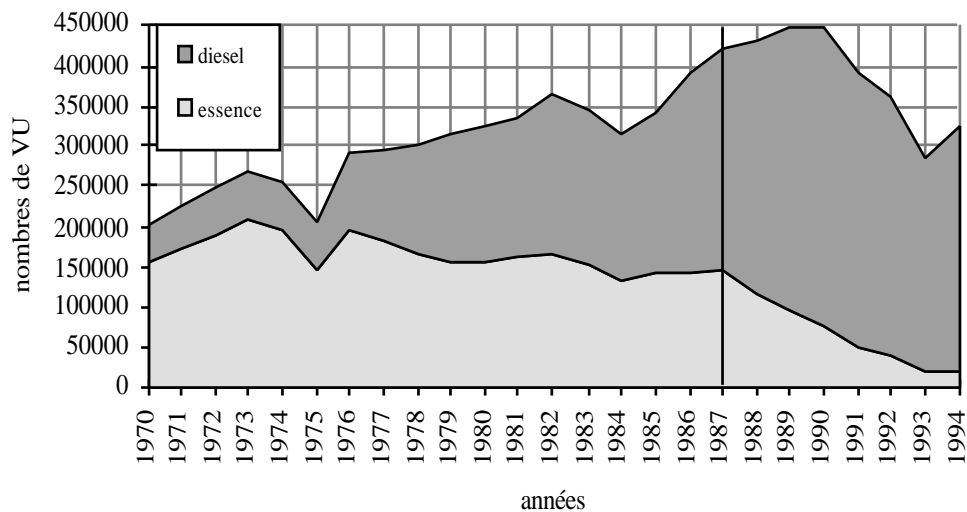


Figure 88 : Immatriculations de véhicules utilitaires diesel et essence neufs en France.



### **I.3.2.7. La puissance réelle des PL**

L'objectif de la suralimentation étant de fournir au moteur un regain de puissance (cf. § II.1.2.1.3), il est normal que la puissance réelle des moteurs suralimentés domine largement celle des moteurs atmosphérique pour tous les véhicules (fig. 86).

Les tracteurs routiers (tous turbo diesel) sont évidemment les véhicules utilitaires les plus puissants du marché. Leur puissance est cependant en perte de vitesse depuis 1991. Celle des camions diesel turbo ne varie pas ou très peu au cours des huit dernières années (environ 190 kW). Dans un premier temps, celle des camions à moteur atmosphérique oscille entre 70 et 80 kW pour se stabiliser autour de 85 kW à partir de 1991. De plus en plus puissants depuis le début de notre période d'étude (près de 100 kW de plus en 7 ans), les bus turbo diesel connaissent une légère diminution de puissance la dernière année, passant de 253 à 241 kW. Comme nous l'avions précédemment constaté pour le poids, seuls les bus turbo diesel connaissent une variation sensible de leur puissance réelle entre 1987 et 1994. Cependant, les informations plus anciennes manquant au même titre que celles concernant le poids, nous avons également conservé entre 1970 et 1986 les valeurs de puissance des véhicules immatriculés en 1987.

## **I.4. Synthèses sur l'ensemble des véhicules**

Si l'on reprend toutes les données précédemment présentées pour les véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers et lourds, il est possible d'établir quelques synthèses sur l'ensemble des véhicules utilitaires puis sur tous les véhicules immatriculés en France.

### **I.4.1. Les véhicules utilitaires (VU)**

Pour information, nous avons calculé le taux de diésélisation des véhicules utilitaires toutes catégories confondues à partir de 1970. Il est évidemment bien supérieur à celui des véhicules particuliers : approchant 70% en 1987, il dépasse les 90% à partir de 1993 (fig. 87). La longévité et la puissance des moteurs diesel explique le fort taux d'équipement que connaissent les véhicules utilitaires compte tenu de l'usage intensif qui en est fait (cf. § II.2.). Pour ces raisons, pratiquement 100% des poids lourds en sont pourvus. On notera que le taux des véhicules utilitaires est en fait à attribuer en grande partie aux seuls utilitaires légers, largement majoritaires (plus de 80%) dans les immatriculations et qui sont, de plus, pratiquement les seuls à être équipés de moteurs à essence. On remarquera en effet la grande similitude qui existe entre les deux courbes.

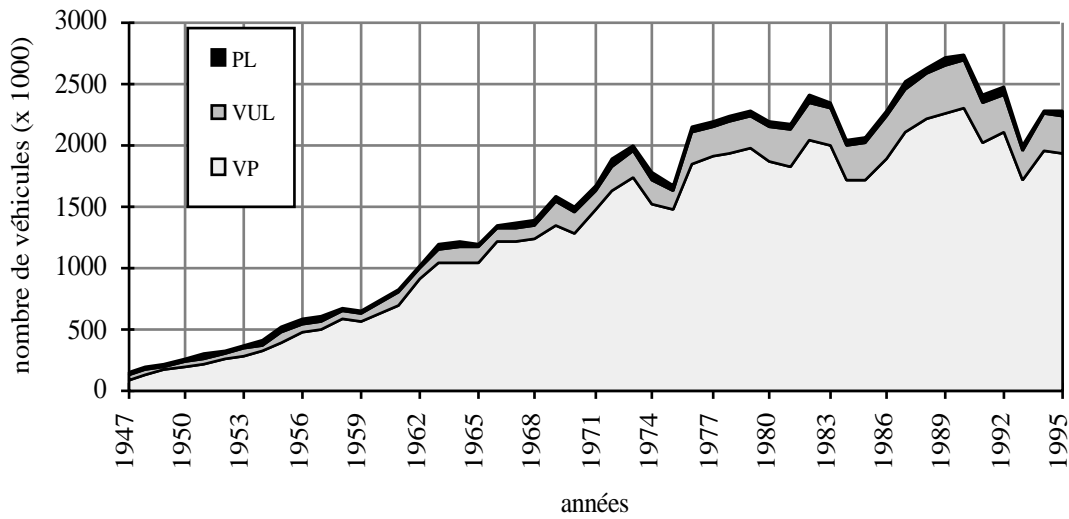


Figure 89 : Immatriculations comparées de véhicules légers (VL=VP+VUL) et de poids lourds (PL) neufs en France.

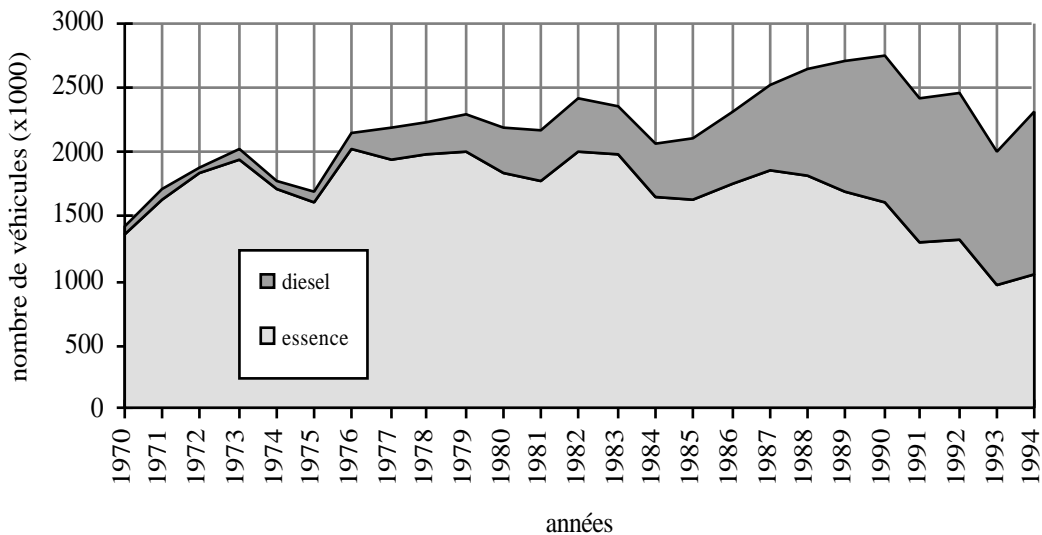


Figure 90 : Immatriculations de véhicules essence et diesel immatriculés en France.

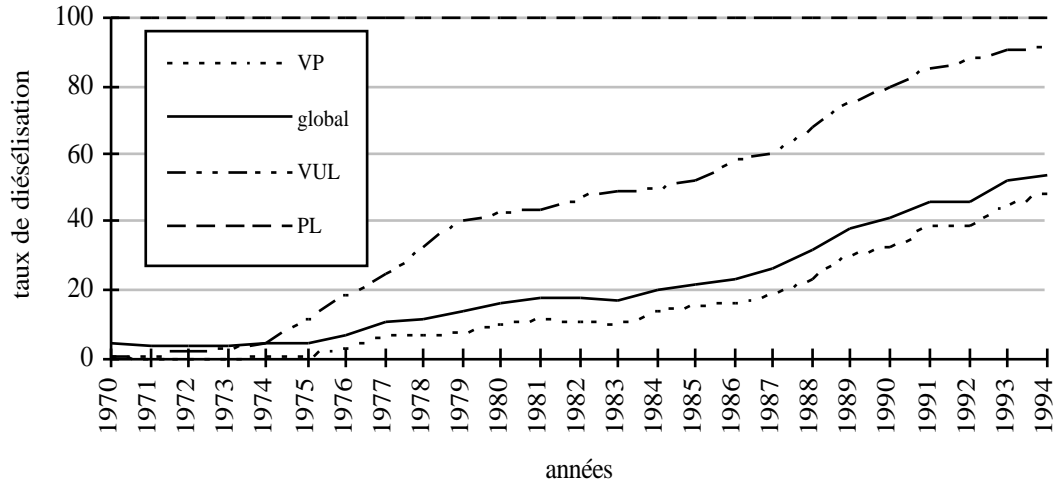


Figure 91 : Taux de diésélisation des véhicules particuliers (VP), utilitaires légers (VUL) et poids lourds (PL) en France.

Si l'on s'intéresse à la répartition essence-diesel pour l'ensemble des véhicules utilitaires (fig. 88), on s'aperçoit qu'elle est évidemment très proche de celle des véhicules utilitaires légers compte tenu de leur importance au sein de la famille des utilitaires (cf. § II.1.3).

Après avoir synthétisé les informations concernant les seuls véhicules utilitaires, en comparant les véhicules utilitaires lourds aux véhicules utilitaires légers, nous allons leur ajouter les véhicules particuliers de façon à présenter l'ensemble du parc français.

#### **I.4.2. L'ensemble des véhicules (VP et VU)**

L'intérêt de ce paragraphe est, d'une part, d'étudier l'évolution globale des véhicules neufs notamment en ce qui concerne la technologie des moteurs, et d'autre part d'établir un parallèle entre l'ensemble des véhicules légers (véhicules particuliers et petits utilitaires) et poids lourds.

Au niveau des effectifs tout d'abord, on constate une très forte prédominance des véhicules légers (fig. 89), ce qui n'a rien d'étonnant compte tenu de la part très importante des utilitaires légers au sein de l'ensemble des utilitaires, à laquelle on rajoute encore celle des véhicules particuliers, dont les immatriculations sont à peu près 10 fois supérieures.

Comme nous l'avons déjà vu à de nombreuses reprises, les véhicules diesel connaissent un développement incessant depuis leur apparition sur le marché automobile quelques soient les véhicules concernés (fig. 90). À l'heure actuelle, plus de la moitié des véhicules routiers immatriculés en France sont des diesel (54%, poids lourds compris). La répartition de ces véhicules montre, en nombre de véhicules immatriculés, que les véhicules particuliers viennent en tête, suivies par les utilitaires légers puis les poids lourds (fig. 91 et 92).

L'évolution des véhicules à essence peut être également comparée pour les mêmes catégories ; cependant, aucun poids lourds immatriculé n'étant à notre connaissance équipé de moteur à essence, seuls les véhicules particuliers et les utilitaires légers figurent sur le graphique (fig. 93), la domination des véhicules particuliers étant sans équivoque. Par contre, cet ordre est inversé pour les taux de diésélisation en pourcentage des immatriculations totales.

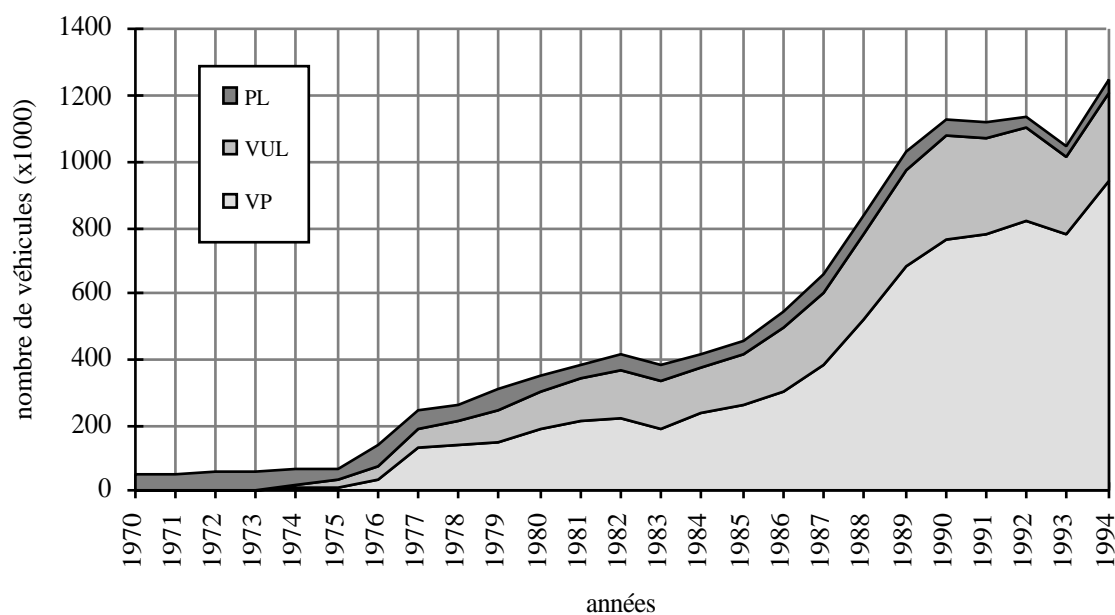


Figure 92 : Immatriculations de véhicules diesel particuliers (VP), utilitaires légers (VUL) et poids lourds (PL) en France.

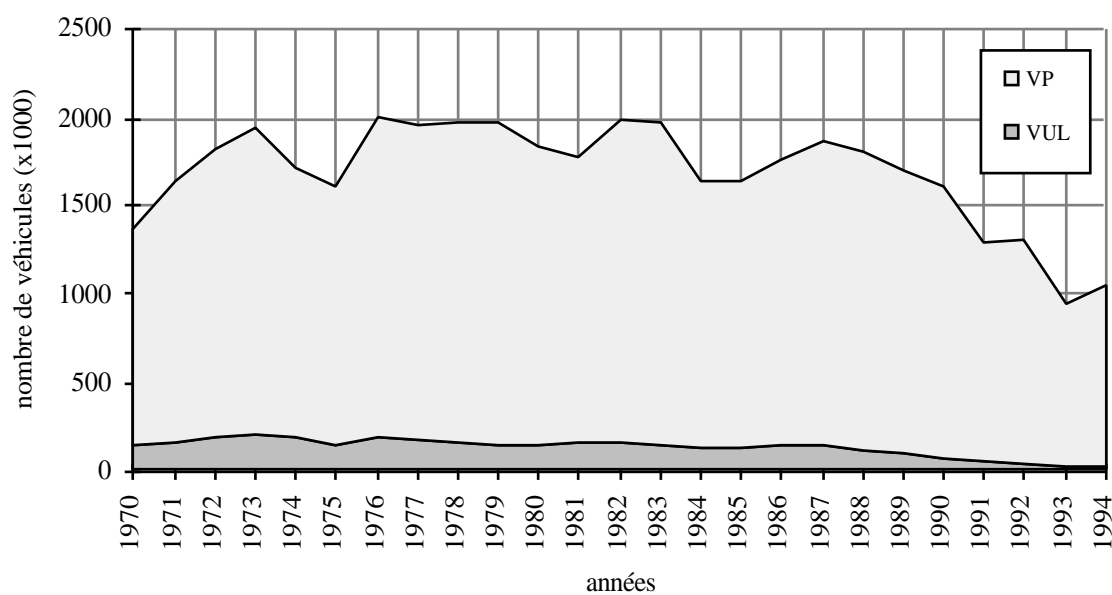


Figure 93 : Immatriculations de véhicules essence particuliers (VP) et utilitaires légers (VUL) en France.

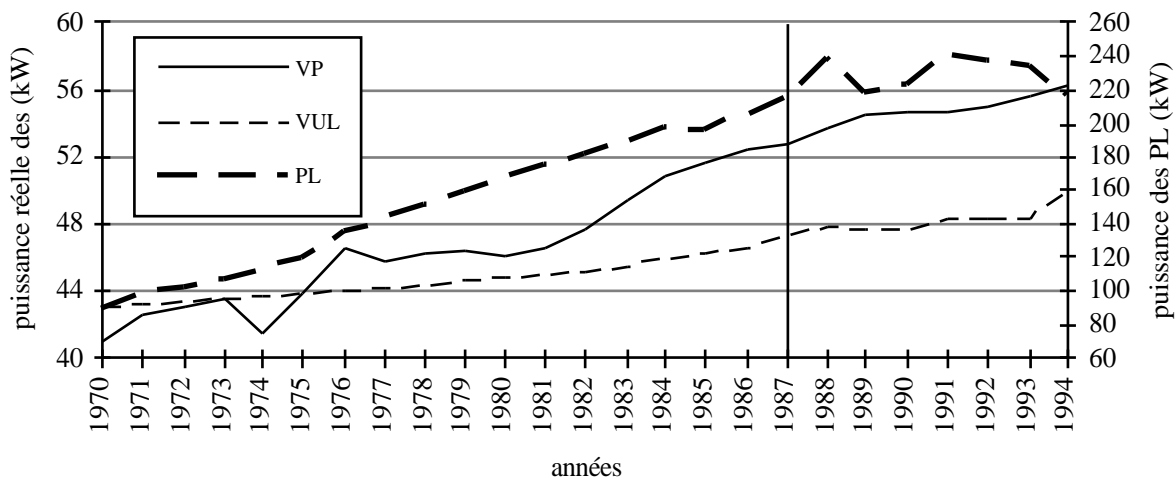


Figure 94 : Puissance moyenne des véhicules légers (VL=VP+VUL) et poids lourds (PL) neufs immatriculés en France.

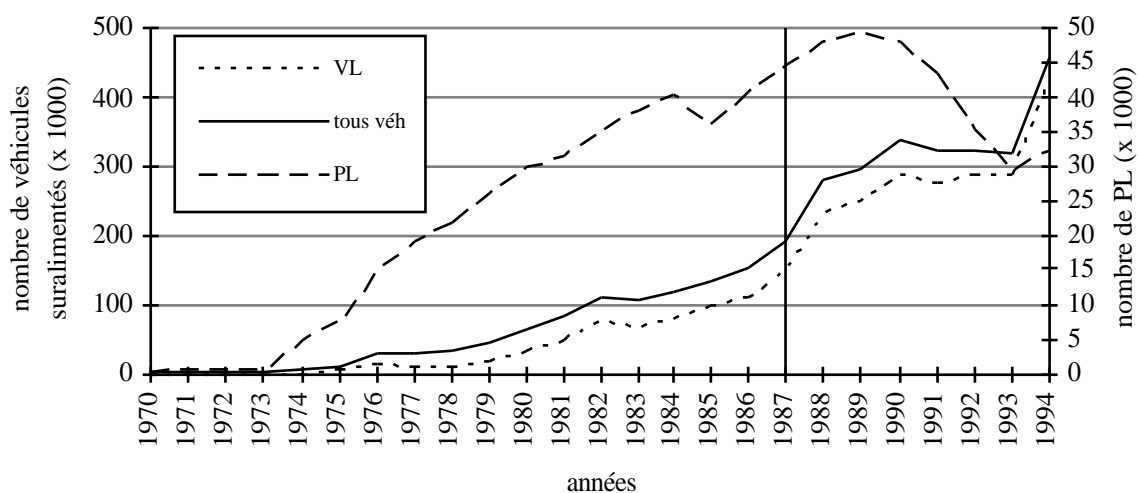


Figure 95 : Suralimentation des moteurs (essence et diesel confondus) de véhicules légers (VL=VP+VUL) et poids lourds (PL) neufs immatriculés en France avec extrapolation partielle entre 1970 et 1987.

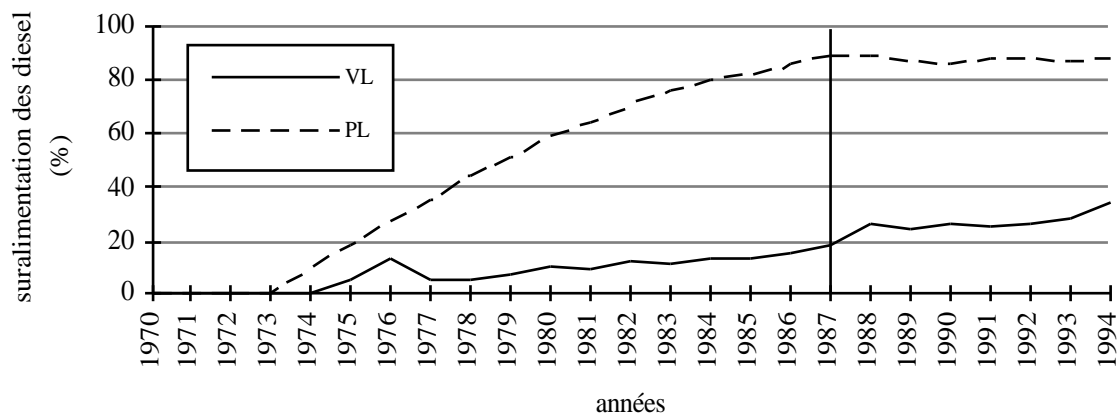


Figure 96 : taux de suralimentation des moteurs de véhicules légers (VL=VP+VUL) et lourds (PL) neufs immatriculés en France avec extrapolation partielle entre 1970 et 1987.

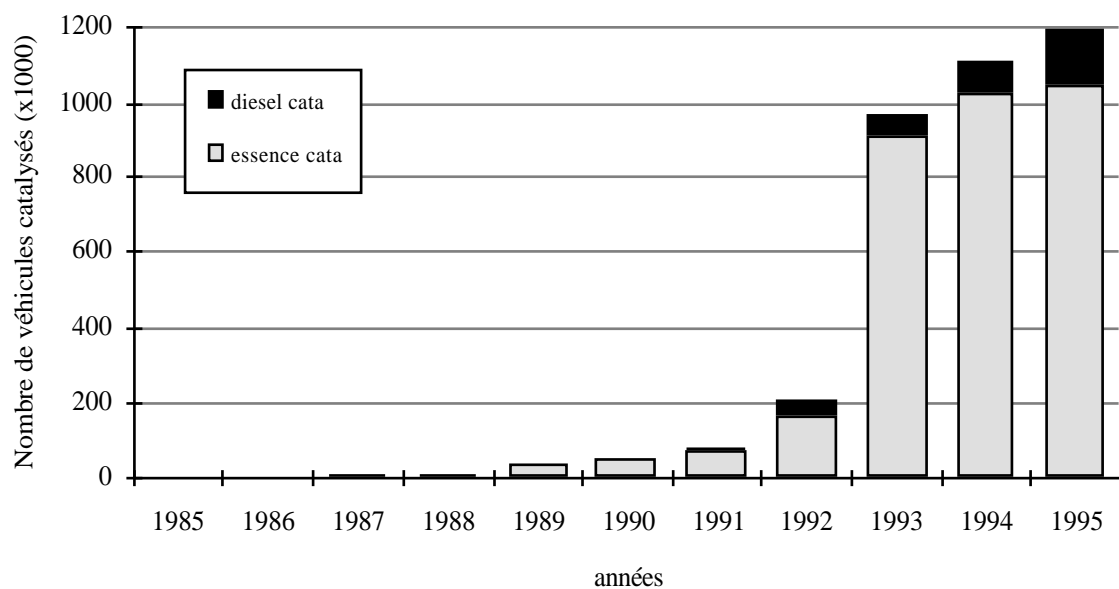


Figure 97 : Immatriculations de véhicules légers essence et particuliers diesel catalysés.

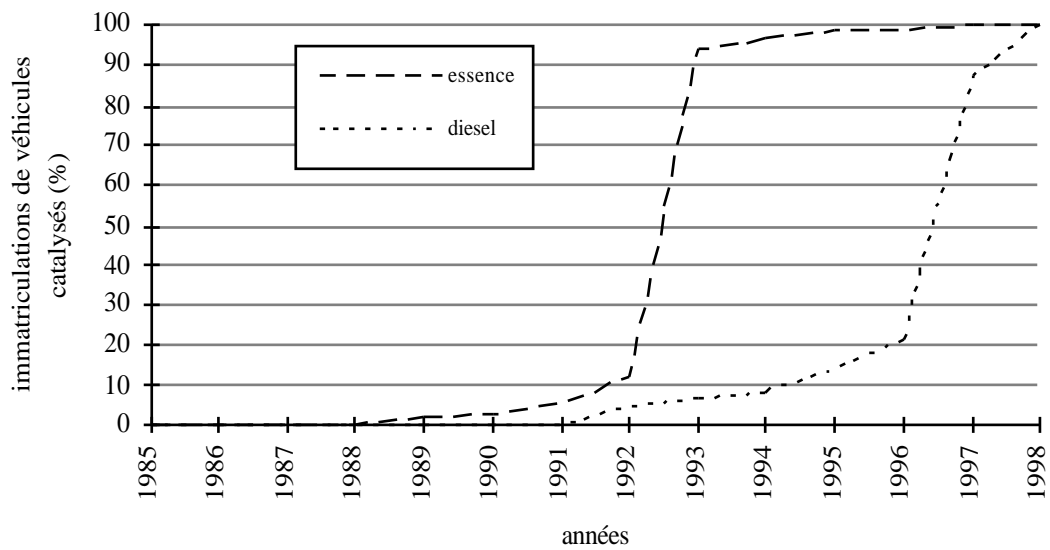


Figure 98 : Taux théorique d'équipement des véhicules légers essence et diesel concernés par le pot catalytique immatriculés en France.



La supériorité des poids lourds est la même en ce qui concerne la puissance réelle : les poids lourds sont évidemment bien plus puissants que les véhicules légers compte tenu des usages qui en sont faits (fig. 94). La puissance des véhicules légers augmente, mais avec une pente plus faible que celle des poids lourds (1,1 kW/an contre 5,2 kW/an).

Cet accroissement très fort de la puissance réelle des moteurs de poids lourds est sans nul doute à mettre en relation avec l'apparition et le développement de la suralimentation (fig. 95). Ce sont surtout les moteurs diesel qui sont concernés, le succès de cette technologie étant beaucoup plus timide pour les essence (pour les véhicules particuliers, le taux d'équipement n'excède pas 3%). Le nombre de véhicules (toutes catégories confondues) suralimentés augmente fortement. C'est une technologie dont le succès n'a cessé de croître depuis son apparition. Les poids lourds connaissent une diminution importante (en effectifs) entre 1989 et 1993 mais leur nombre n'est pas suffisant pour influencer le total. Le taux d'équipement des moteurs augmente, qu'il s'agisse des véhicules légers ou des lourds (fig. 96), étant donné le progrès indéniable que représente le turbocompresseur vis à vis de la puissance des moteurs.

Compte tenu de leur impact dans la lutte contre la pollution automobile, les véhicules équipés de pots catalytiques se sont développés très fortement depuis les deux dernières étapes de la réglementation sur les gaz d'échappement. Cependant, cette technologie ne concerne pour l'instant que les véhicules légers (véhicules particuliers et utilitaires légers de classe I). Ce sont cette fois les moteurs à essence qui sont sur la sellette, étant donné que la réglementation leur a été appliquée en premier.

Cependant, la catalyse des gaz d'échappement des véhicules diesel est également en cours de développement, comme le montre la figure suivante (97) : nous n'avons pas d'informations concernant les utilitaires légers diesel catalysés ; nous n'avons porté sur ce graphique que les véhicules particuliers diesel catalysés ; par contre, la catégorie essence regroupe les véhicules particuliers et petits utilitaires. Cet accroissement des immatriculations de diesel "dépollués" est une conséquence directe de l'approche de la réglementation qui les concerne dès janvier 1996 (annexe II et III).

Nous avons en outre calculé le taux théorique d'équipement des véhicules légers à essence et diesel (uniquement les voitures et les petits utilitaires légers de PTAC inférieur à 1,5 t) jusqu'en 1997, en simulant pour les diesel une valeur pour 1996 (25%) à partir de la croissance des années précédentes (10% en 1994, 15% en 1995). Cette représentation met en valeur le décalage existant entre les deux motorisations vis à vis du pot catalytique (fig. 98).



### I.4.3. Exploitation informatique des extrapolations

Toutes les extrapolations que nous venons de présenter seront intégrées aux fichiers de données d'immatriculations afin d'être prises en compte lors des calculs de parc. Pour respecter la structure de ces fichiers présentée en 1P.III.2., nous serons obligés de créer les marques, types et modèles de toutes pièces. Ainsi le fichier se verra enrichi d'une marque supplémentaire nommée "autre", de nationalité française, dont les types "divers" auront comme nom de modèle "-". Ils se verront attribuer les types de moteurs, cylindrées et puissances réelles estimés grâce aux extrapolations ou dont les valeurs auront été conservées identiques à celles de 1970 en cas d'absence d'extrapolation.

### I.5. Perspectives d'évolution future des immatriculations

La quantification des polluants potentiellement émis dans le futur nous a conduit à établir des projections d'évolution du parc automobile jusqu'en 2020 en terme de structure et de volume. Notons que cet exercice de projection dans le futur est particulièrement ardu compte tenu du très grand nombre de facteurs qui entrent en jeu dans le développement de l'automobile et des enjeux tant politiques que sociaux ou économiques que ce développement revêt.

Compte tenu de notre méthode de calcul, qui reste inchangée, l'estimation du parc futur (de 1994 à 2020) passe inévitablement par des hypothèses d'évolution d'immatriculations après 1994. Pour toutes les catégories de véhicules, nous nous sommes référés aux tendances passées, souvent proches de la linéarité, pour établir nos évaluations futures. Les pentes qui seront ainsi calculées seront appliquées aux immatriculations de 1994 pour chaque modèle de véhicules en fonction de ces caractéristiques (catégorie de véhicule, carburant, cylindrée ou poids). Cette date de 1994 correspond aux dernières immatriculations détaillées enregistrées dans le fichier de données. Cependant, des chiffres plus récents sont parus pour certains types de véhicules, détaillés par modèle pour 1995 (Argus, 1996) et par grande catégorie pour 1996 (Curtet, 1997). Quand cela fut possible, nous avons par conséquent appliqué aux immatriculations détaillées de 1994 une première pente pour obtenir celles de 1995 puis une seconde aux chiffres de 1995 pour calculer les valeurs de 1996 de façon à tenir compte de la réalité pour ces deux années.

$$I_{1995} = I_{1994} + (I_{1994} \times P1)$$

$$I_{1996} = I_{1995} + (I_{1995} \times P2)$$

Puis pour n'importe quelle année 1996+Z :

$$I_{1996+Z} = I_{1996} + Z \times (I_{1996} \times P)$$

Soit : 
$$P = ((I_{1996+Z} - I_{1996}) / Z) / I_{1996}$$

Avec :  $I_{1994}$  (1995, 1996) : Immatriculations de 1994 (1995 ou 1996)  
P1, P2, P : Pentas de croissance ou décroissance

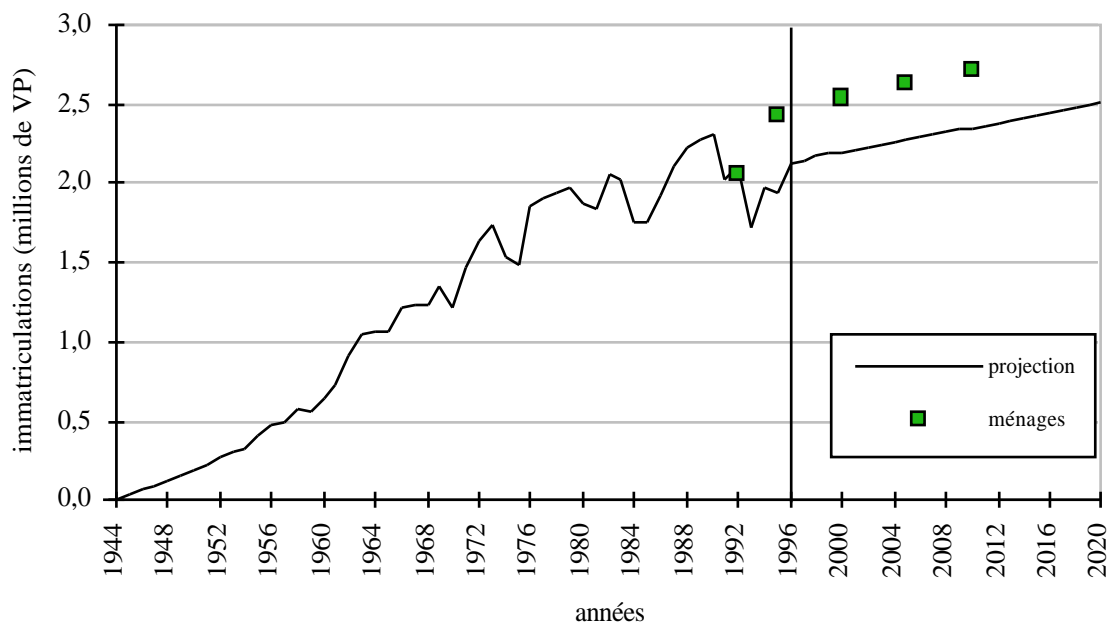


Figure 99 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules particuliers neufs en France ; comparaison (à partir de 1995) entre nos calculs, les résultats du modèle démographique (ménages) et les données réelles récemment éditées (Argus).

Les pentes P1, P2 et P ainsi calculées seront sans unité ou pourront être exprimées en pourcentage, mais toujours par rapport à l'année de référence d'où part le calcul, 1994, 1995 ou 1996.

### **I.5.1. Évolution futures des immatriculations de véhicules particuliers (VP)**

Dans un premier temps, nous nous sommes consacrés à l'ensemble des immatriculations de véhicules particuliers, que nous connaissons (depuis peu) jusqu'en 1996, puis aux taux de diésélisation (idem) pour lequel nous avons émis trois hypothèses différentes concernant le taux en 2020. Enfin nous avons, pour les deux carburants, isolé l'évolution des trois classes habituelles de cylindrée à partir de 1994 : en effet, nous n'avons pas intégré au fichier des données détaillées plus récentes. Nous calculerons par conséquent six pentes de variations entre 1994 et 1995 puis entre 1995 et 1996 à partir de cette distribution extrapolée après 1994 et des chiffres totaux réels de 1995 et 1996. Puis entre 1996 et 2020 nous effectuerons des extrapolations linéaires. Nous appliquerons ces pentes successives à chaque modèle de voiture en fonction de son carburant et de sa cylindrée.

L'inconvénient de cette méthode est que la structure des immatriculations en terme de puissance réelle moyenne va varier au cours du temps suite à l'application de ces pentes mais ne sera pas forcément représentative d'une situation réelle puisque les valeurs des pentes ne tiennent pas compte de ce paramètre mais de la cylindrée.

En ce qui concerne la totalité des véhicules, nous nous sommes référés aux travaux déjà réalisés sur les modèles démographiques de projection du parc automobile des ménages (Gallez, 1994) et avons adopté la croissance de la demande en véhicules particuliers neufs de 0,7% par an. Ayant eu très récemment accès aux immatriculations neuves de 1995 et 1996, nous avons calculé les pentes d'évolutions respectives 94-95 (-2%) et 95-96 (+10% dus à la prime qualité automobile, Curtet, 1997) que nous avons ensuite appliqué aux immatriculations de chaque modèle de voiture de 1994 pour calculer 1995 et 1995 pour calculer 1996. Puis nous avons appliquée aux immatriculations détaillées de l'année 1996 (fig. 99) la croissance de 0,7%. Cette croissance peut paraître assez faible par rapport aux tendances passées, mais n'est plus régie que par le renouvellement des véhicules déjà possédés et l'accroissement du multi-équipement des ménages, le taux d'équipement en premier véhicule ayant pratiquement atteint son maximum. Cependant, les calculs effectués à partir du modèle démographique sont basés sur les immatriculations de 1992 alors que les nôtres partent de 1996, dont les immatriculations furent bien inférieures aux prévisions de ce modèle. Nos chiffres pour les immatriculations futures sont par conséquent inférieurs (2,3 millions contre 2,7 millions en 2010). Bien que les résultats soient en léger désaccord, nous avons tout de même conservé cette croissance de 0,7% par an, cette valeur étant représentative d'hypothèses démographiques et socio-économiques sérieuses que nous n'avons pas les moyens de mettre en doute.

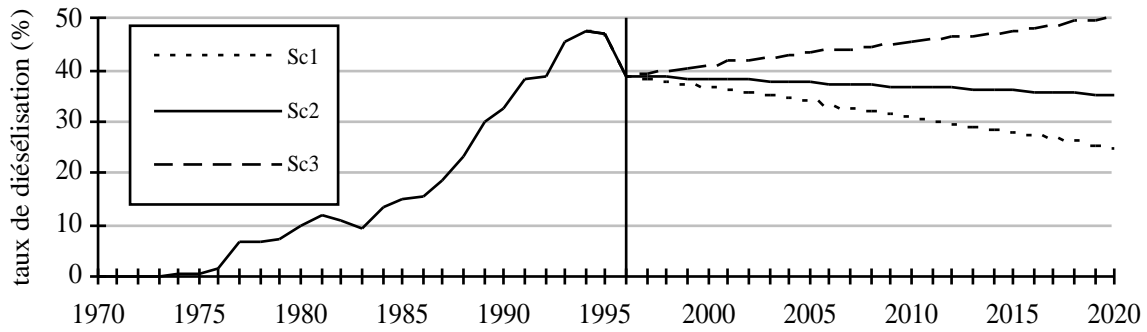


Figure 100 : Évolution future du taux de diésélisation des VP suivant trois scénarii.

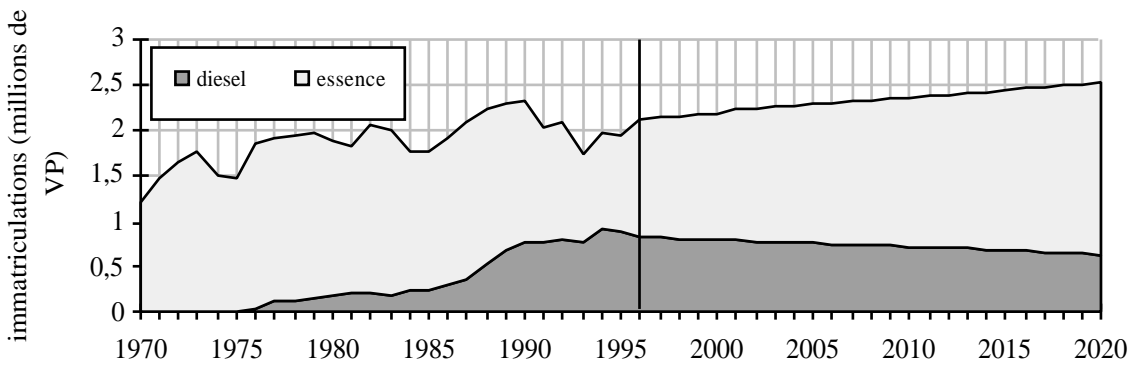


Figure 101 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules particuliers essence et diesel en France : scénario bas (S1).

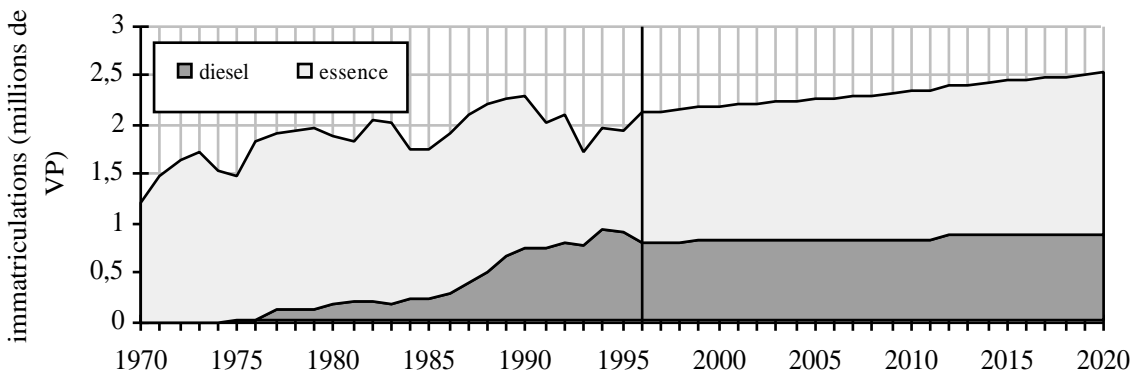
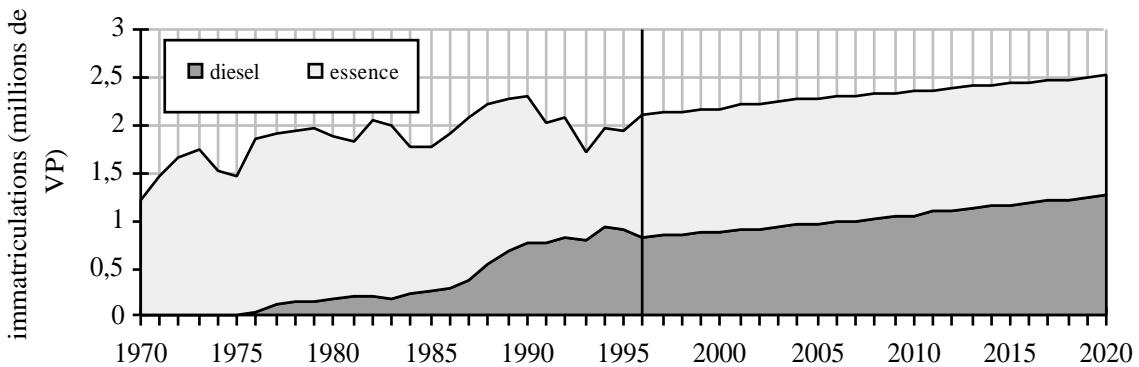


Figure 102 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules particuliers essence et diesel en France : scénario moyen (S2).



*Figure 103 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules particuliers essence et diesel neufs en France : scénario haut (S3).*

### **I.5.1.1. Le taux de diésélisation futur des immatriculations de VP**

Dans un deuxième temps, nous nous sommes penchés sur ce que pourrait être le taux de diésélisation des véhicules particuliers neufs pour le futur (après 1996). Si nous ne fions qu'à l'évolution passée, l'essor très net de la voiture diesel entre 1976 et 1994 (fig. 100) nous permet de penser que ces immatriculations auraient pu à l'avenir largement dépasser celles des essence, atteignant peut-être même 100% des voitures vendues neuves en 2020 ! Cependant, compte tenu des difficultés politiques que rencontre la motorisation diesel à l'heure actuelle dues aux maux dont elle est accusée, notamment concernant la pollution atmosphérique, il semble plus raisonnable de penser que des mesures défavorables la concernant (particulièrement au niveau de la fiscalité du carburant) seront rapidement à l'origine d'une diminution de cet engouement. Et en effet, entre 1994 et 1996, les immatriculations de véhicules particuliers diesel en France s'effondrent et ne représentent plus que 39% du total en 1996 (Curtet, 1997). Cependant, mêmes si ces mesures sont appliquées (augmentation des taxes sur le gazole) il paraît impensable que ce taux continue à décroître aussi violemment que depuis ces deux dernières années. Nous avons par conséquent établi trois hypothèses suivant trois scénarii (fig. 100) de diésélisation : un bas (scénario 1), simulant une forte baisse de la diésélisation, celle-ci ne dépassant pas 25% des immatriculations de voitures neuves en 2020, ce qui nous paraît être a priori le plus vraisemblable compte tenu de l'amorce de "dédiésélisation" actuelle, un moyen (scénario 2) mettant en évidence une décroissance plus raisonnable permettant de maintenir ce niveau à 35% et un scénario haut (scénario 3), plutôt optimiste et qui aurait tout à fait pu être envisagé il y a quelques années mais qui nous paraît peu réaliste aujourd'hui, qui fixerait à 50% le nombre de voitures diesel immatriculées neuves en 2020. Les calculs de parc seront effectués successivement avec les effectifs correspondant à ces trois scénarii (fig. 101, 102 et 103) et les résultats présentés dans le chapitre concerné.

### **I.5.1.2. Évolution future des cylindrées des immatriculations de VP**

Pour nos trois classes de cylindrée, nous avons cette fois suivi les tendances mises en évidence pour leurs parts respectives en pourcentage au sein des immatriculations (pour le carburant considéré) entre 1970 et 1994, puisque nous n'avons pas exploité de données réelles détaillées par modèle postérieures à 1994 en simulant toujours une évolution linéaire. Les variations sont exprimées en pourcentage absolu puisqu'il s'agit d'une différence entre deux pourcentages pour deux années successives. Pour les voitures diesel tout d'abord, nous maintenons la croissance de la classe intermédiaire mais en lui imposant une pente plus faible (0,39% en plus par an) que celle qui fut la sienne par le passé (fig. 104). De même, la classe supérieure continue de perdre de son importance, plus raisonnablement cependant qu'entre 1970 et 1994 (0,47% en moins par an). La classe inférieure se trouve ainsi (par soustraction de la somme des deux précédentes à 100%) maintenue à sa valeur moyenne de 5% en 2020. En ce qui concerne les véhicules particuliers à essence (fig. 105), les variations passées sont moins nettes que pour les diesel. Nous avons simulé une décroissance de 0,51% par an pour la classe inférieure, une croissance de 0,45% pour l'intermédiaire, maintenant ainsi la classe supérieure à 5% en 2020.



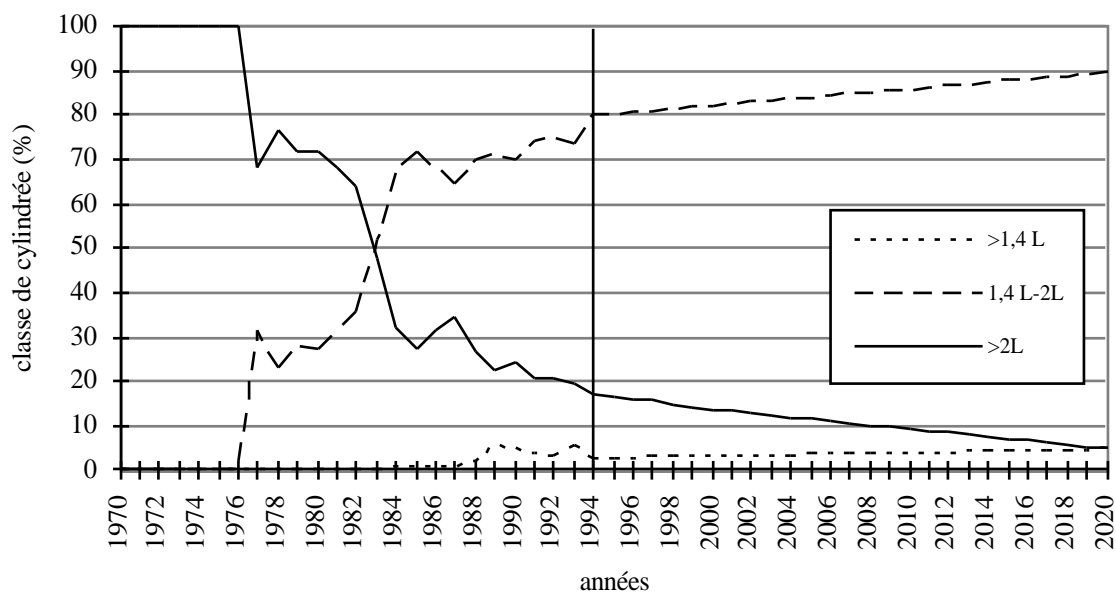
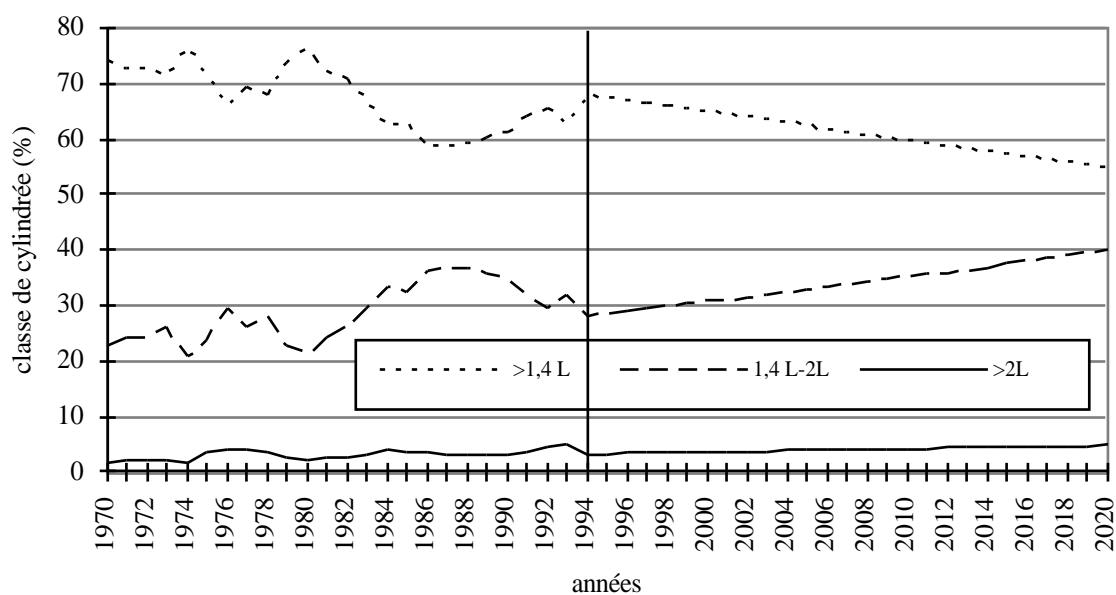


Figure 104 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en % du total) pour les véhicules particuliers diesel immatriculés neufs en France.



*Figure 105 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en % du total) pour les véhicules particuliers à essence immatriculés neufs en France.*

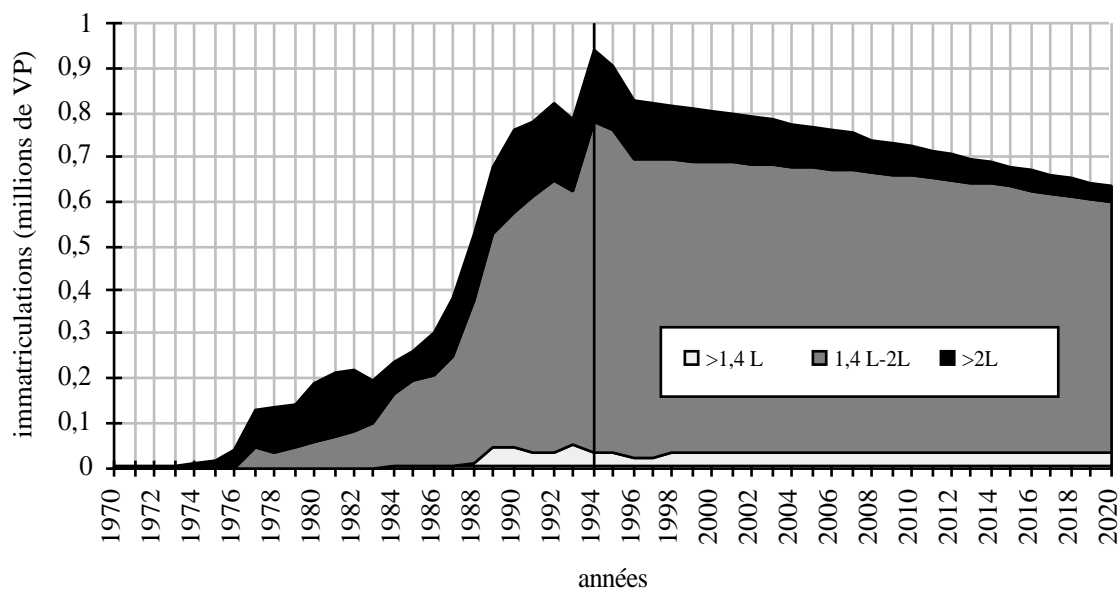
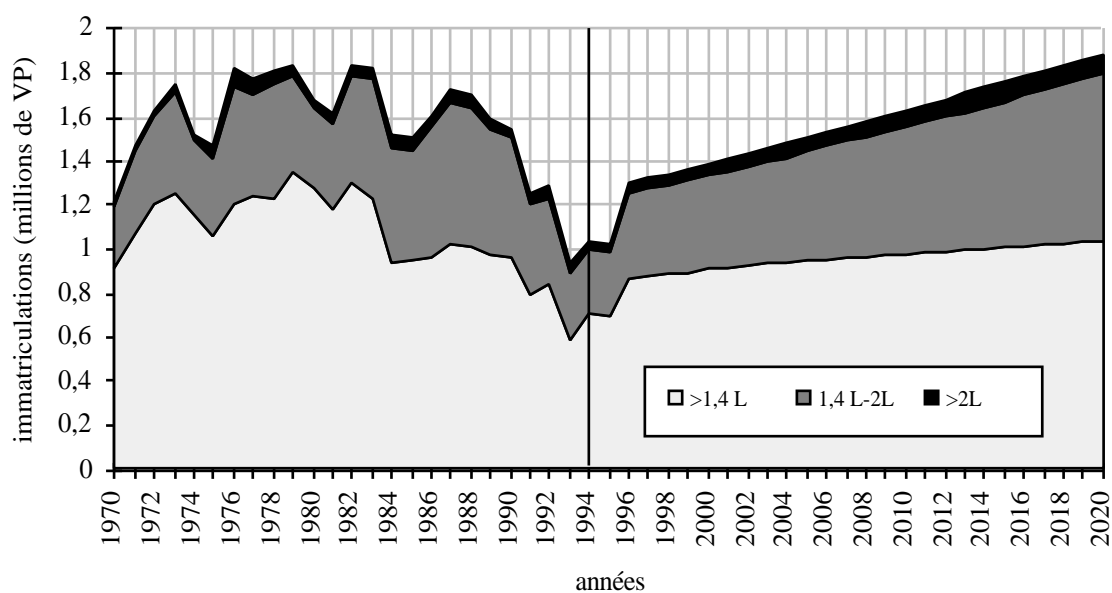


Figure 106 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers diesel immatriculés neufs en France : scénario bas (S1).



*Figure 107 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers à essence immatriculés neufs en France : scénario bas (S1).*

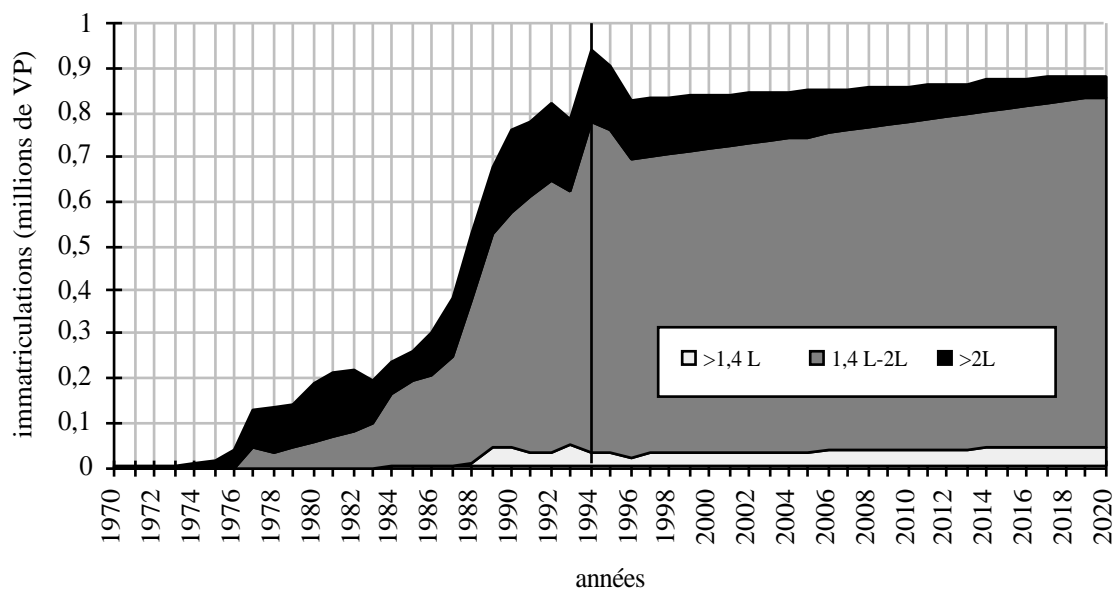
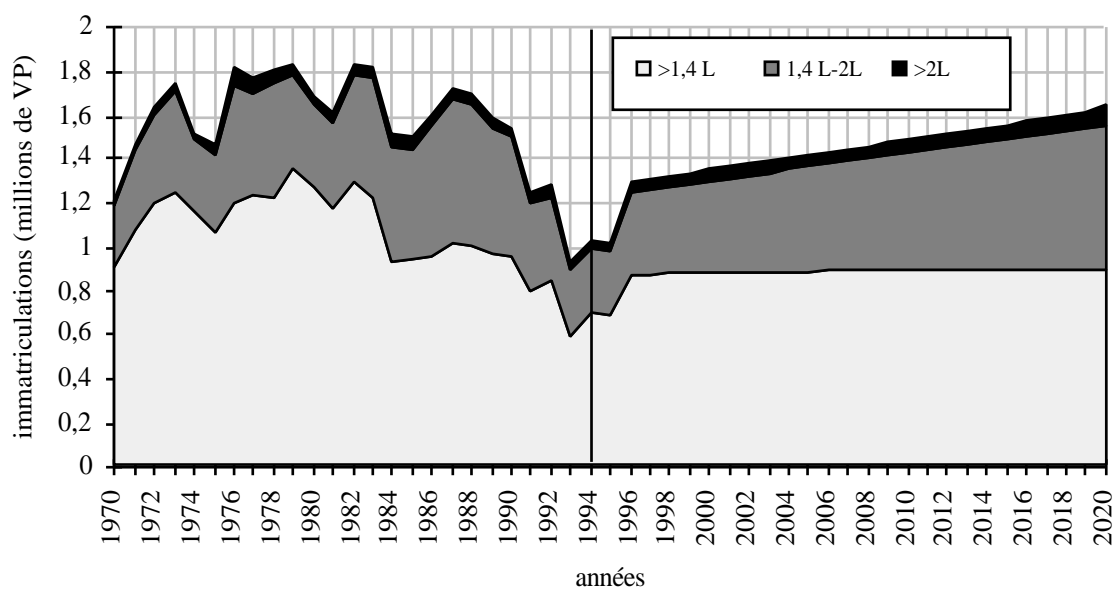


Figure 108 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers diesel immatriculés neufs en France : scénario moyen (S2).



*Figure 109 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers à essence immatriculés neufs en France : scénario moyen (S2).*

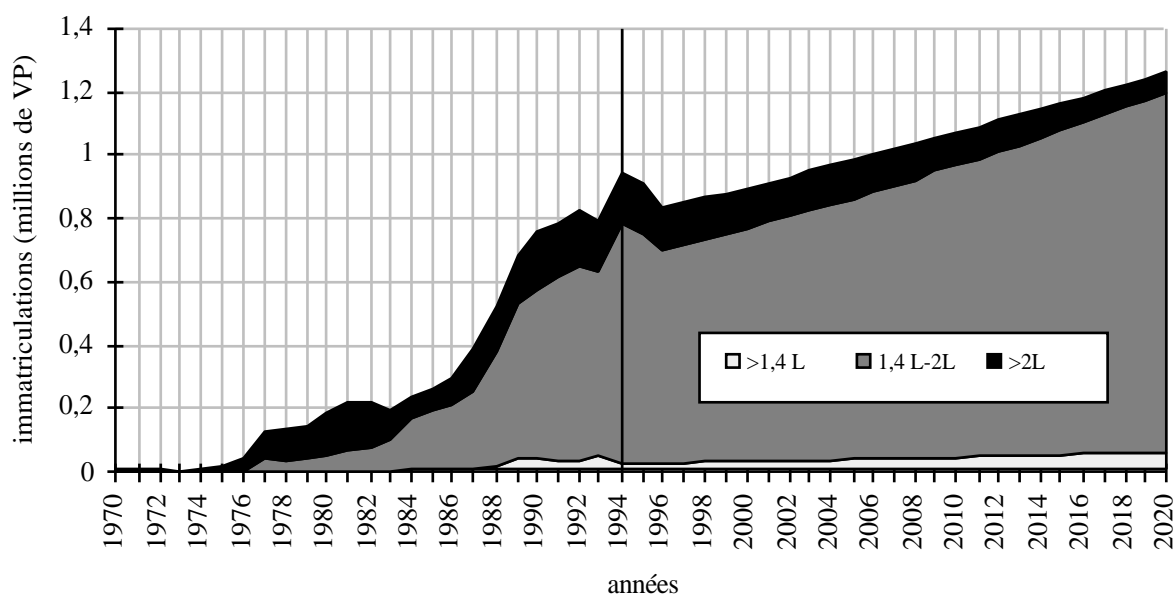
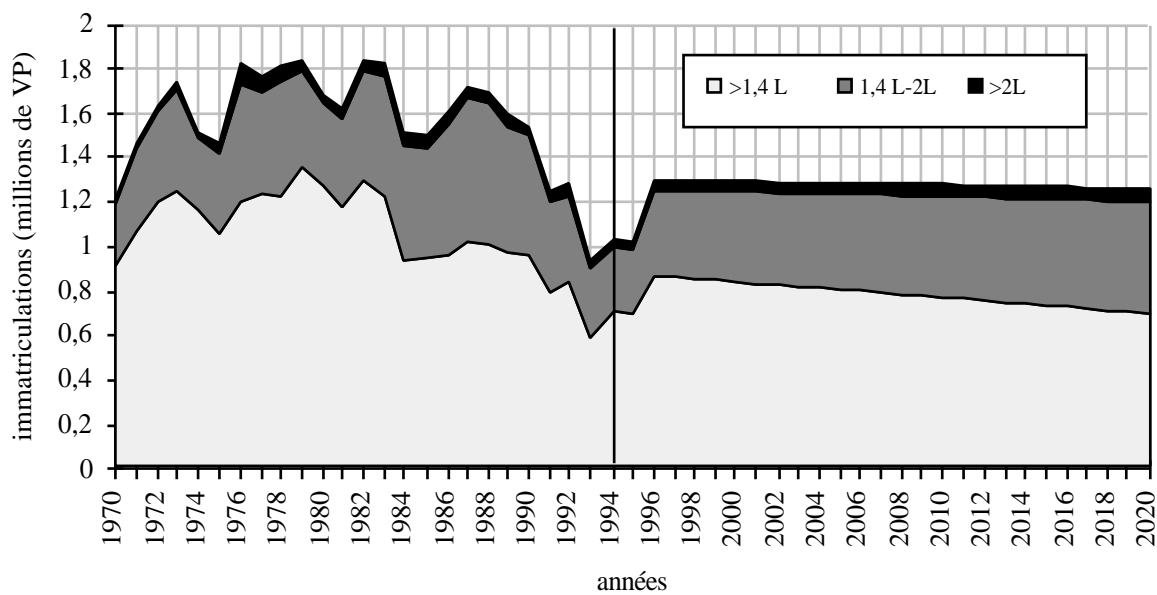


Figure 110 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers diesel immatriculés neufs en France : scénario haut (S3).



*Figure 111 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers à essence immatriculés neufs en France : scénario haut (S3).*



carburant	cylindrée	scénario 1	scénario 2	scénario 3
essence	< 1,4 l	0,008	0,001	-0,009
	1,4 - 2 l	0,041	0,030	0,014
	> 2 l	0,044	0,032	0,015
diesel	< 1,4 l	0,010	0,030	0,061
	1,4 - 2 l	-0,006	-0,0076	0,029
	> 2 l	-0,032	-0,028	-0,022

Tableau 3 : Estimation des pentes de variation des immatriculations françaises de véhicules particuliers en fonction de leur carburant et de leur cylindrée pour les années 1995 à 2020.

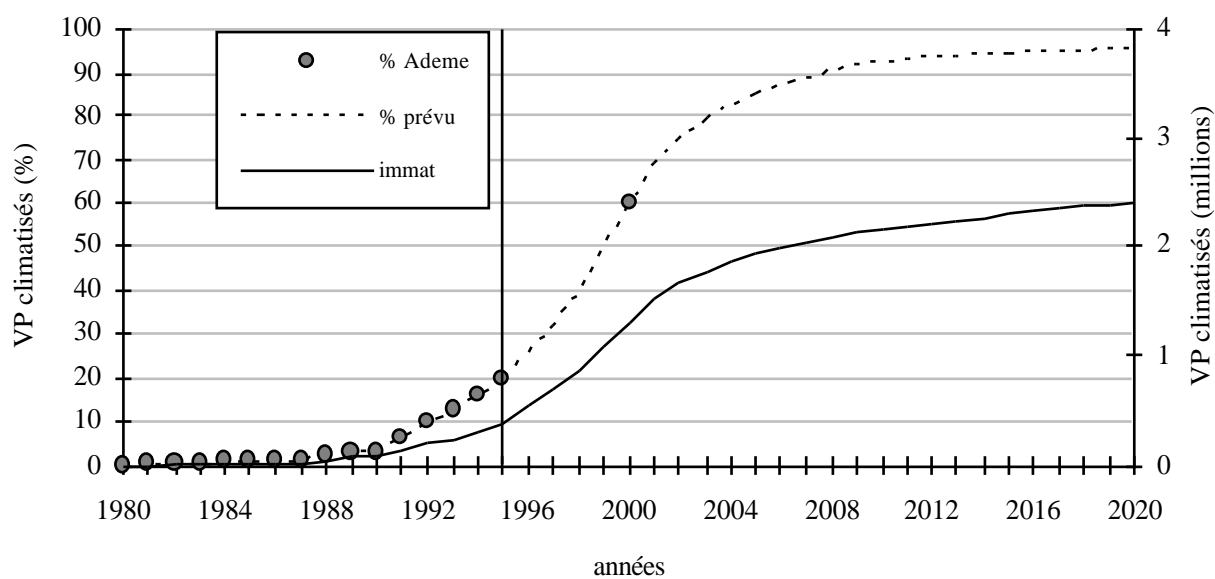


Figure 112 : Évolution à long terme des effectifs de véhicules particuliers équipés de climatisation.



Quelque soit le scénario de diésélisation des immatriculations de voitures neuves dans le futur, notre distribution des trois classes de cylindrée restera la même en pourcentage du total des diesel d'une part et des essence d'autre part. Par contre, la répartition des effectifs en valeur absolue (fig. 106 à 111), et donc les pentes qui seront appliquées aux immatriculations, va changer en fonction du taux de diésélisation. C'est par conséquent cette distribution (en %) évaluée que nous appliquerons aux immatriculations essence totales et diesel totales connues en 1995 et 1996. La répartition qui en découle entre 1994 et 1996 n'est donc pas réelle mais seulement estimée.

À partir de ces effectifs, nous avons calculé pour chaque scénario la distribution des six classes de cylindrée (essence et diesel) puis les six pentes de variation (linéaire) correspondante entre les immatriculations de 1994 et 1995, puis 1995 et 1996 et enfin de 1996 à de 2020 (tab. 3), que nous appliquerons aux immatriculations de chaque modèle de voitures neuves à partir de 1994 en fonction de leur carburant et cylindrée. Ainsi nous simulerons les immatriculations détaillées par modèle entre 1995 et 2020.

D'après les hypothèses socio-économiques déjà évoquées concernant l'évolution des immatriculations de véhicules particuliers (Gallez, 1994), il semblerait que notre scénario bas, simulant un taux de diésélisation de 25% seulement en 2020, soit le plus réaliste des trois. En effet, les projections effectuées grâce au modèle démographique aboutissaient à une croissance annuelle, entre 1995 et 2010, de 15% des immatriculations de véhicules particuliers de gamme moyenne (que nous assimilons, rappelons le, à notre classe intermédiaire de cylindrée) diesel et essence confondues, 14% pour les bas de gamme (classe inférieure), et une diminution annuelle de 29% pour les véhicules hauts de gamme (classe supérieure) au cours de la même période. De plus, ces véhicules particuliers haut de gamme ne devraient pas dépasser 5% du total des immatriculations en 2010. Les résultats obtenus en suivant notre scénario bas sont respectivement de 17%, 40%, -24% et 6%, ce qui, pour trois des quatre valeurs, nous semblent tout à fait cohérent. En ce qui concerne l'évolution des bas de gamme (40% par an au lieu de 14%), le scénario haut (50% des immatriculations diesel en 2020) semble mieux correspondre à cette estimation. On observe par contre des écarts (avec ces valeurs de référence) bien plus importants pour le reste des évolutions. Les calculs de parc seront de toute façon effectués avec les trois scénarii.

### **I.5.1.3. Évolution future de la climatisation des immatriculations de VP**

Compte tenu de l'essor qu'a connu la climatisation automobile depuis les années 80 et de l'estimation du développement futur considérée par l'Ademe (60% des véhicules équipés en 2000 - Barbusse, 1996), nous avons extrapolé cette croissance jusqu'en 2020, en la modérant tout de même (95% en 2020) sans quoi elle aurait dépassé 100% en 2003 ! Nous estimons ainsi à près de 2,3 millions le nombre de véhicules neufs climatisés en 2020 (fig. 112).

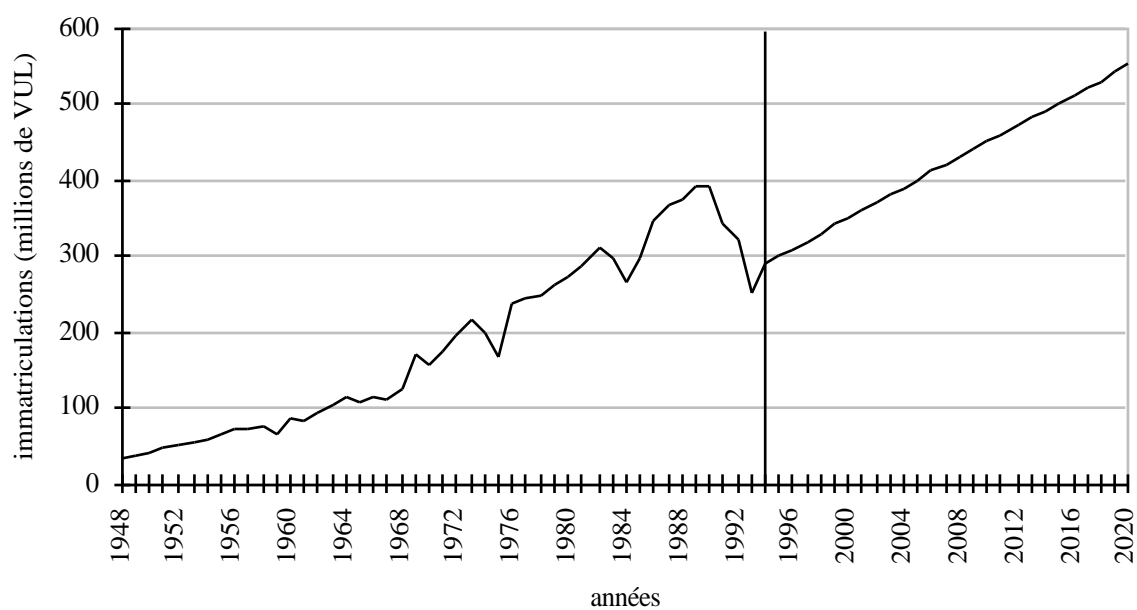


Figure 113 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules utilitaires légers neufs en France.

## **I.5.2. Évolution des immatriculations de véhicules utilitaires légers (VUL)**

Comme pour les véhicules particuliers, nous avons tout d'abord simulé l'évolution de la totalité des immatriculations, puis émis une hypothèse, unique cette fois, concernant le taux de diésélisation futur et enfin, pour chaque carburant, nous avons projeté la répartition des immatriculations des trois classes de PTAC que nous avons mises en évidence lors de l'étude des données pour le passé. A partir des immatriculations analysées entre 1948 et 1994, nous avons pu mettre en évidence une croissance régulière mais modérée jusqu'en 1968, puis un développement bien plus fort jusqu'en 1990, suivi d'un effondrement non négligeable jusqu'en 1993. Nous savons cependant que ces cinq dernières années (1991-1995) sont caractérisées par une période de crise pour toutes les immatriculations quelque soit la catégorie de véhicule concernée. Cette évolution passée des immatriculations d'utilitaires légers ressemble fort au phénomène de diffusion évoqué lors de la description des modèles agrégés. Cependant, nous n'avons à disposition aucune étude sur laquelle baser notre raisonnement pour déterminer un éventuel seuil de saturation concernant l'équipement des entreprises en VUL, ce qui nous semble plus fragile encore que pour les ménages. En ne tenant compte que des évolutions passées, il nous semblait audacieux de prolonger après 1994 la forte croissance connue entre 1968 et 1990, qui aboutirait à plus de 700 000 véhicules immatriculés neufs en 2020, mais incohérent de reprendre la valeur plus faible de la période 1948-1968 qui ne permettrait pas aux immatriculations de dépasser 400 000 unités. On peut penser que les véhicules utilitaires légers vont continuer à se développer à un rythme tout de même relativement soutenu. Nous leur avons par conséquent attribué une croissance intermédiaire (3,5% des immatriculations de 1994 en plus par an). Partant d'immatriculations assez faibles en 1994 (fig. 113), les effectifs de 2020 devrait atteindre 550 000 véhicules.

### **I.5.2.1. Le taux de diésélisation futur des immatriculations de VUL**

Il semblerait que l'éventualité de mesures défavorables au diesel évoquées au cours du chapitre précédent soient réservée aux seules véhicules particuliers. En effet, parmi les nombreuses rumeurs circulant actuellement à propos de l'avenir du gazole, difficiles à vérifier compte tenu de leur importance politique et stratégique, une distinction entre le gazole de tourisme, au moins aussi taxé que le supercarburant, et un gazole d'entreprise dont le prix resterait très attractif est souvent abordée. Dans un premier temps, nous avons élaboré une hypothèse selon laquelle les diesel resteraient largement majoritaires dans les immatriculations d'utilitaires légers en 2020 : atteignant 90% du total en 1994, nous les avons tout de même limités à 95% en 2020 (fig. 114, hypothèse haute, scénario 1). Nous avons imaginé dans ce cas de figure que des efforts politiques pourront être réalisés concernant les 5% de véhicules à essence restant, au niveau de la motorisation électrique mais surtout concernant le GPL, sans que cela inverse pour autant la tendance et que les véhicules à essence connaissent une reconquête importante du marché. Cependant, là encore,

aucune autre thèse ne nous permet d'étayer notre raisonnement, ces chiffres restant des hypothèses très personnelles basées sur de simples suppositions

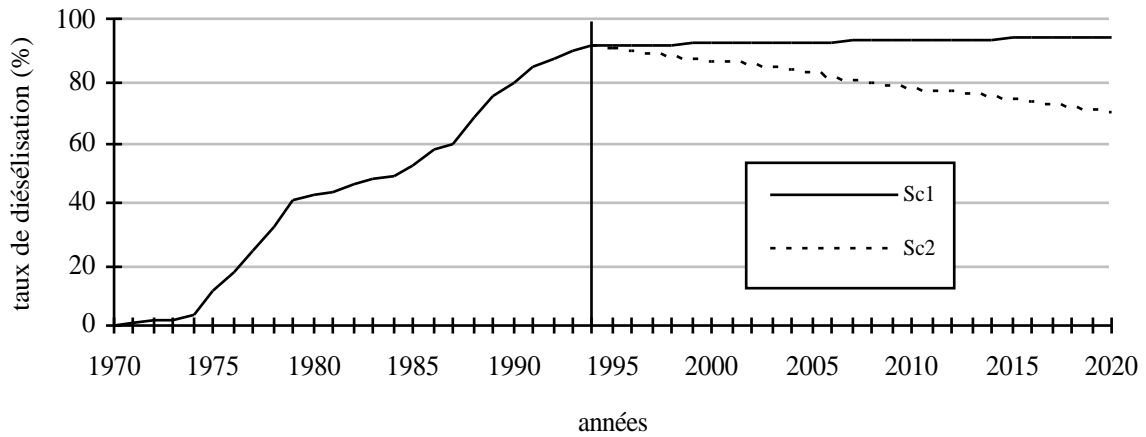


Figure 114 : Évolution à long terme du taux de diésélisation des véhicules utilitaires légers immatriculés neufs en France suivant deux scénarii.

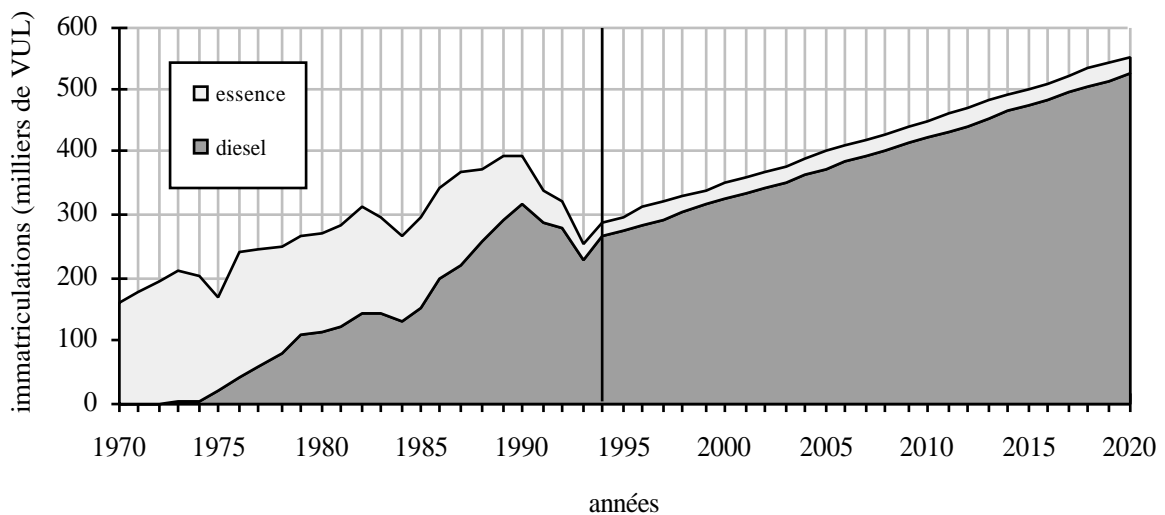


Figure 115 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules utilitaires légers essence et diesel neufs en France : scénario haut (S1).

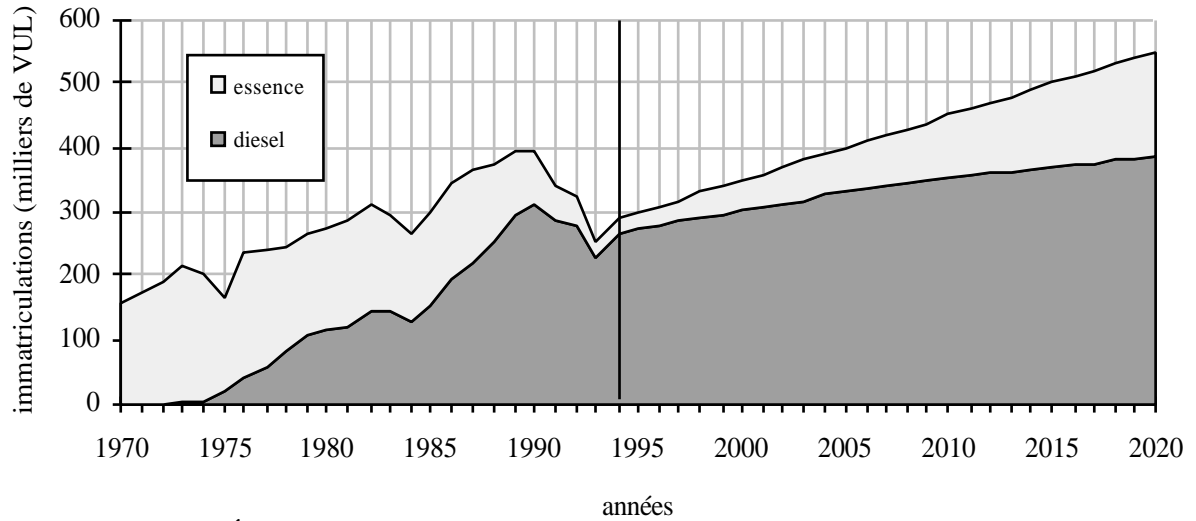


Figure 116 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules utilitaires légers essence et diesel neufs en France : scénario bas (S2).

Ils nous permettront d'évaluer l'évolution du parc diesel d'utilitaires légers si la motorisation à essence (ou GPL) ne connaît pas de retour éclatant sur le marché, ce qui nécessiterait des efforts considérables de la part des entreprises (remplacement d'une part importante des flottes diesel par des essence/GPL, alors que ces véhicules n'ont pas toujours été bien considérés par le passé (cf. § 2P.I.2.3.)) et des pouvoirs publics (modification des fiscalités et aides aux entreprises). Nous avons par ailleurs simulé un deuxième scénario (scénario bas, n°2) mettant en jeu cette fois un retour important des véhicules utilitaires à essence dans le cas par exemple d'une évolution très rapide de la carburation au GPL sur les utilitaires. Dans cette optique, nous avons fixé à 70% seulement les immatriculations de diesel en 2020 (fig. 114, scénario 2).

En appliquant ces taux de diésélisation aux estimations d'immatriculations totales futures de véhicules utilitaires légers, nous obtenons une répartition des effectifs d'immatriculations par carburant. Dans le cas du scénario haut (95% de diesel en 2020), la répartition reste pratiquement inchangée par rapport à 1994, la forte augmentation des immatriculations d'ici 2020 ne se ressentant qu'au niveau des véhicules diesel (fig. 115). Par contre, elle change plus nettement dans le cas où les diesel ne représenteraient plus que 70% des immatriculations en 2020 (fig. 116).

### **I.5.2.2. Évolution des classes de PTAC des immatriculations de VUL**

Nous avons repris pour les immatriculations futures les trois classes de poids total autorisé en charge mises en évidence lors de l'étude des immatriculations passées (PTAC <1,5 t ; compris entre 1,5 et 2,5t ; compris entre 2,5 et 3,5 t). Comme pour les véhicules particuliers, la distribution de ces classes que nous avons simulée pour l'avenir sera la même quelques soient les hypothèses de diésélisation.

Nous avons déjà dû extrapoler les données disponibles de 1987 à 1994 en vue d'estimer le PTAC sur la période allant de 1970 à 1986 (cf. § 2P.I.3.1.1.2.). Ne disposant d'aucune évaluation socio-économique sur l'avenir éventuel des véhicules utilitaires légers, nous avons choisi de prolonger après 1994 et jusqu'en 2020 les pentes de variation des parts en pourcentage absolu des deux classes extrêmes au sein des immatriculations séparées de véhicules essence et diesel (la troisième étant égale à la différence entre 100% et la somme des deux autres) (fig. 117 et 118). Nous avons cependant dû prendre garde à ce que ces pourcentages soient compris entre 0 et 100 % en 2020. Ce fut le cas notamment de la classe supérieure (2,5 à 3,5 t) pour les véhicules à essence : en conservant après 1994 la décroissance évaluée entre 1970 et 1986, nous aurions abouti à -3% de ces véhicules en 2020, ce qui n'a évidemment aucun sens. Nous avons par conséquent arbitrairement fixé à 1% leur part en 2020. Les 4% de différence ont été retirés à la classe intermédiaire. À partir de ces pourcentage de chaque classe, nous en avons déduit les effectifs de véhicules utilitaires légers correspondants pour les deux scénario de diésélisation (fig. 119 à 122).



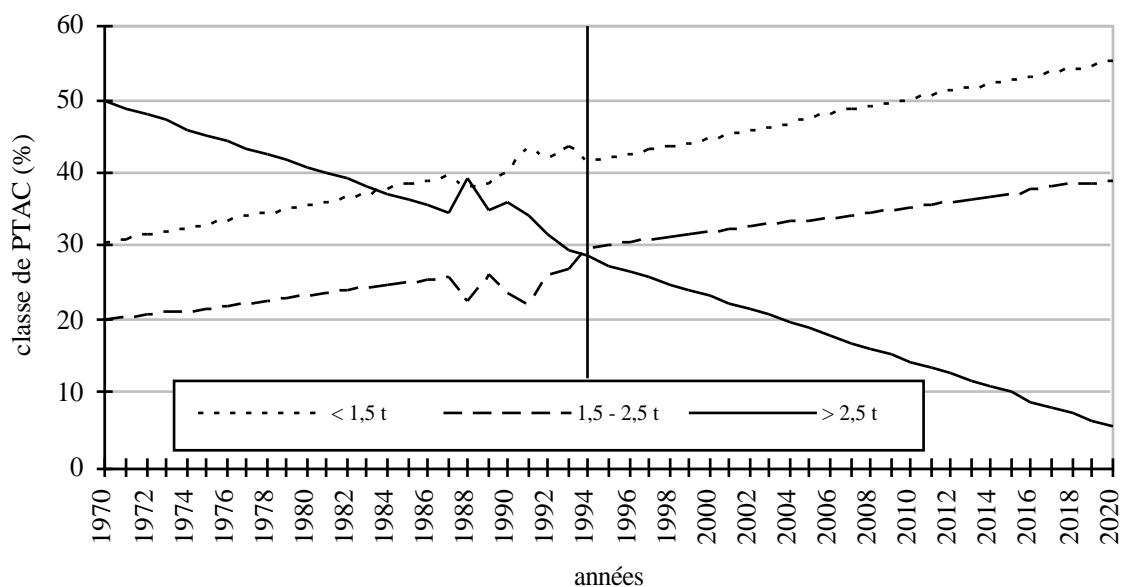
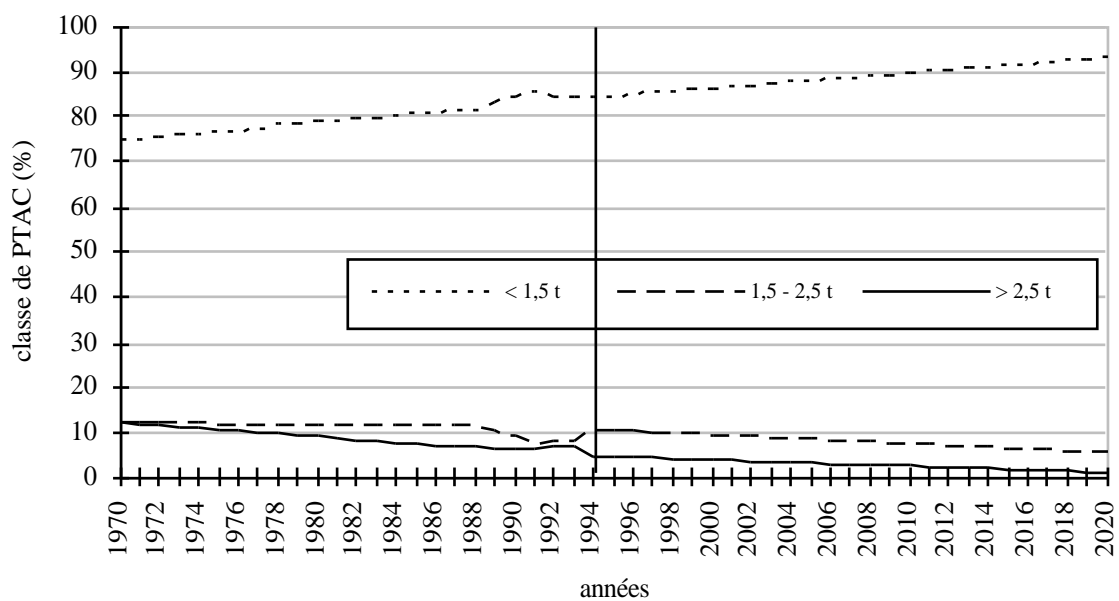


Figure 117 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en % du total) pour les véhicules utilitaires légers diesel immatriculés neufs en France.



*Figure 118 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en % du total) pour les véhicules utilitaires légers à essence immatriculés neufs en France.*

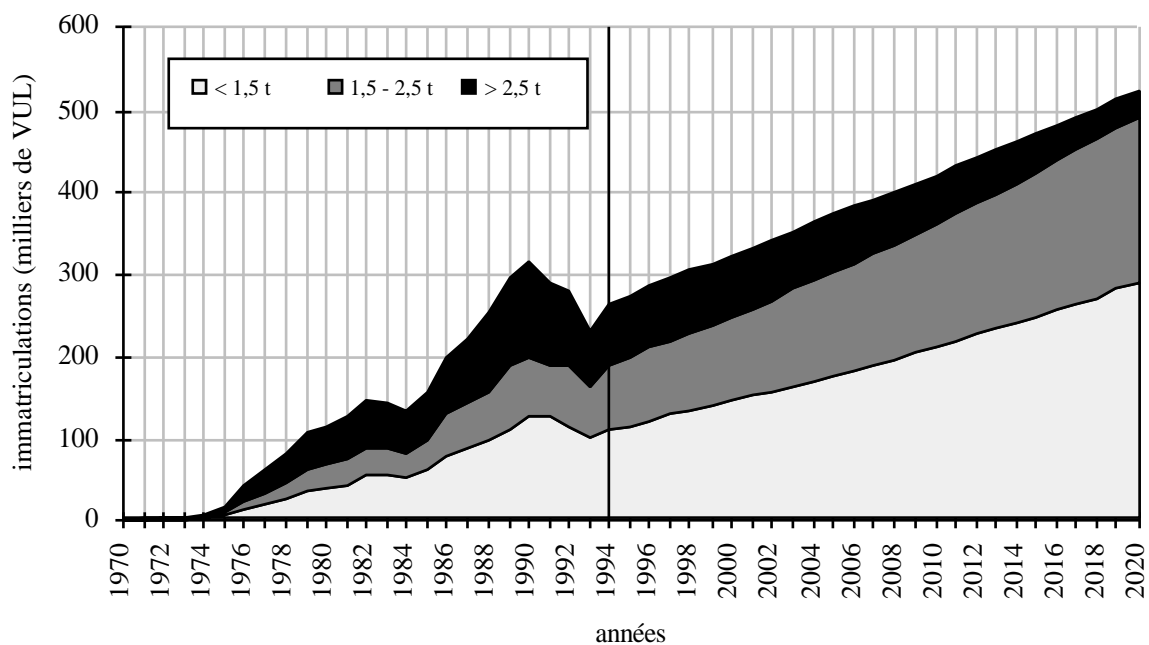
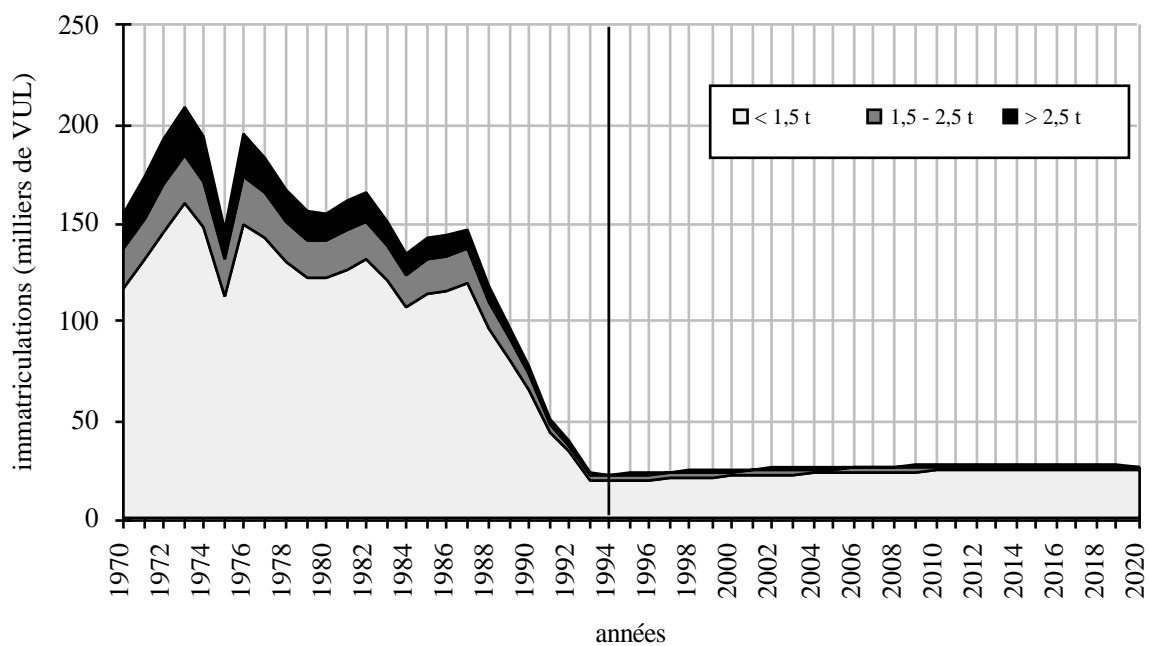


Figure 119 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en effectifs) pour les véhicules utilitaires légers diesel immatriculés neufs en France : scénario haut (S1).



*Figure 120 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en effectifs) pour les véhicules utilitaires légers à essence immatriculés neufs en France : scénario haut (S1).*

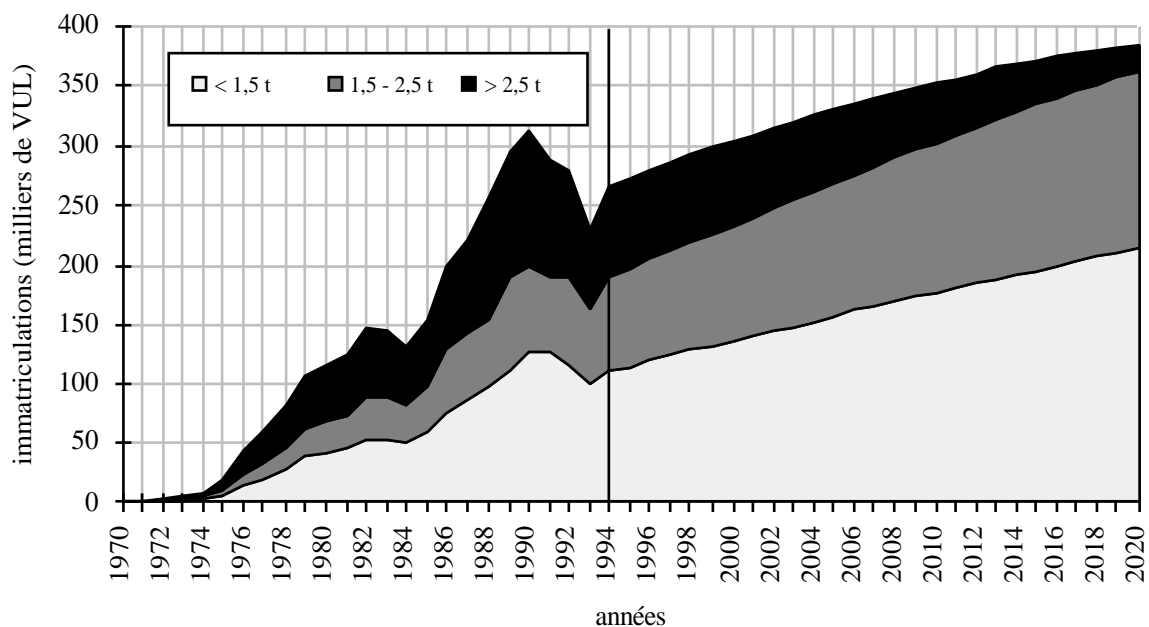
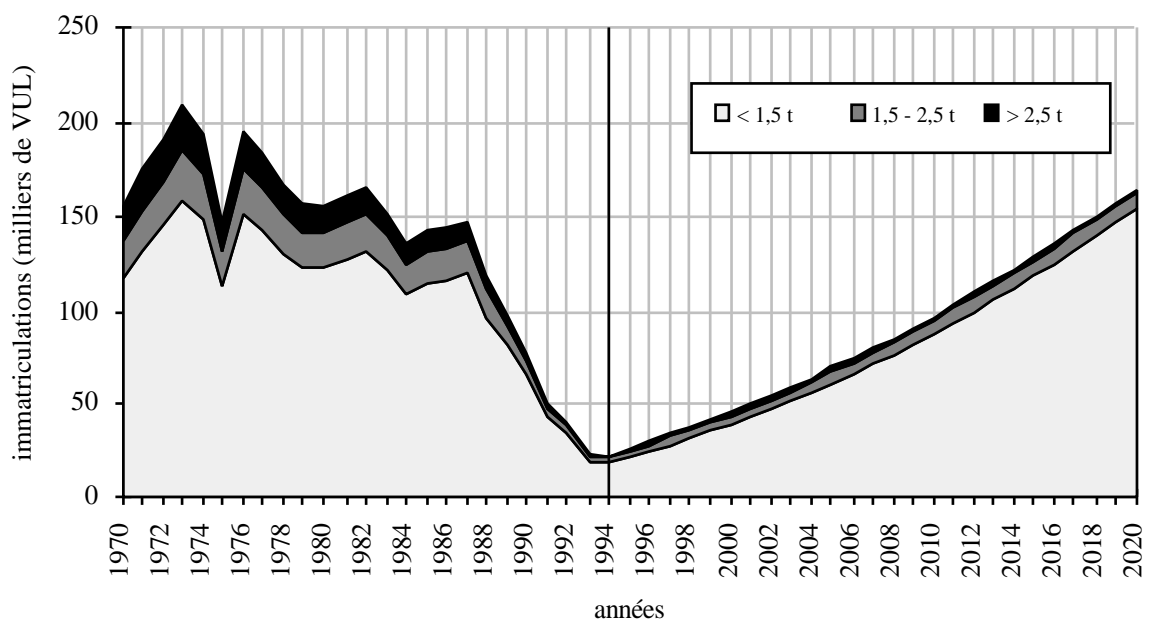


Figure 121 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en effectifs) pour les véhicules utilitaires légers diesel immatriculés neufs en France : scénario bas (S2).



*Figure 122 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en effectifs) pour les véhicules utilitaires légers à essence immatriculés neufs en France : scénario bas (S2).*

Comme précédemment pour les véhicules particuliers, nous avons calculé à partir de ces effectifs pour les deux scénarii les six pentes de variation (linéaire) (deux carburants et trois classes de PTAC) entre les immatriculations de 1994 et celles de 2020 (tab. 4). Ces pentes sont appliquées aux immatriculations annuelles de chaque modèle de véhicule à partir de 1994 selon son carburant et la classe de PTAC à laquelle il appartient. Cela nous permet de prévoir en détail les immatriculations annuelles de véhicules utilitaires légers pour chaque modèle de 1995 à 2020. Nous n'avons pas eu accès aux seules immatriculations d'utilitaires légers pour 1995 et 1996 mais uniquement aux immatriculations globales de camions et camionnettes, c'est à dire VUL et camions confondus. Il ne nous est par conséquent pas possible de juger la cohérence de nos estimations concernant l'avenir proche des utilitaires légers.

carburant	PTAC	scénario 1	scénario 2
essence	< 1,5 t	0,012	0,264
	1,5 - 2,5 t	-0,015	0,102
	> 2,5 t	-0,029	0,015
diesel	< 1,5 t	0,062	0,036
	1,5 - 2,5 t	0,060	0,034
	> 2,5 t	-0,024	-0,028

Tableau 4 : Estimation des pentes de variation des immatriculations françaises de véhicules utilitaires légers en fonction de leur carburant et de leur PTAC pour les années 1995 à 2020.

### I.5.3. Les immatriculations futures de poids lourds

Pour terminer avec les perspectives d'immatriculations futures, nous avons établi des scénarii de variation pour les trois catégories de poids lourds : camions, tracteurs routiers et bus (cars inclus). Étant donné que tous ces véhicules ne sont équipés que de moteurs diesel pour des raisons précédemment invoquées (cf. § 2P.I.3.2.5.), nous n'avons pas eu à calculer de taux de diésélisation pour l'avenir. Nous sommes partis du principe que la technologie des moteurs à essence telle qu'elle est conçue à l'heure actuelle ou dans un futur proche ne permettait pas d'envisager une adaptation quelconque aux poids lourds. Pour chaque type de véhicule, un seul scénario a été simulé à partir des immatriculations passées et de leur tendances d'évolution avant 1994 puisque, contrairement aux véhicules particuliers et utilitaires légers, nous n'avons pas tenu compte de la diésélisation qui devrait d'après nous continuer à concerner 100% des immatriculations de poids lourds.

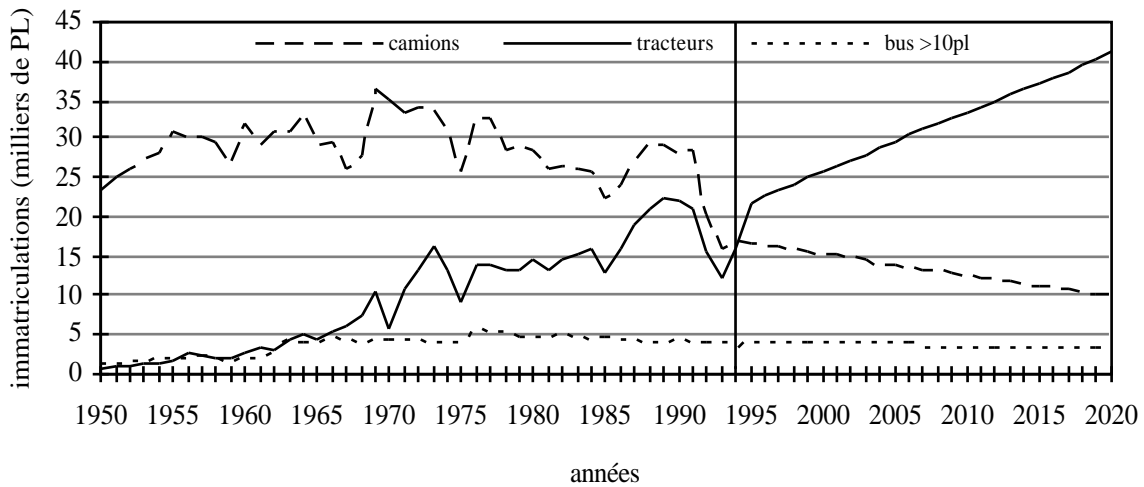


Figure 123 : Évolution à long terme des effectifs de poids lourds par catégorie de véhicule immatriculé neuf en France.

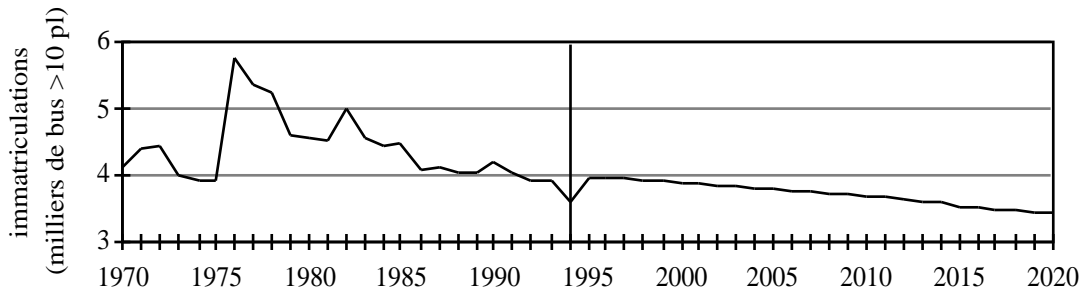


Figure 124 : Évolution à long terme des effectifs de bus de plus de 10 places immatriculés neuf en France.

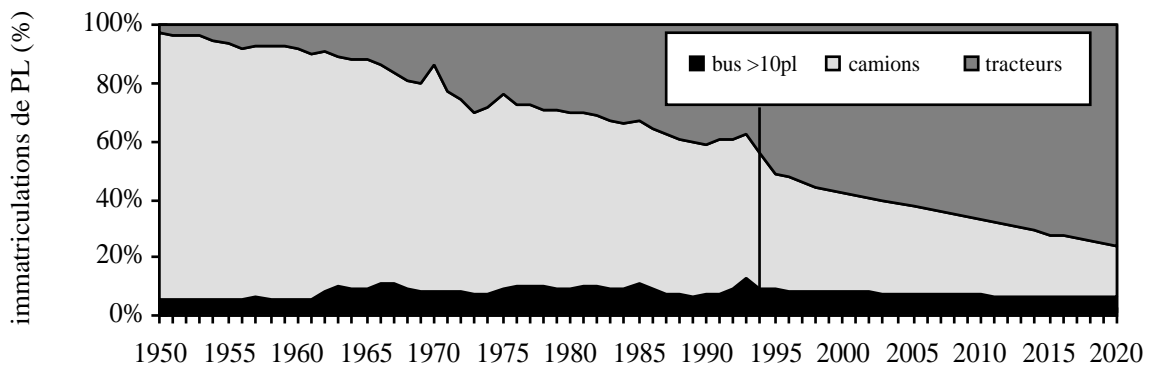


Figure 125 : Évolution à long terme de la répartition (par type de véhicules) des poids lourds immatriculés neufs en France.



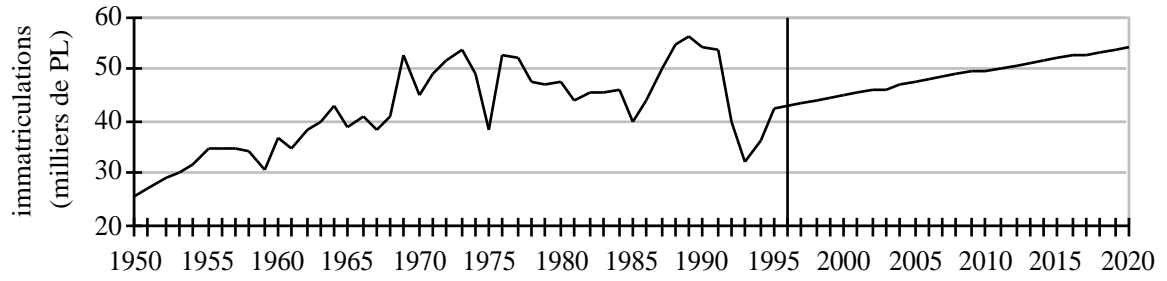


Figure 126 : Évolution à long terme des poids lourds immatriculés neufs en France.

En ce qui concerne les camions, nous avons imaginé que leur diminution progressive au profit des tracteurs routiers allait continuer dans le futur, compte tenu de l'essor que promet de connaître le transport routier en France (et en Europe en général) et donc des distances parcourues et tonnages convoyés qui ne vont pas manquer d'augmenter en conséquence. Nous avons donc simulé une décroissance en accord avec celle amorcée en 1969 (fig. 123) mais plus faible, limitant à 10 000 le nombre de ces véhicules immatriculés en 2020, la pente étant alors de -1,6% par an (tab. 5) à partir de 1994. Nous n'avons pas eu accès aux immatriculations des seuls camions pour 1995 et 1996 mais seulement à l'ensemble camions et camionnettes, incorporant ainsi les véhicules utilitaires légers. Il ne nous a donc pas été possible d'apprécier la pertinence de nos évaluations concernant les camions. Par contre, si l'on considère l'ensemble de la catégorie, nous avons prévus 316 et 325 milliers de camions et utilitaires légers immatriculés respectivement en 1995 et 1996. Les chiffres sont en fait de 332 et 351, ce qui tendrait à prouver que nos estimations sont un peu faibles, sans pour autant pouvoir dire sur quels véhicules se porte la différence.

Le phénomène est inversé pour les tracteurs routiers : non seulement on peut penser qu'ils vont continuer à croître comme par le passé, mais on peut même imaginer que leur développement va aller en s'accroissant si la route continue à être aussi sollicitée pour le transport de marchandises. Nous avons donc repris pour la période 1995-2020 la plus forte pente qu'ils aient connus avant 1994. C'est au cours de la période allant de 1965 à 1989 que leur croissance fut la plus forte (754 véhicules immatriculés en plus par an en moyenne). Si l'on rapporte cet effectif aux immatriculations totales de tracteurs routiers de 1994 à laquelle nous allons l'appliquer, cela correspond à une pente de +4,7% (tab. 5) par an. Rapportées aux informations très récentes concernant le marché de ces véhicules, il semblerait que cette croissance soit encore sous-estimée : ce sont en effet 21 743 puis 22 872 tracteurs routiers qui furent immatriculés en 1995 et 1996, alors que nous n'en avons prévus que respectivement 16 900 et 17 600. Cependant, comme nous l'avons évoqué pour les véhicules particuliers, deux années ne suffisent pas pour juger de la pertinence de nos estimations, celles-ci représentant une moyenne entre 1995 et 2020.

Enfin le cas des bus fut un peu plus délicat à traiter. Nous savons que tous les bus de moins de 10 places immatriculés après 1986 ne sont plus comptabilisés avec les autocars et autobus mais avec les breaks, qui font partie des véhicules particuliers (cf. § 2P.I.3.2.3.). Il est donc difficile d'établir une quelconque tendance de variation passée puisque les effectifs de bus ont violemment chutés en 1987 suite à ce changement de classification. Si l'on ne considère que la partie 1987-1994, on s'aperçoit que la croissance des immatriculations des seuls "gros" bus s'est affaiblie (fig. 124), jusqu'à devenir pratiquement négligeable par rapport à la période 1950-1986 (immatriculations stabilisées à environ 4 000 véhicules). Ce sont donc apparemment les petits véhicules qui ont influencé l'évolution des immatriculations avant 1987. Compte tenu des efforts qui semblent vouloir être entrepris (ou poursuivis pour certaines communes) en faveur des transports en commun en France, nous avons imaginé que ces bus et cars diminuaient moins rapidement que par le passé, de façon à atteindre 3 500 unités immatriculés en 2020, ce qui représente une décroissance annuelle de -0,6% par rapport à 1994.

camions	-0,016
tracteurs routiers	0,047
bus et cars	-0,0062

*Tableau 5 : Estimation des pentes de variation des immatriculations françaises de poids lourds en fonction de leur catégorie.*

L'évaluation des évolutions respectives des trois catégories de poids lourds nous permet de mettre en évidence l'évolution de la répartition des immatriculations de poids lourds en fonction de ces types de véhicules, où l'on se rend bien compte de la part prise par les tracteurs routiers aux dépens des camions, les bus restant assez stables (fig. 125), puis du total des effectifs globaux (fig. 126) d'ici 2020. La croissance du total des poids lourds est principalement influencée par celle, importante, des tracteurs routiers, qui ne suffit tout de même pas à leur permettre de retrouver en 2020 des immatriculations aussi élevées que dans le passé (maximum en 1988 avec 56 000 poids lourds).



## II. La réglementation européenne

Les préoccupations vis à vis de la dégradation de la qualité de l'air ont poussé les autorités américaines puis, plus tardivement les instances Européennes (Degobert, 1992), à adopter une réglementation stricte quant aux émissions de polluants par les gaz d'échappement des véhicules automobiles. La croissance incessante du parc mondial de véhicules routiers (fig. 127) et l'amélioration des connaissances concernant les effets de la pollution atmosphérique sur les être vivants et l'environnement (Chiron, 1996) justifient la sévèrisation progressive de cette normalisation.

A chaque nouvelle étape, les véhicules immatriculés neufs (nouveaux types en premier lieu) doivent répondre à des normes plus strictes d'émissions en fonction de leur taille et du type de carburant qu'ils consomment. L'application à tous les véhicules neufs est en général différé de quelques mois à un an par rapport aux modèles nouvellement commercialisés.

Le respect de ces normes peut entraîner la mise au point de technologies nouvelles telles que le pot catalytique qui équipe les véhicules particuliers et utilitaires légers à essence depuis le mois de juillet 1992 et les diesel depuis le 1er janvier 1997 en Europe communautaire.

### II.1. Mise au point des normes

Les valeurs limites à ne pas dépasser sont mesurées selon un protocole expérimental précis qui servira pour l'homologation des véhicules et la conformité en production. Les véhicules particuliers (les moteurs pour les poids lourds) sont testés en laboratoire en suivant des conditions de conduite (respectivement de pilotage) qui se veulent représentatives de leur utilisation dans différentes circonstances de circulation réelle. Les gaz sont prélevés à la sortie du moteur ou de l'échappement. La succession des phases d'accélération, décélération, ralenti ou à vitesse constante qui sont imposées au moteur ou au véhicule entier lors de ces tests sont transcrites sous formes de courbes vitesse/temps. Ce sont ces dernières que nous appelons **cycles** de conduite.

### II.2. Les polluants concernés

Ce sont quatre polluants gazeux auxquels s'ajoutent les particules qui sont visés par les instances, compte tenu de la place importante que tient l'automobile dans leurs émissions totales et de leurs effets nocifs sur la santé et l'environnement (Chiron, 1996). Le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures totaux (HC), le monoxyde (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) rassemblés

sous le terme générique d'oxydes d'azote (NOx) sont les gaz en question. Ils ne sont pas tous pris en compte dès la première norme (fig. 128). Les particules sont réglementées assez tardivement (1989) et ne concernent que les véhicules diesel.

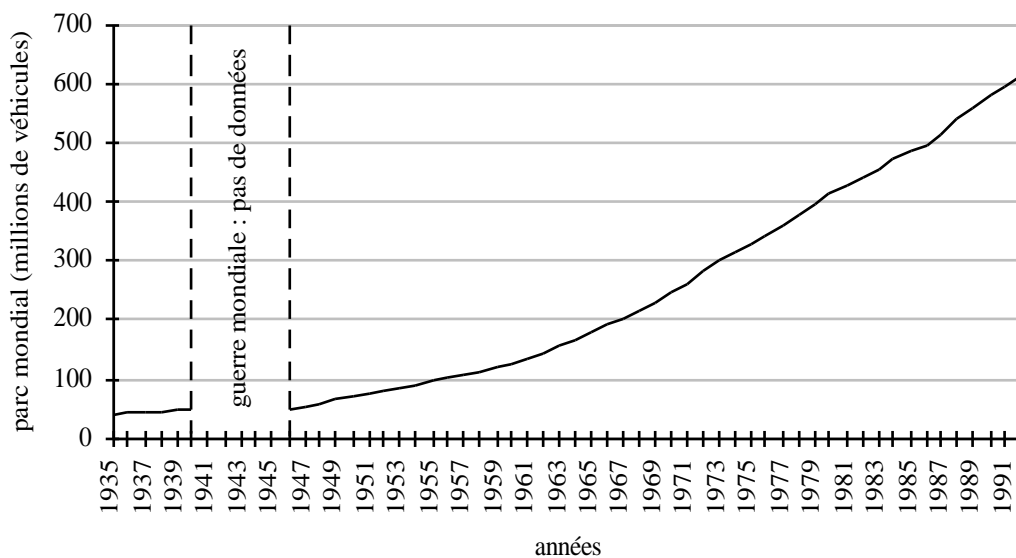


Figure 127 : Parc automobile mondial (d'après Walsh, 1997).

Chapitre 2 : La réglementation européenne sur les émissions

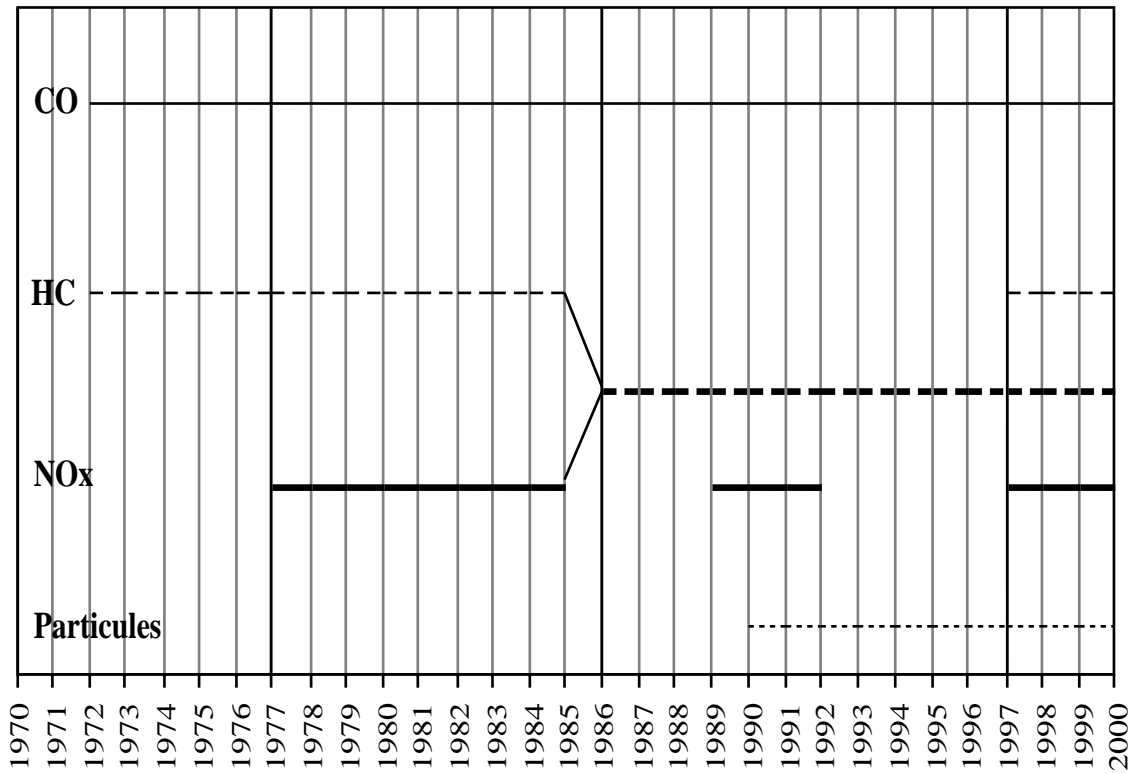


Figure 128 : Apparition successive des polluants dans la réglementation Européenne (date d'application pour tous les véhicules neufs).

## **II.3. Normes d'émissions pour les véhicules particuliers (VP)**

### **II.3.1. Description des normes pour les VP**

On trouvera en annexe II un tableau récapitulatif de la réglementation applicable aux véhicules particuliers immatriculés neufs dans la communauté Européenne depuis 1971. Pour chaque directive, deux valeurs limites distinctes doivent être respectées : la première par le véhicule candidat à l'homologation, l'autre, un peu plus tolérante, par les véhicules réellement produits une fois que l'homologation est accordée (jusqu'à la réglementation applicable en 1997). En plus du numéro de directive qui est la référence Européenne officielle, certaines normes sont dénommées par un nombre à 4 chiffres commençant par 15 et dont les deux derniers chiffres changent à chaque étape. Cependant, cette numérotation n'est pas toujours très suivie, notamment en ce qui concerne les dernières directives. Pour clarifier la présentation des résultats de parc, nous leur avons attribué des numéros allant de 1500 (première norme) à 1510 (norme en projet pour 2005).

Deux étapes sont marquées par des modifications importantes dans la chronologie de cette réglementation Européenne : en 1989 tout d'abord, la cylindrée remplace le poids pour la classification des véhicules (directive n° 88/76) et des limites d'émissions de particules sont pour la première fois instaurées (pour les diesel, qui font l'objet d'une norme spécifique avec la directive n° 88/436). En 1992 ensuite, le cycle de conduite est allongé (ajout de 7 km extra-urbains) et les limites sont exprimées en grammes par kilomètre au lieu des précédents grammes par test. Enfin une modification supplémentaire est prévue pour l'an 2000 : les actuelles 40 secondes d'échauffement du moteur seront incorporées aux mesures d'émissions.

La première directive date de 1970 et entre en vigueur dès septembre 1971 (n° 70/220, standard ECE15 initial - Van Ruymbeke et coll., 1992). Comme les trois suivantes, elle ne concerne que les véhicules à essence. Les diesel sont pris en compte pour la première fois à partir de la directive entrant en vigueur en octobre 1984 (n° 83/351, standard ECE1504). Ils ne seront séparés des essence qu'en 1989 (standard diesel, directive n° 88/436) pour les seules particules.

Ces cinq premières normes sont appliquées aux véhicules en fonction de leur masse dite masse de référence (suivant 9 classes, de moins de 750 kg à plus de 2150 kg) ; elle correspond à la masse du véhicule, à vide et en état de marche (appelé abusivement poids) à laquelle sont ajoutés 100 kilogrammes représentant le conducteur et une partie du carburant (J. O. 1990).

Pour l'étape suivante, c'est la cylindrée qui servira de référence. La directive d'octobre 1989 (n° 88/76) est ainsi réservée aux véhicules particuliers à essence de plus de 2 litres. Par la suite, les véhicules ne seront plus distingués ni par le poids ni par la cylindrée.

La dernière norme entrée en application date de 1994 (directive 94/12). Elle doit être respectée par les nouveaux modèles de véhicules (catégorie M de moins de 6 places et 2,5t - tab. 6) depuis le 1er janvier 1996 et par tous les véhicules neufs à partir du 1er janvier 1997.



Chapitre 2 : La réglementation européenne sur les émissions

---

---

---

(en g/km)	CO	HC + NO <sub>x</sub>	particules
essence	2,2	0,5	-
diesel	1,0	0,7	0,08
diesel (injection directe)	1,0	0,9	0,1

Tableau 6 : Limites d'émissions de polluants de la directive 94/12/CE s'appliquant aux 1/1/96 et 1/1/97 aux véhicules particuliers jusqu'au 30.09.1999.

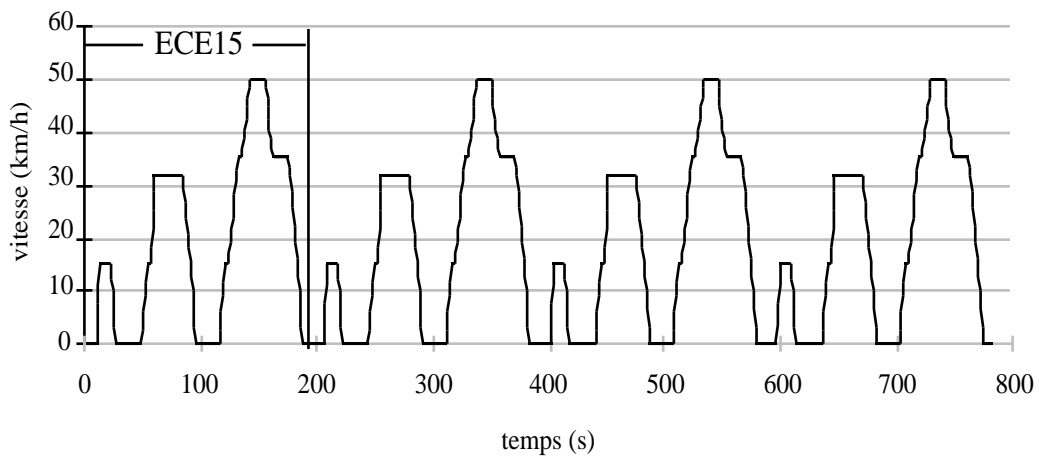


Figure 129 : Cycle ECE15.

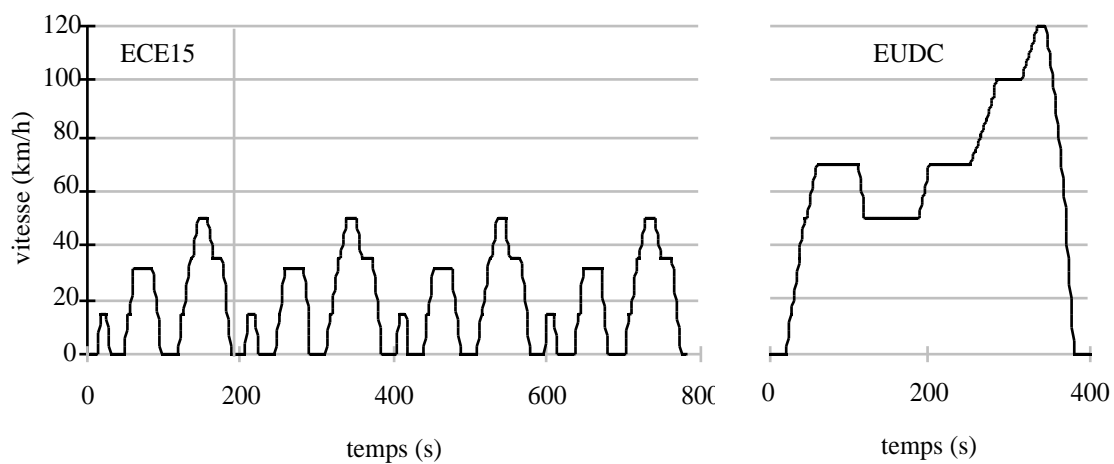


Figure 130 : Cycle ECE15 + EUDC = NEDC.

Les valeurs limites pour l'homologation et la production sont désormais les mêmes. La technique d'injection du gazole (directe dans le cylindre ou indirecte dans une préchambre située juste avant l'accès au cylindre, cf. § I.2.1.3, Bosch, 1988), qui modifie la qualité du mélange air-carburant et l'efficacité de sa combustion, est pour la première fois prise en compte ; les véhicules à injection directe ont l'opportunité de respecter des limites un peu moins strictes (tab. 6) jusqu'au 30 septembre 1999. Après cette date, ils devront s'aligner sur les véhicules à injection indirecte. Une étape ultérieure de sévèrisation entrera en vigueur en 2000 puis en 2005 (annexe II et III).

### **II.3.2. Protocole expérimental pour les VP**

La procédure relative aux sept premières directives est basée sur un cycle standardisé appelé ECE15 (ou CEE/CE type I, fig. 129). Très simplifié, il est sensé représenter la circulation urbaine.

D'une longueur unitaire de 1,013 km, il est effectué quatre fois à une vitesse moyenne de 18,7 km/h (Bosch, 1988). La durée totale du test est de 13 minutes (195 secondes par cycle) et comporte trois grandes phases d'accélération, quatre paliers à vitesse constante et quatre phases de décélération, la vitesse ne dépassant pas 50 km/h. Les valeurs limites sont exprimées en g/test. A partir de 1992 (directive n° 91/441), une partie de conduite extra-urbaine (EUDC : Extra Urban Driving Cycle) est ajoutée après les quatre répétitions du cycle ECE15. Représentative de la circulation sur route et autoroute, elle dure 6 minutes 40' (400 secondes) à une vitesse moyenne de 62,6 km/h pour une distance de 6,955 km (fig. 130). Les valeurs ne sont plus exprimées en g/test mais converties en g/km parcouru. Ce cycle ECE15 + EUDC est appelé NEDC pour New European Driving Cycle.

Les tests sont effectués sur un banc à rouleau(x) (1 ou 2 en fonction des équipements) : le véhicule est placé sur un ou deux rouleaux de façon à ce que le train dynamique (essieu avant pour une traction, essieu arrière pour une propulsion) puisse le ou les entraîner, le roulement simulant le contact avec la chaussée sans nécessiter de déplacement. La voiture est conduite (en suivant le cycle) comme elle le serait sur une voie de circulation. Les gaz sont prélevés directement à la sortie du pot d'échappement puis analysés sur place. Actuellement, le cycle ne commence réellement et les mesures ne sont entreprises que 40 secondes après le démarrage du véhicule. A partir de l'an 2000, le cycle de mesure commencera dès le démarrage du moteur.

### **II.3.3. Évolution des valeurs limites pour les VP**

Les valeurs limites concernant toutes les directives Européennes sont présentées en annexe II. On abordera principalement dans ce chapitre leurs évolutions successives. Suite aux

diverses modifications intervenues dans le protocole expérimental, un certain nombre de calculs se sont avérés nécessaires pour rendre comparables les valeurs limites d'émissions unitaires de polluants et étudier leur évolution au cours du temps.

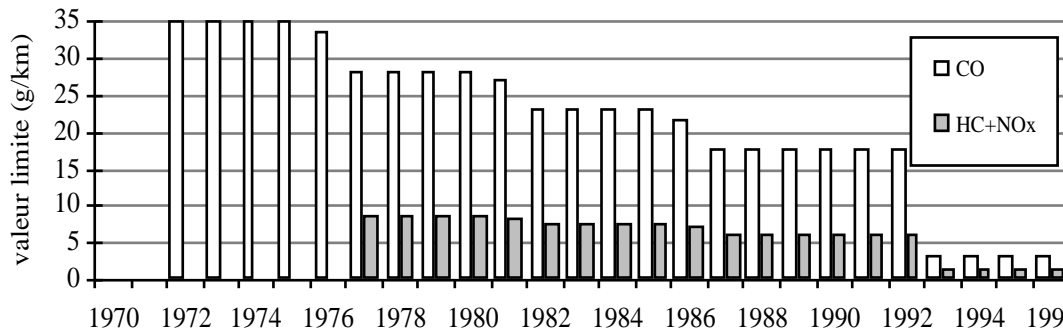


Figure 131 : Évolution des limites théoriques de CO et HC+NOx pour les véhicules particuliers neufs à essence (et diesel à partir de 1986), de masse comprise entre 850 et 1020 kg.

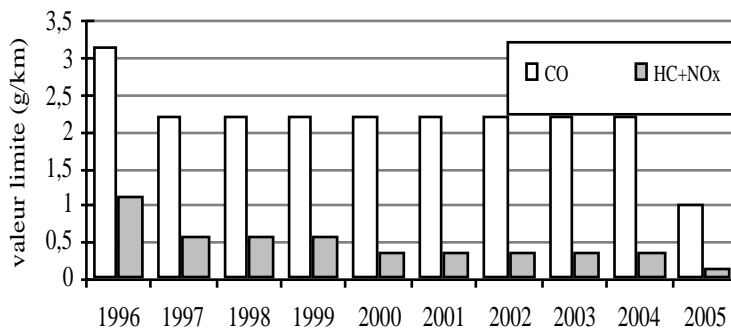


Figure 132 : Évolution des valeurs limites futures de CO et HC+NOx pour les véhicules particuliers neufs à essence immatriculés en France.

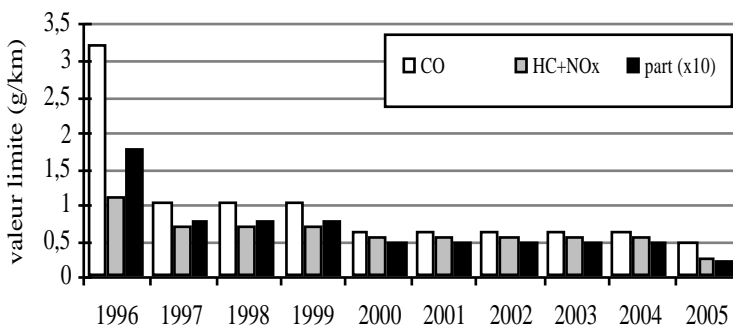


Figure 133 : Évolution des valeurs limites futures de CO, HC+NOx et particules (x10 pour être visibles) pour les véhicules particuliers neufs diesel à injection indirecte immatriculés en France.

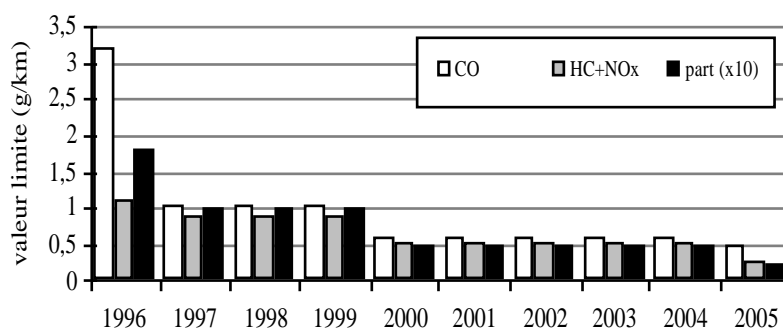


Figure 134 : Évolution des limites futures de CO, HC+NOx et particules (x10 pour être visibles) pour les véhicules particuliers neufs diesel à injection directe immatriculés en France.

### II.3.3.1. Méthode de comparaison des normes pour les VP

Tout d'abord, un changement de méthode d'analyse est intervenu en 1984 (norme ECE 1504, directive n° 83/351) pour le contrôle des teneurs en hydrocarbures. D'abord mesurées par infrarouge (NDIR), elles le sont maintenant par ionisation de flamme (FID). On estime que les valeurs FID = 2,3 NDIR (Van Ruymbeke et coll., 1992) ; nous devons donc multiplier toutes les valeurs antérieures par 2,3 pour pouvoir les comparer aux valeurs actuelles.

$$\text{Pour HC avant 1984 (1504) : } E'_{\text{HC}} = E_{\text{HC}} * 2,3 \quad (1)$$

Avec : E les anciennes valeurs limites d'émission

E' les anciennes valeurs modifiées pour être comparables aux normes postérieures

Au même moment, les oxydes d'azote (introduits séparément par la directive n° 77/102), sont associés aux hydrocarbures totaux dans les normes (annexe II). Il n'y aura plus alors qu'une seule valeur pour la somme des deux polluants.

Pour HC+NOx avant 1984 (1504) :

$$E'_{\text{HC+NOx}} = E'_{\text{HC}} + E_{\text{NOx}} = (E_{\text{HC}} * 2,3) + E_{\text{NOx}} \quad (2)$$

Ensuite, à partir de 1992 (directive 91/441, sans numéro standard), l'unité de mesure n'est plus le g/test mais le g/km. Au cours d'un test, 4,052 km sont parcourus (quatre cycles de 1,013 km). Pour convertir toutes les valeurs antérieures, il faut les diviser par la distance parcourue c'est à dire 4,052.

Pour HC+NOx avant 1984 compte tenu de (2) :

$$E''_{\text{HC+NOx}} = [(E_{\text{HC}} * 2,3) + E_{\text{NOx}}] / 4,052 \quad (3)$$

Pour HC+NOx de 1984 à 1991 :

$$E''_{\text{HC+NOx}} = E_{\text{HC+NOx}} / 4,052 \quad (4)$$

Pour CO avant 1992 :

$$E'_{\text{CO}} = E_{\text{CO}} / 4,052 \quad (5)$$

Nous avons choisi de présenter l'évolution annuelle des valeurs limites pour les véhicules neufs, c'est à dire à partir du moment où tous les véhicules y sont soumis. Aucun changement n'intervenant entre deux directives, les valeurs restent identiques pendant plusieurs années de suite.

Chapitre 2 : La réglementation européenne sur les émissions

directive	norme	attribué	essence		diesel		date (NM / VN)	
70/220	15 initial	1500	9 cl. de poids				01/09/71	01/09/72
74/290	1501	1501	9 cl. de poids				01/10/75	01/10/76
77/102	1502	1502	9 cl. de poids				01/10/77	01/10/80
78/665	1503	1503	9 cl. de poids				01/10/79	01/10/81
83/351	1504	1504	9 cl. de		poids		01/10/84	01/10/86
88/76	1505	1505		> 2L			01/10/89	01/10/89
88/436	diesel	1506			9 cl. de poids		01/10/89	01/10/90
91/441 (93/59)	new 1505	1507	tous véhicules				01/07/92	01/01/93
94/12		1508	tous véhicules		inj. ind.	inj. dir	01/01/96	01/01/97

Tableau 7 : Classification des VP concernés par la réglementation Européenne.  
 NM=nouveaux modèles ; VN = véhicules neufs ;

masse de référence	VP essence			VP diesel		
	< 1,4 l	1,4 - 2 l	> 2 l	< 1,4 l	1,4 - 2 l	> 2 l
< 750	5	0,01				
750-850	33			83		
850-1020	49	15		17	28	
1020-1250	14	69	0,05		66	30
1250-1470	0,05	15	49		5	53
1470-1700		1	40		0,4	13
1700-1930		0,03	9		0	2
1930-2150			2		0,03	1
> 2150						0,3

*Tableau 8 : Distribution des effectifs (en % du total des VP) de véhicules essence et diesel immatriculés en France en 1989 selon leur masse et leur cylindrée.*



Lorsqu'une nouvelle norme entre en vigueur, l'application intervient pratiquement toujours en cours d'année (et non au premier janvier). Ce fut le cas pour les sept premières directives (jusqu'en 1993), applicables aux véhicules neufs à partir du 1er septembre (pour la première) ou du 1er octobre (pour les six suivantes). Par contre, la dernière (94/12) entre en application le 1er janvier.

Un second calcul s'est donc avéré nécessaire ; en effet, les véhicules immatriculés pendant les neuf premiers mois doivent respecter l'ancienne norme alors que les suivants, immatriculés en octobre, novembre et décembre, sont soumis au nouveau règlement. Ayant eu accès aux immatriculations mensuelles (Argus, 1956-1996), nous avons tout d'abord cumulé pour les années concernées les chiffres des neuf premiers mois, qui constituent en général 75% des immatriculations annuelles. Pour une année où la norme change, nous avons donc calculé une valeur limite moyenne à partir des valeurs initiales et finales pondérées respectivement par 0,75 et 0,25. La valeur annuelle qui précède un changement de norme est donc intermédiaire entre l'ancienne et la nouvelle teneur puisque constituée de trois quarts de la première et d'un quart de la suivante.

Nous avons commencé par évaluer l'évolution des normes pour une catégorie centrale de véhicules (fig. 131), ceux dont la masse de référence est comprise entre 850 et 1020 kg (classe majoritaire en nombre de véhicules particuliers immatriculés) qui sont tous de cylindrée inférieure à 2 litres. En appliquant par exemple cette méthode aux valeurs limitant les rejets de monoxyde de carbone (CO) et hydrocarbures ajoutés aux oxydes d'azote (HC+NOx) de ces véhicules, nous obtenons la figure 125 pour les valeurs passées et présentes.

Pour les valeurs ultérieures à 1992, la cylindrée des véhicules n'intervient plus : les évolutions seront par conséquent identiques pour tous les véhicules particuliers, mais avec des normes différentes pour les essence et les diesel (fig. 132, 133 et 134). Nous avons volontairement porté sur le graphe les limites encore en vigueur en 1996 pour les nouveaux modèles de diesel et essence afin de pouvoir visualiser les variations entre la dernière norme, la norme actuelle et le futur.

Si l'on s'intéresse maintenant aux normes correspondant aux véhicules réellement immatriculés, il est nécessaire de pondérer les valeurs limites de polluants de chaque classe par le nombre d'immatriculations des véhicules de cette classe. Avant octobre 1989 (directives 88/76 et 88/436), cette réglementation s'applique aux véhicules selon 9 catégories de masse de référence. Après cette date, les véhicules à essence de cylindrée supérieure à 2 litres sont soumis au même régime sans distinction de classe de masse. Les véhicules à essence dont la cylindrée est inférieure à 2 litres et tous les diesel restent divisés en 9 classes suivant leur masse jusqu'en juillet 1992 pour les nouveaux modèles et janvier 1993 pour les véhicules neufs (directive 91/441, tab. 7).

Nous avons à notre disposition les masses à vide de tous les véhicules immatriculés depuis 1984 ; dans un premier temps, nous avons calculé les masses de référence correspondantes.

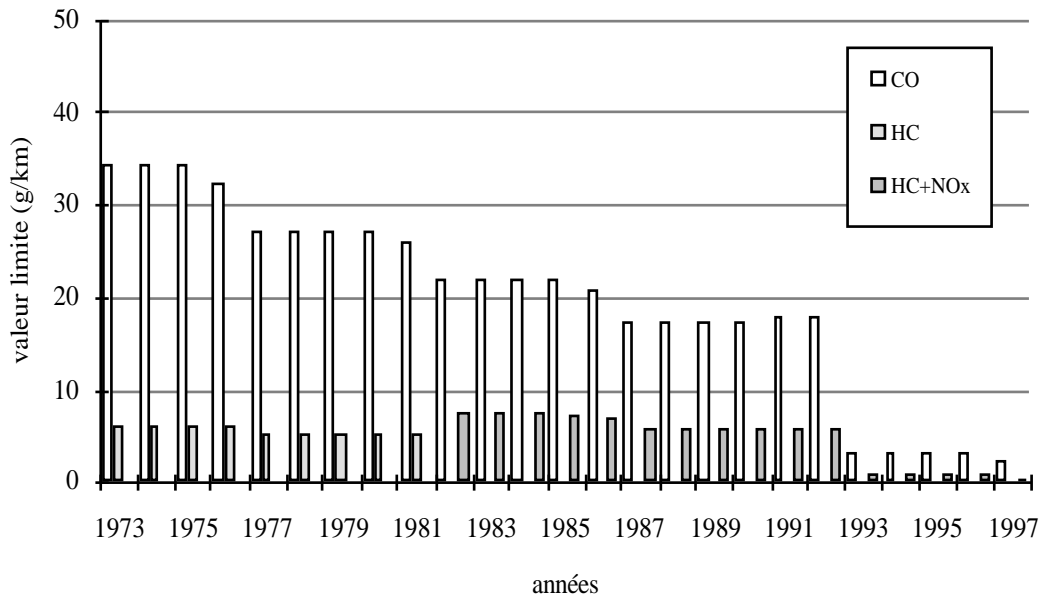
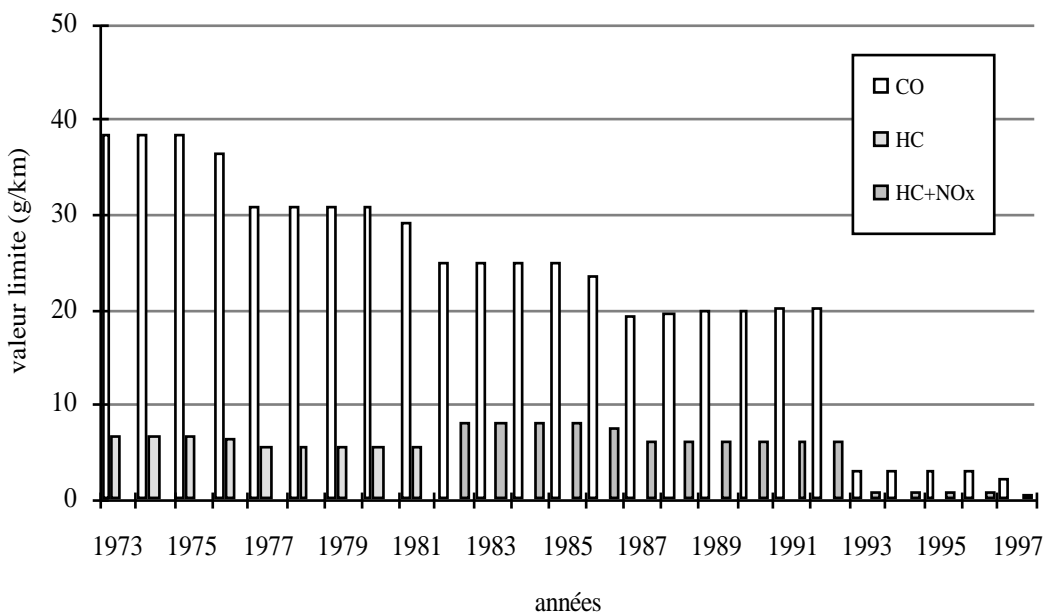


Figure 135 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO et HC+NOx pour les véhicules particuliers neufs à essence, de cylindrée inférieure à 1,4 l.



*Figure 136 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO et HC+NOx pour les véhicules particuliers neufs à essence, de cylindrée comprise entre 1,4 et 2 l.*

masses de référence = masse à vide + 100 kg

Puis, connaissant les cylindrées des mêmes véhicules, nous avons pu établir pour chaque année d'immatriculation entre 1984 et 1992 (dernière année où les masses sont encore prises en compte pour les règlements, tab. 7) une corrélation entre les trois classes de cylindrées et les neuf classes de masse de référence.

Cependant, toutes les masses ne sont pas représentées dans les mêmes proportions pour toutes les cylindrées et toutes les années : il n'existe par exemple (à notre connaissance) aucune voiture à essence de plus de 2150 kg ni de diesel de moins 750 kg (tab. 8) entre 1984 et 1992. Nous présentons ci-dessous cette répartition pour les véhicules particuliers essence et diesel immatriculés en 1989, dernière année de prise en compte des masses pour tous les véhicules (tab. 7). Pour les années antérieures à 1984, n'ayant pas à notre disposition d'informations nous permettant d'extrapoler les informations, nous avons choisis de conserver la distribution de 1984.

Afin d'évaluer l'évolution des normes moyennes pour chaque classe de cylindrée, nous avons pondéré les normes des différentes classes de masse par le poids de ces classes dans la classe de cylindrée considérée.

La distribution des masses au sein des classes de cylindrée étant parfois sensiblement différente d'une année à l'autre, il arrivera que des valeurs annuelles successives correspondant à une même norme ne soient pas tout à fait équivalentes. À partir de 1993, les normes ne tiennent plus compte d'aucun paramètre de taille : l'utilisation de la répartition des immatriculations pour pondérer les valeurs limites n'a donc plus de raison d'être après 1992.

### **II.3.3.2. Évolution des normes pour les VP à essence**

La toute première norme n'étant intervenue, pour l'ensemble de véhicules neufs à essence, qu'à partir du 1er septembre 1972, la valeur ne s'applique qu'aux véhicules immatriculés pendant les quatre derniers mois de l'année. Nous avons éliminée cette année 1972 incomplète.

Quelque soit la classe de cylindrée envisagée, les tendances d'évolutions des normes ont la même allure ; les teneurs limites sont évidemment décroissantes au cours du temps et, compte tenu de la composition type des gaz d'échappement, les valeurs qui correspondent au monoxyde de carbone sont plus élevées que celles des oxydes d'azote et hydrocarbures. En outre, plus la cylindrée est élevée, plus la tolérance vis à vis des émissions augmente, et ce pour tous les polluants. En établissant des moyennes pondérées à partir de la répartition des immatriculations en fonction des classes de cylindrée, nous avons, pour finir, calculé les évolutions de CO, HC et HC+NOx pour l'ensemble des véhicules toutes tailles confondues. Les valeurs obtenues connaissent les mêmes tendances de variation, le monoxyde de carbone étant le polluant le plus élevé.

Chapitre 2 : La réglementation européenne sur les émissions

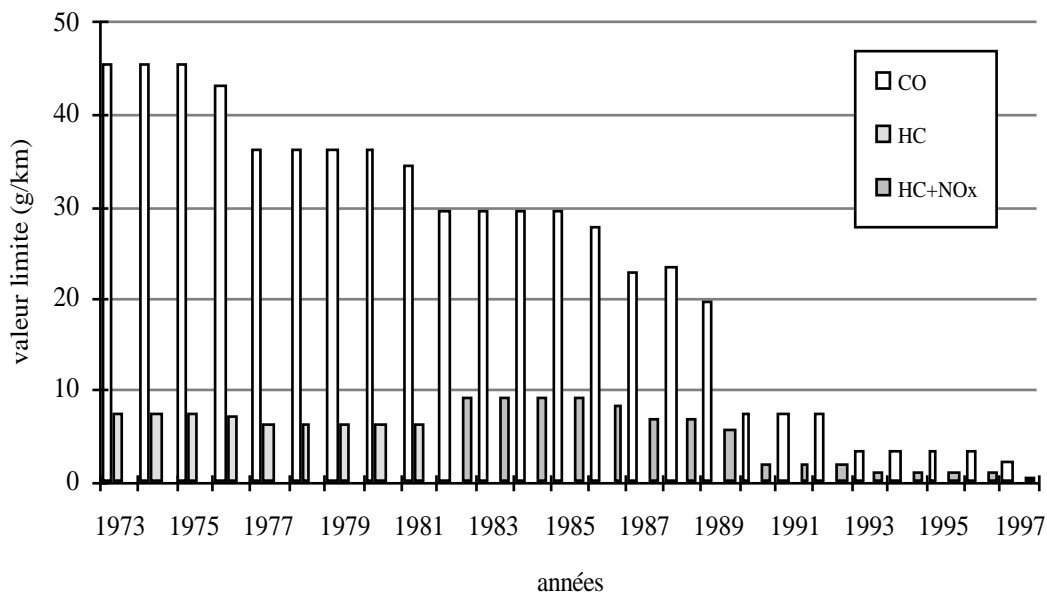


Figure 137 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO et HC+NOx pour les véhicules particuliers neufs à essence, de cylindrée supérieure à 2 l.

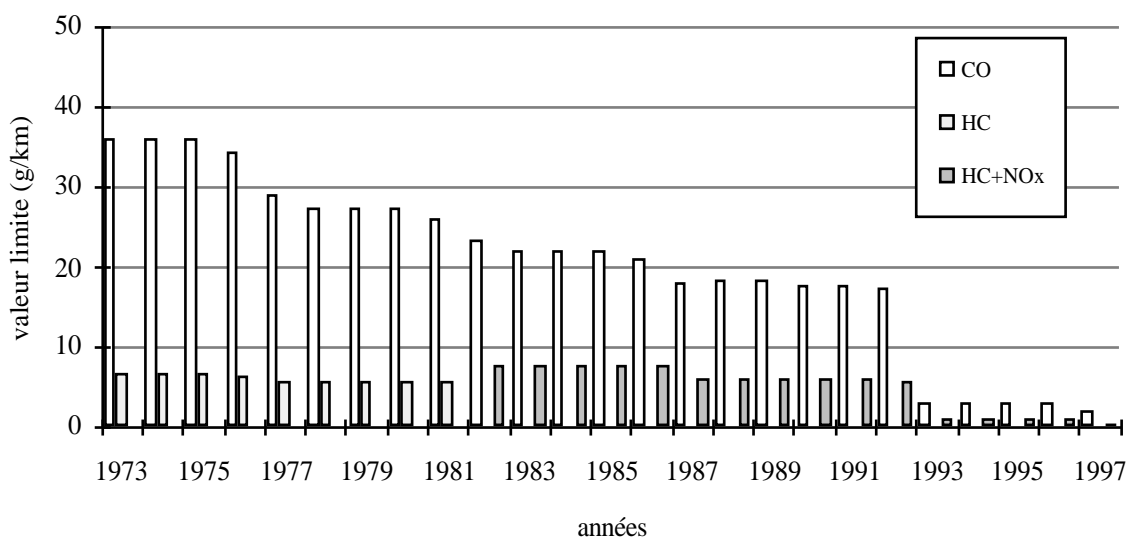


Figure 138 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO et HC+NOx pour l'ensemble des véhicules particuliers neufs à essence, toutes cylindrées confondues.



Pour les véhicules de moins de 2 l (fig. 135 et 136), on note une rupture très forte en 1993. Suite à la prise de conscience collective des problèmes subis par l'environnement liés à la pollution atmosphérique, la sévèrisation des limites d'émissions de polluants par les véhicules particuliers fut spectaculaire comparée aux étapes précédentes. C'est à cette occasion que les véhicules furent équipés d'un pot catalytique 3 voies, sans lequel ils ne pouvaient pas respecter les normes. Cette rupture est moins remarquable pour les véhicules particuliers de plus de 2 litres dans la mesure où elle fut amorcée en 1990 : en effet, les valeurs limites de la directive 88/76 leur imposaient d'être catalysés dès octobre 1989 (fig. 137).

Pour l'ensemble des véhicules particuliers à essence toutes cylindrées confondues, les variations sont assez similaires aux précédentes (fig. 138), puisqu'elles ne sont qu'une moyenne des valeurs précédemment présentées

### **II.3.3.3. L'évolution des normes pour les VP diesel**

Comme pour les essence, l'allure des quatre graphiques (3 classes de cylindrée et moyenne pondérée par la répartition des immatriculations en fonction des trois classes de cylindrée) est la même, les valeurs limitant les émissions augmentant avec la cylindrée. Les véhicules particuliers diesel ne sont soumis à la réglementation Européenne que depuis la directive 83/351, c'est à dire à partir du 1er octobre 1984 pour les nouveaux modèles et du 1er octobre 1986 pour les voitures neuves (fig. 139, 140, 141). Les limites sont cependant les mêmes que pour les véhicules à essence (avec une répartition selon les masses). La norme suivante (directive 88/436) leur impose pour la première fois une limite pour les particules dont la valeur est la même pour toutes les classes de masse. Les limites pour les autres polluants restent identiques aux essence. Ce n'est qu'à partir de la directive 94/12 (1996/1997) que des normes spécifiques leurs sont imposées, plus sévères que les essence pour le monoxyde de carbone (1,06 au lieu de 3,2 g/km), plus indulgentes pour les hydrocarbures et les oxydes d'azote. Pour ces deux polluants, les limites ne sont pas les mêmes selon le type d'injection qui équipe le moteur (cf. § I.2.1.3) : 0,71 g/km pour les moteurs à injection indirecte et 0,91 pour ceux dont l'injection est directe. Pour évaluer la limite moyenne représentative des immatriculations, nous avons pris comme hypothèse, d'après des informations obtenues auprès de certains constructeurs, que seuls 10% des véhicules diesel immatriculés à l'heure actuelle sont à injection directe, d'où une valeur moyenne pondérée de 0,73 g/km.

Comme pour les essence, les variations des valeur limites moyennes pour les véhicules particuliers diesel toutes cylindrées confondues sont proches des précédentes (fig. 142).

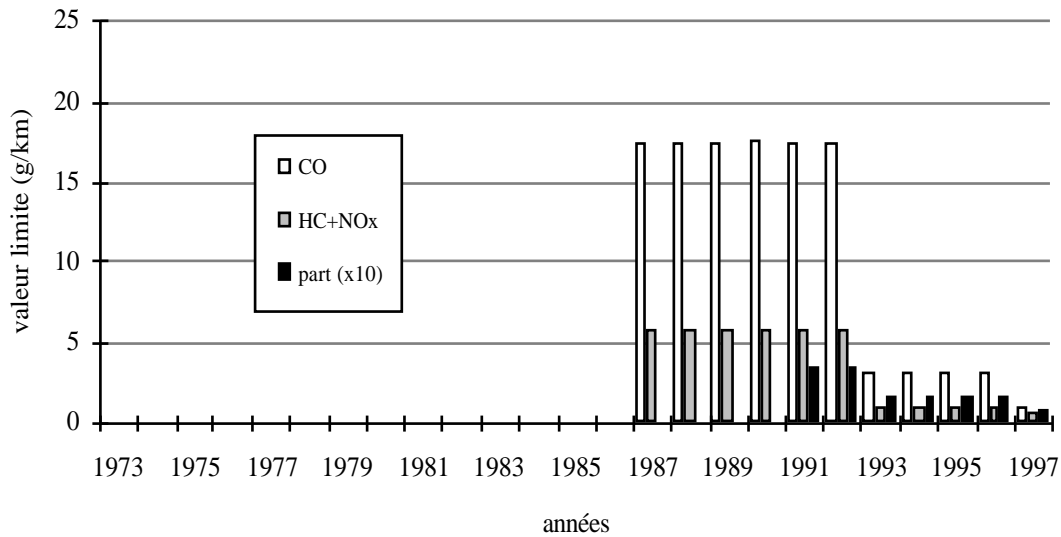


Figure 139 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO, HC+NOx et particules pour les véhicules particuliers neufs diesel, de cylindrée inférieure à 1,4l.

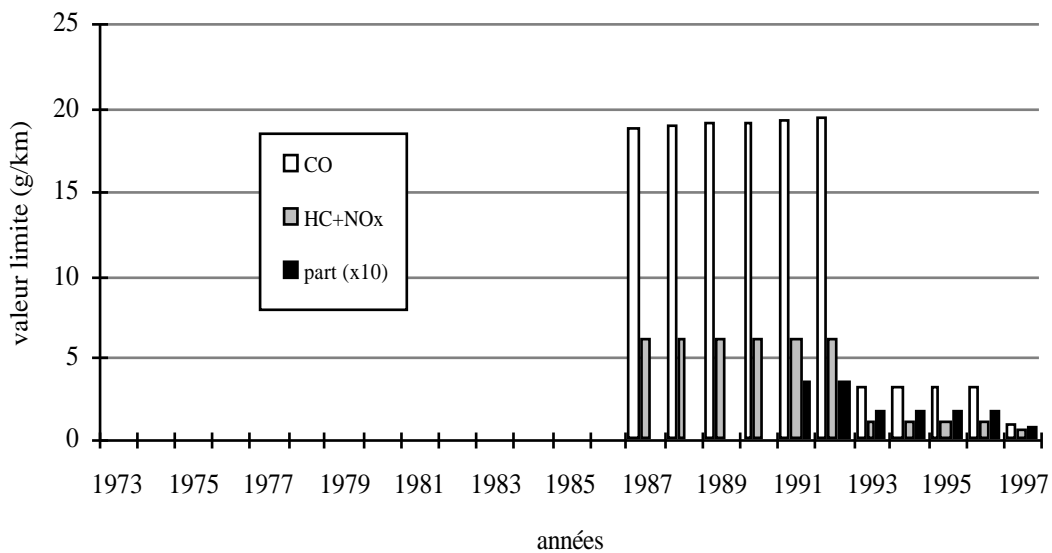


Figure 140 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO, HC+NOx et particules pour les véhicules particuliers neufs diesel, de cylindrée comprise entre 1,4 et 2 l.



*Chapitre 2 : La réglementation européenne sur les émissions*

---

---

---

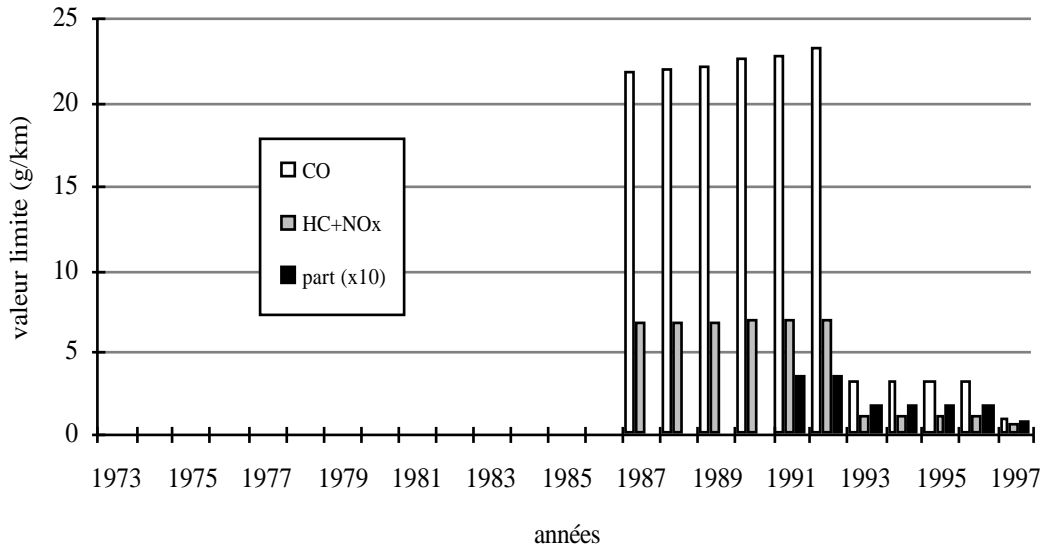


Figure 141 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO, HC+NOx et particules pour les véhicules particuliers neufs diesel, de cylindrée supérieure à 2 l.

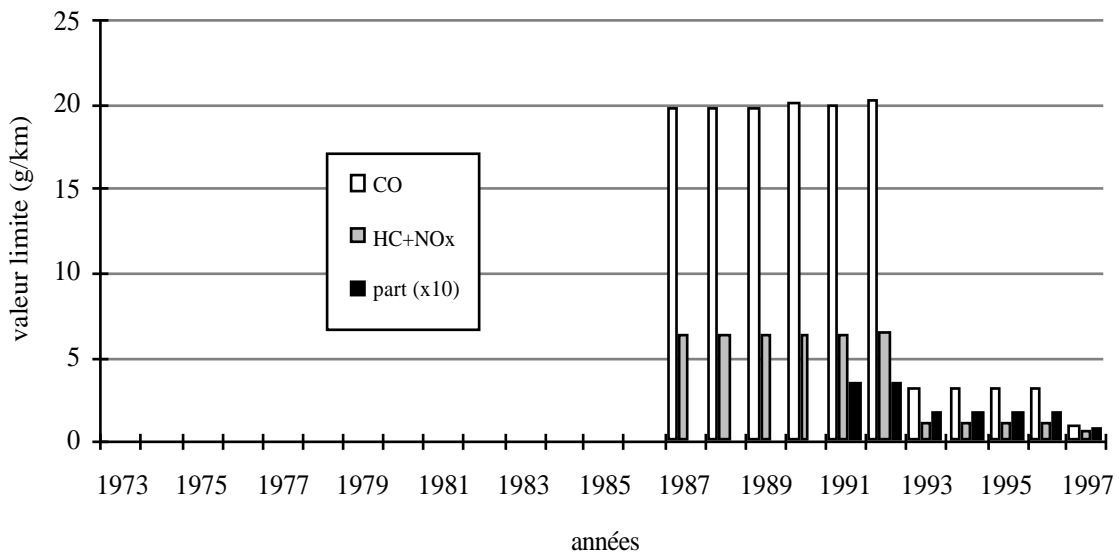


Figure 142 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO, HC+NOx et particules pour l'ensemble des véhicules particuliers neufs diesel, toutes cylindrées confondues.

Chapitre 2 : La réglementation européenne sur les émissions

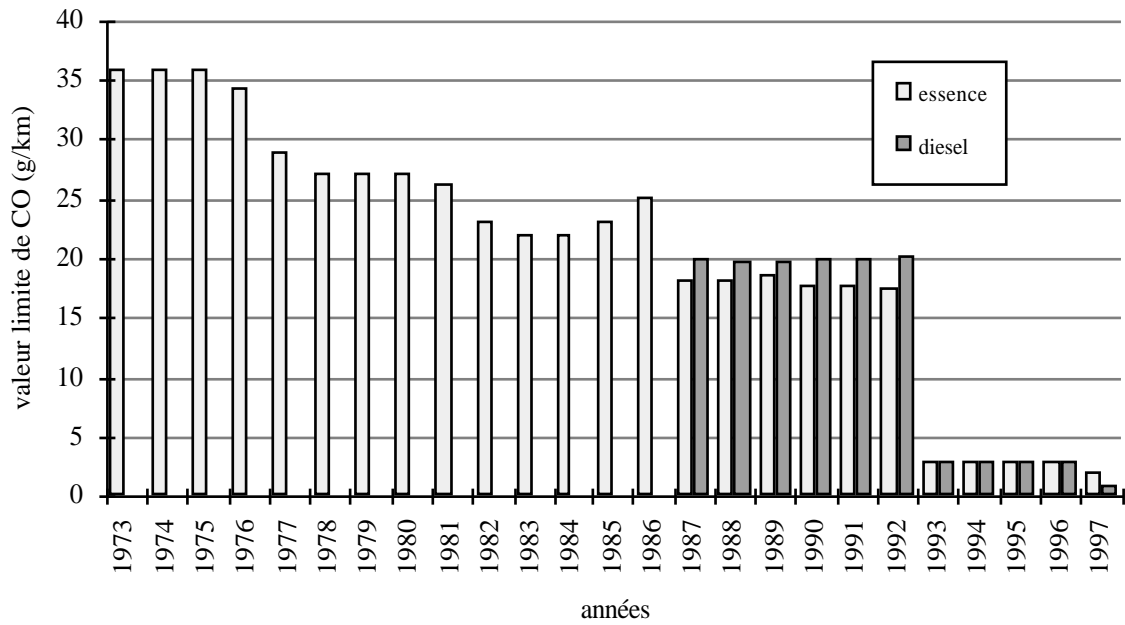


Figure 143 : Évolution comparée des limites de CO pour les véhicules particuliers essence et diesel neufs immatriculés en France

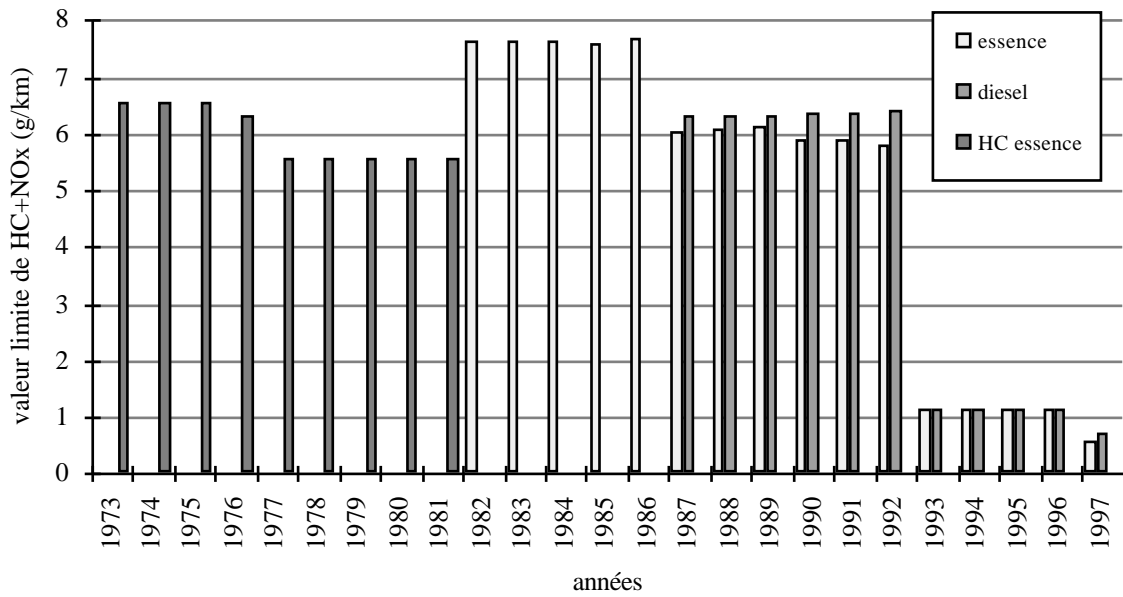


Figure 144 : Évolution comparée des limites de HC (essence seulement) et HC+NOx pour les véhicules particuliers essence et diesel (injection directe et indirecte confondues) neufs immatriculés en France

#### **II.3.3.4. Comparaison des normes pour les VP essence et diesel**

À partir des moyennes pondérées toutes cylindrées confondues pour les véhicules essence et diesel, nous pouvons comparé les évolutions polluant par polluant pour les deux carburants. Les limites d'émissions de particules ne concernant que les diesel, elles ne seront pas abordées ici. On constate que quelque soit le polluant, les premières valeurs correspondant aux diesel sont légèrement supérieures à celles des essence, influencées par la supériorité de leur cylindrée et poids moyens (fig. 143 et 144). À partir de 1993, la taille des véhicules n'intervenant plus dans les normes, les valeurs limites ne sont plus dépendantes de la répartition des immatriculations et sont constantes entre deux nouveaux règlements. De plus, entre 1993 et 1996 les normes sont les mêmes pour les essence et les diesel. Elles ne sont à nouveaux différenciées qu'à partir de 1997.

#### **II.4. Normes d'émissions des véhicules utilitaires**

Ce n'est que depuis 1994 que les véhicules utilitaires légers sont soumis à la réglementation européenne. La première directive (n°93/59) impose aux véhicules de la classe I (masse de référence inférieure à 1,25 t) les mêmes normes que la directive 91/441 des véhicules particuliers (annexe II), les obligeant par la même occasion à être équipés d'un pot catalytique (essence seuls). Cette application est décalée dans le temps par rapport aux VP, n'intervenant qu'au 1er octobre 1994 pour les nouveaux types et 1er janvier 1995 pour tous les véhicules neufs. Les classes II et III sont soumises à des restrictions plus tolérantes les dispensant de cet équipement. Puis la directive 96/69, applicable au 1er octobre 1997 pour les nouveaux types de la classe I et au 1er octobre 1998 pour les deux autres, reprend pour la classe I les valeurs de la directive 94/12 des voitures particulières et impose le catalyseur aux véhicules diesel. A partir de 2000, les normes pour la classe I sont identiques à celles des véhicules particuliers. Les classes II et III continuent à bénéficier de limites plus souples.

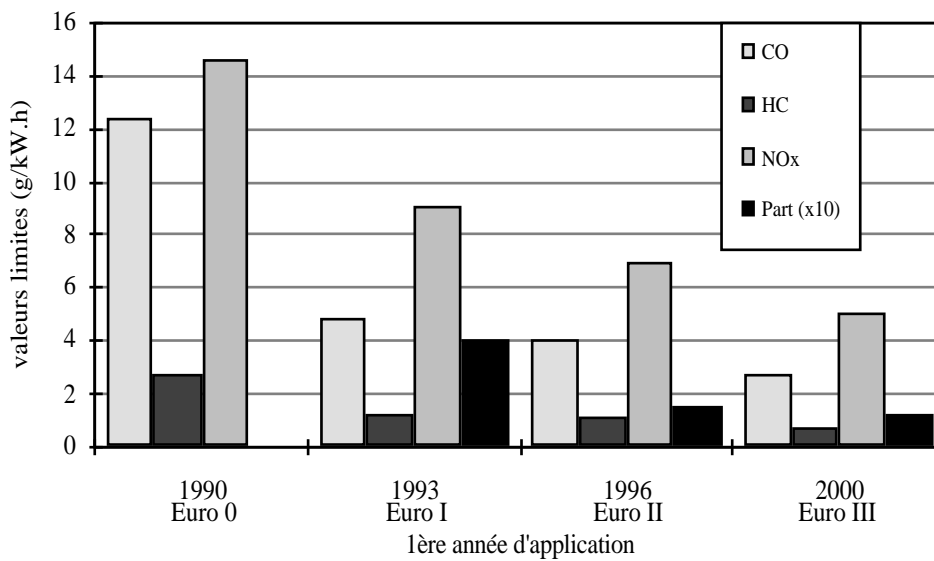
Les véhicules utilitaires légers sont assimilés aux véhicules particuliers au niveau du protocole expérimental et des valeurs limites. Nous aurions pu les étudier de la même façon que les véhicules particuliers et calculer les valeurs représentatives des véhicules immatriculés. Malheureusement, nous n'avons pas eu accès aux données concernant les masses à vide (et donc leur masse de référence), et il aurait été beaucoup trop long et fastidieux de rechercher ces informations pour chaque modèle de véhicule. Il n'en sera par conséquent pas question dans ce chapitre.

Les poids lourds (PTAC supérieur à 3,5 t) sont soumis à la réglementation Européenne depuis 1993 (annexe II). Auparavant, seule l'opacité des fumées faisait l'objet d'une normalisation

remplacée aujourd'hui par la mesure des particules (Pillot, 1991), les autres polluants n'étant soumis qu'à des recommandations.

**FIGURE 145**  
**photocopie**

*Figure 145 : Cycle de fonctionnement des moteurs de poids lourds pour la réglementation européenne et coefficients de pondération de chaque point de mesure pour la détermination de la valeur limite moyenne (d'après Pillot, 1991).*



*Figure 146 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO, HC, NOx et particules pour les poids lourds neufs.*



#### **II.4.1. Protocole expérimental pour les poids lourds (PL)**

Les tests sont effectués sur banc moteur : le moteur seul est étudié sur un arbre équipé d'un frein ; les gaz d'échappement sont collectés directement à la sortie du moteur. Le cycle utilisé est dérivé d'un cycle américain appelé "13 modes" comportant 13 points de mesure dont trois au ralenti et dix pour diverses valeurs de régime et couple moteur (fig. 145). Les résultats sont exprimés en grammes par kilowattheure (g/kW.h) (Pillot, 1991).

#### **II.4.2. Évolution des valeurs limites d'émissions pour les PL**

En 1983, une recommandation (règlement ECE 49) avait été établie à Genève, sans que son application ne revête aucun caractère d'obligation. En 1988, une seconde recommandation Européenne (directive 88/77) reprend le même protocole (détailé ci-dessous) mais les valeurs limites diminuent de 20 à 30% par rapport à la première (Pillot, 1991) Durant notre travail sur les poids lourds, nous avons appelé cette recommandation "Euro 0" et nous l'avons distinguée de la précédente de façon à mettre en évidence ce premier progrès dans la lutte anti-pollution même s'il ne constitue pas une norme à part entière. Par la suite, la première directive (91/542) scindée en deux étapes (Euro I pour 1993 et Euro II pour 1996) est établie (annexe II) immédiatement suivie par une deuxième (96/1) identique à Euro II exception faite des particules : certains moteurs (volume d'un cylindre inférieur à 0,7 litre et régime supérieur à 3000 t/min) ont un délai de deux ans pour respecter la limite de 0,15 g/kW.h mais ne doivent tout de même pas dépasser 0,25 g/kW.h pendant ces deux ans (PSA 1996).

La plus forte diminution des valeurs limites se situe en 1993 au moment de l'application d'Euro I (fig. 146) : le monoxyde de carbone est réduit de 60%, les hydrocarbures totaux de 50% et les oxydes d'azotes de 30%. La normalisation des particules est introduite à cette occasion. La différence entre Euro I et Euro II est moins importante, sauf pour les particules qui sont limitées à moins de la moitié de leur ancienne valeur (63%) La limite des hydrocarbures ne change pas. Le passage à Euro III en 2000 n'introduit pas de changement marquant pour un polluant particulier, tous étant réduit à peu près de la même façon.

Notons que ces normes s'appliquent à tous les poids lourds indépendamment de leur catégorie de poids mais que les émissions unitaires de polluants utilisées pour les calculs d'inventaires sont différentes pour 4 classes de poids.



### **III. Le vieillissement des véhicules neufs**

Si l'on compare les données d'immatriculations de véhicules neufs et les estimations de parc issues toutes deux de l'Argus de l'Automobile (Argus, 1956-1995), il apparaît que le parc automobile n'est composé chaque année que d'environ 10 % de véhicules neufs. Les 90% restant sont en fait des véhicules neufs des années précédentes. Cependant, le parc n'est pas une simple accumulation de véhicules neufs : en effet, l'arrivée de ces nouveaux éléments est compensée par le vieillissement puis la disparition de certains autres.

La connaissance de ces vieux véhicules est très importante concernant les estimations de polluants : en effet, leur dégradation due au vieillissement et au manque d'entretien, leur technologie et les normes moins strictes auxquelles ils ont été soumis au moment de leur immatriculation engendrent des surémissions non négligeables de polluants dans les gaz d'échappement.

Dans les paragraphes précédents, nous avons étudié l'évolution de la technologie et de la réglementation Européenne concernant les véhicules neufs immatriculés chaque année depuis 1970. Nous allons maintenant nous employer à évaluer le taux de véhicules encore en circulation année après année (postérieure à celle de l'immatriculation) en analysant le nombre de chacun de ces véhicules encore en circulation actuellement en France, évalué à partir d'enquêtes publiques ou professionnelles. Le nombre de véhicules immatriculés une année donnée et encore en circulation rapporté au nombre total des véhicules neufs qui furent immatriculés la même année s'appelle coefficient de survie. C'est un élément indispensable à la modélisation du parc automobile français à partir des données d'immatriculation (cf. § I. 2. 1.).

#### **III.1. Âge maximum, âge moyen**

Une fois qu'un véhicule neuf est immatriculé, il vieillit jusqu'au moment où il disparaît de la circulation pour des raisons diverses : accident, vol et/ou revente à l'étranger, mis en épave... À partir d'un certain âge (différents pour tous les types de véhicules), le nombre de véhicules encore en circulation devient négligeable ; nous le considérerons alors comme âge maximum. Il est également possible de calculer un âge moyen pour l'ensemble des véhicules du parc. Tous les véhicules du parc ne survivant pas aussi longtemps les uns que les autres, l'âge moyen est évidemment bien plus faible que l'âge maximum. Cet âge maximum est le résultat d'une extrapolation de la courbe des coefficients de survie que, la plupart du temps, nous ne connaissons pas pour les dernières années de survie des véhicules et que nous devons généralement prolonger.

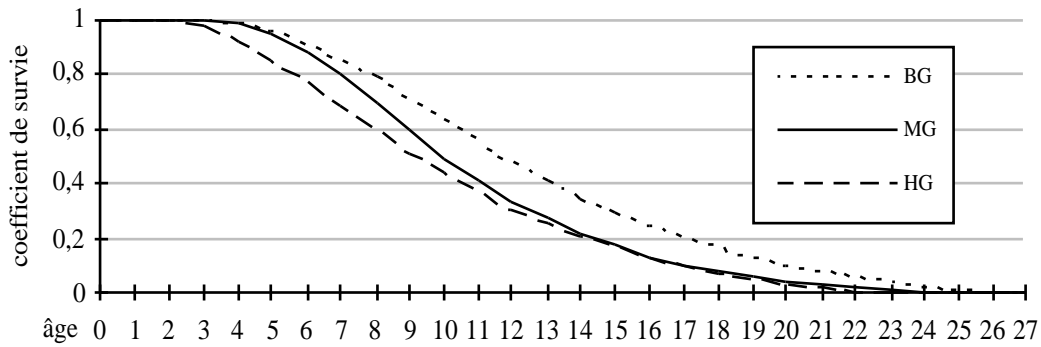


Figure 147 : Coefficient de survie des véhicules particuliers essence en fonction de leur âge et de leur gamme (d'après Gallez, 1994).

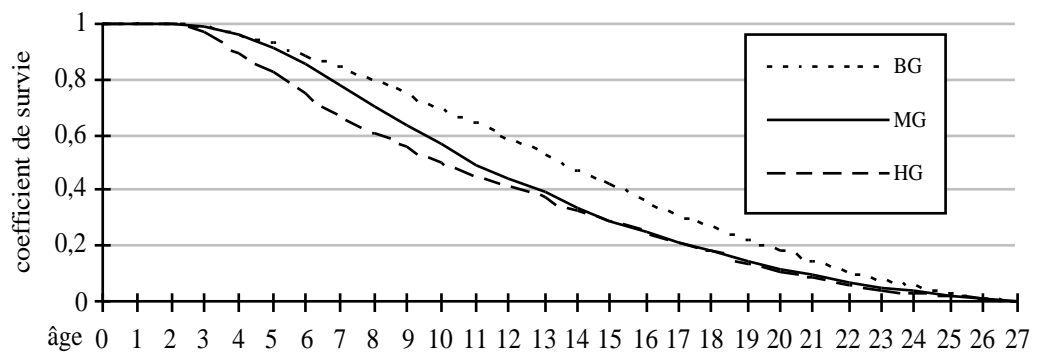


Figure 148 : Coefficient de survie des véhicules particuliers diesel en fonction de leur âge et de leur gamme (d'après Gallez, 1994).

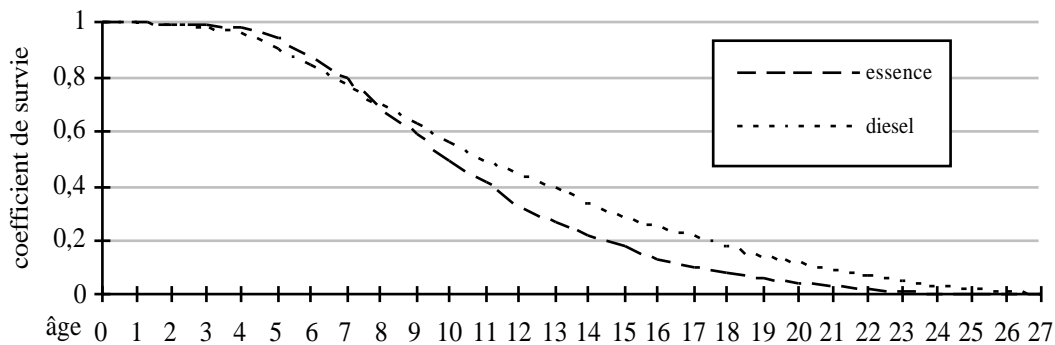


Figure 149 : Coefficients de survie des véhicules particuliers de gamme moyenne (d'après Gallez, 1994).



*Figure 150 : Écarts entre les coefficients de survie des véhicules particuliers diesel et essence en France (d'après Gallez, 1994).*

### III.2. Coefficient de survie des véhicules particuliers

L'équipement en automobile des ménages français est étudié par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (Insee) depuis 1965 grâce à une enquête sur les biens durables et les intentions d'achats. Baptisée "enquête de conjoncture" depuis 1977, elle est effectuée à partir d'un échantillon de logements sélectionnés grâce au recensement de la population française de 1982 et des logements neufs construits ultérieurement. Ce sont les ménages occupants ces logements qui sont interrogés trois fois par an. Depuis 1988, les ménages interrogés sont environ 6700 parmi les 21 millions vivants en France. Les questions relatives à l'automobile permettent de suivre assez précisément chaque véhicule depuis son achat jusqu'à sa revente ou sa destruction. Analysé sur les 20 dernières années (1972 à 1992), le renouvellement de ces véhicules particuliers a permis de calculer des taux de survie (coefficients sans unité) représentant une moyenne sur toute la période étudiée et pour six catégories de véhicules : gamme basse, moyenne et haute pour les essence et diesel (Gallez, 1994).

La définition de ces gammes est basée sur des critères de taille de carrosserie (longueur, largeur, empattement -distance entre les deux essieux- et poids) qui ne correspondent pas exactement à nos limites de cylindrée. Pour calculer les taux de survie, comme plus loin les kilométrages moyen, nous sommes amenés à établir une correspondance entre ces gammes et nos classes de cylindrée (puisque c'est le paramètre descriptif de la taille des véhicules particuliers dans notre modèle de calcul de parc). Nous avons donc assimilés les trois gammes (basse BG, moyenne MG et haute HG) à nos trois classes de cylindrée (<1,4 l ; 1,4 - 2 l ; > 2 l) par soucis de simplification. Si l'on se réfère à la correspondance plus précise établie plus loin entre la cylindrée et 6 gammes commerciales (cf. § 2P.IV.2.2.), on constate que l'hypothèse simplificatrice faite ici est proche de la réalité. Nous avons conservé la dénomination des gammes pour la présentation des données originelles (fig. 147 et 148).

D'après les courbes présentées ci-dessus, il est intéressant de noter que, pour les essence comme pour les diesel, les véhicules de bas de gamme ont un taux de survie supérieur à ceux des autres ; les véhicules moyens survivent plus longtemps que les haut de gamme jusqu'à 15 ans, les taux étant très comparables au delà. On notera également que l'âge maximum varie (22 à 26 ans) en fonction de la gamme considérée et du carburant : en effet, pour chacune des trois gammes, le taux de survie des diesel est supérieur à celui des essence de même âge. De plus, la différence entre le pourcentage de véhicules diesel et véhicules essence survivants est la même pour les trois gammes (exemple de la gamme moyenne - fig. 149). Elle est négative pour les essence de moins de 8 ans (fig. 150) avec un minimum de -3,3% pour les véhicules de 5 ans ; puis la courbe s'inverse pour atteindre un maximum de +12% en faveur des diesel de 14-15 ans. A partir de cet âge, la différence s'atténue à nouveau pour disparaître au delà de 26 ans, lorsque plus aucun véhicule ne subsiste.

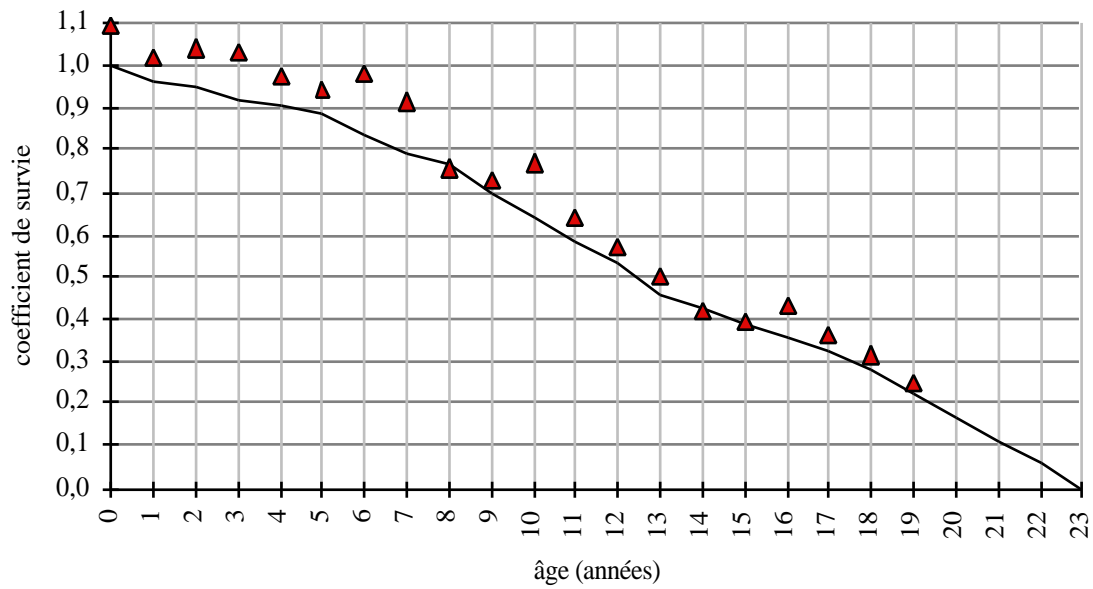


Figure 151 : Coefficients de survie des véhicules utilitaires légers en France en 1991.

### III.3. Coefficient de survie des véhicules utilitaires

Les véhicules utilitaires ne se renouvellent pas tous de la même façon. Nous avons par conséquent estimé plusieurs séries de coefficients différents, pour les véhicules utilitaires légers d'une part et pour les poids lourds d'autre part. Alors que pour les véhicules particuliers nous avons utilisé des lois de survie moyenne, représentatives du rythme moyen de vieillissement au cours d'une période de 20 ans (Gallez, 1994), nous avons travaillé ici à partir d'une seule courbe de survie par catégorie de véhicules, représentant l'état du parc en terme d'âge pour une année précise (1991 pour les utilitaires légers, 1994 pour les camions et les bus, 1995 pour les tracteurs routiers). En effet, il n'existe pas à notre connaissance de travaux concernant d'éventuelles lois de survie pour les véhicules utilitaires et il nous était impossible d'effectuer des calculs sur une longue période dans un délai raisonnable. Les courbes obtenues par le calcul étant très irrégulières, puisque représentant un cas particulier et non une moyenne, nous avons eu recours à un lissage, soit manuel, soit mathématique.

#### III.3.1. Coefficients de survie des véhicules utilitaires légers

En 1992, l'O.E.S.T. a réalisé une enquête auprès des possesseurs de véhicules utilitaires légers concernant l'usage qui en fut fait en 1991 (23 000 questionnaires envoyés, OEST/Decure, 1995). Déjà réalisée en 1982 et 1987, l'enquête couvre les flottes d'entreprises et les quelques véhicules appartenant à des particuliers. Il est ainsi possible de connaître l'état du parc en service en 1991 en terme d'année de première mise en circulation des véhicules (jusqu'en 1972). Connaissant les immatriculations de véhicules neufs pour ces mêmes années (cf. § I.3.1.1), nous pouvons en déduire par un simple rapport la part d'entre eux encore en circulation en 1991.

Cependant, la courbe obtenue par cette méthode est très irrégulière et s'arrête à 19 ans. De plus, les coefficients dépassent 1 pour les véhicules de moins de quatre ans. Ce biais est introduit par les quelques véhicules utilitaires légers possédés par les particuliers : en effet, ils sont immatriculés (pour nous) avec les véhicules particuliers mais comptabilisés par l'enquête de l'OEST avec le parc des utilitaires. Il y a donc apparemment plus de survivants que d'immatriculations. Pour que les calculs soient cohérents, nous avons dans un premier temps prolongé linéairement la courbe obtenue avec les coefficients issus de l'enquête jusqu'à ce qu'elle devienne nulle (0 est alors atteint pour 23 ans). Puis, dans un deuxième temps, nous avons ramené à 1 la première valeur (au lieu de 1,09) puis divisé toutes les autres par 1,09. En ce qui concerne l'irrégularité de la courbe, il est fort probable que cela provienne du manque d'exactitude des réponses des enquêtés. Nous l'avons corrigé en moyennant chaque valeur avec les deux précédentes et les deux suivantes :

$$Cl_A = (Cr_{(A-2)} + Cr_{(A-1)} + Cr_A + Cr_{(A+1)} + Cr_{(A+2)}) / 5$$

avec Cl : Coefficient lissé      A : Age  
Cr : Coefficient réel d'origine



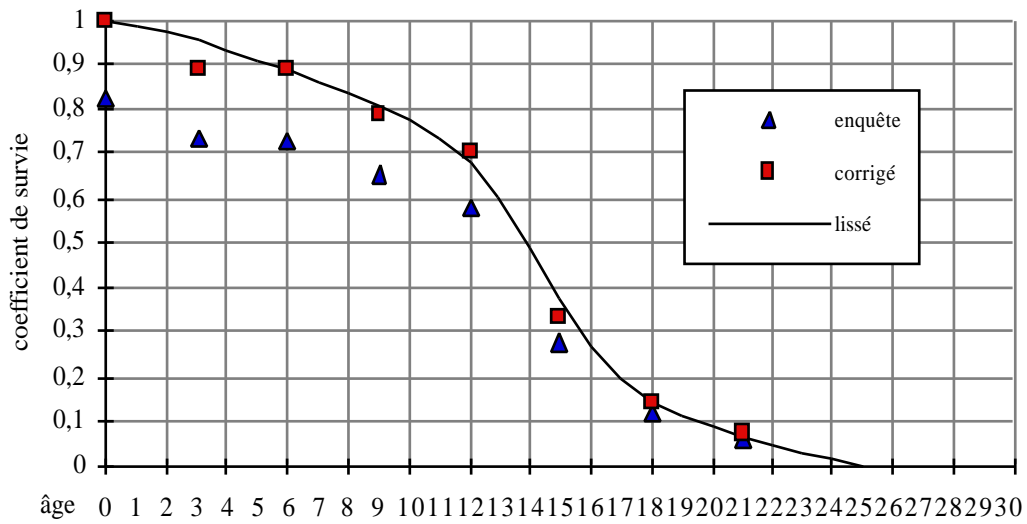


Figure 152 : Coefficients de survie des camions en France en 1994 : données issues d'enquête (OEST 1995), corrigées puis lissées.

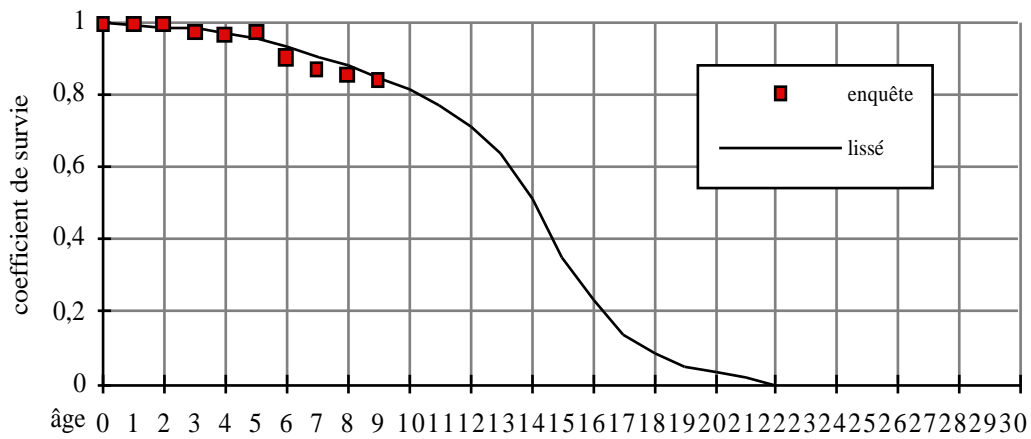


Figure 153 : Coefficients de survie des tracteurs routiers en France en 1995.

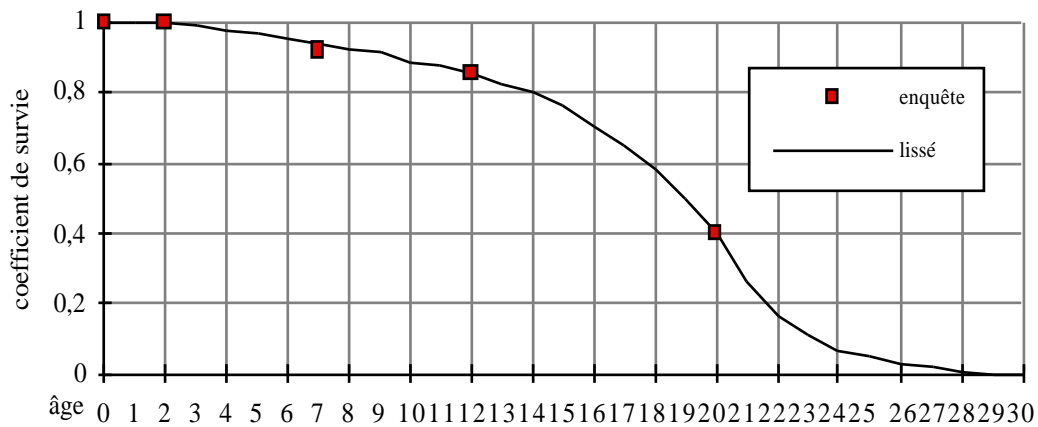


Figure 154 : Coefficients de survie des autobus et autocars en France en 1994 extrapolés au delà de 20 ans.

La courbe est ainsi lissée (fig. 151) et ce sont ces nouvelles valeurs que nous utiliserons pour les calculs de parc. La partie de la courbe comprise entre 5 et 22 ans est assez proche de la linéarité, ce qui prouve un rythme de disparition très régulier. Au delà de 22 ans, on ne trouve plus aucun véhicule en circulation.

### **III.3.2. Coefficients de survie des poids lourds (PL)**

Il existe pour les poids lourds moins de données encore que pour les véhicules particuliers et les utilitaires légers car les enquêtes dont sont issus nos chiffres ne prennent en compte qu'un nombre restreint d'années antérieures. Cependant, il n'existe à notre connaissance aucune autre source d'information concernant le vieillissement des poids lourds.

#### **III.3.2.1. Méthode d'extrapolation des coefficients de survie des PL**

Compte tenu de ce faible nombre d'année prises en compte lors des enquêtes dont nous sommes servies, nous aurons toujours recours à des extrapolations pour les véhicules les plus âgés. Pour les camions, les tracteurs routiers et les bus, les effectifs de véhicules restant en circulation sont regroupés par tranche de plusieurs années d'immatriculation (2, 3 ou 5). Pour augmenter la lisibilité des représentations graphiques, nous avons attribué les valeurs au centre de gravité de chaque tranche. Pour ensuite obtenir les valeurs annuelles, nous avons reliés (manuellement) ces points afin d'obtenir une courbe d'aspect cohérent qui passe par un maximum d'entre eux. Les valeurs annuelles sont ensuite lues directement sur le graphe pour être introduites dans le calcul.

#### **III.3.2.2. Les coefficients de survie des camions**

Chaque année, l'O.E.S.T. effectue une enquête auprès des entreprises détentrices de camions utilisés pour le transport routier de marchandises (OEST/Decure, 1995). Il peut s'agir de société de transport sous traitantes (on dit que le transport est réalisé pour le compte d'autrui) ou d'entreprises convoyant leurs propres marchandises (compte propre). En France, si les deux sont actuellement équivalents en nombre de véhicules possédés, c'est le domaine compte d'autrui qui est majoritaire en tonnage transporté et kilométrage parcouru (OEST/Decure, 1995). Le champs de l'enquête recouvre le parc des camions de plus de 3 t de charge utile et de moins de 15 ans immatriculés en France. Un certain nombre de véhicules en sont par conséquent exclus : ceux qui ne sont pas immatriculés dans les séries normales (militaires, domaines...), les engins agricoles ou à usages très spéciaux (travaux publics, incendie, bennes à ordures...), les véhicules appartenant à des

forains ou des nomades, les camions école ou atelier. Les tracteurs routiers ne sont pas non plus concernés par cette enquête.

Les véhicules (101 000 pour la dernière enquête) sont échantillonnés dans le fichier central des cartes grises et leur usage est étudié pendant une semaine de référence. Des coefficients de redressement sont appliqués aux résultats pour compenser les non-réponses (OEST/Decure, 1995).

Parmi les informations qui sont récoltées sur ces véhicules, l'année de première mise en circulation de chacun d'entre eux permet d'avoir un état du parc en terme d'âge par groupe de trois ans (exceptée le premier qui ne concerne que les deux années précédentes). Connaissant les immatriculations de véhicules neufs pour chacun des groupes d'années concernées (OEST, 1996), on en déduit un coefficient de survie par un simple rapport entre les deux pour les véhicules de 0 à 14 ans, seuls concernés par l'enquête.

Étant donné qu'un grand nombre de véhicules sont a priori exclus de l'enquête (voir plus haut), ils sont considérés comme disparus lors de nos calculs, diminuant d'autant le nombre des survivants ; les coefficients de survie sont par conséquent très faibles, notamment pour la première classe d'âge (fig. 152). Comme pour les utilitaires légers, nous avons palié cette imprécision en ramenant la première valeur à 1 (au lieu de 0,824) puis en multipliant les suivantes par 0,824. Les camions ayant dépassé 14 ans n'étant pas pris en compte par l'enquête, la seule information dont nous disposons est le nombre total de ces véhicules qui sont encore en circulation sans distinction ni limite d'âge. Nous considérerons par conséquent une décroissance en corrélation avec les dernières années, ce qui porte à 25 ans l'âge pour lequel la courbe devient nulle. À partir de ces valeurs, nous avons lissé la courbe manuellement et intégré ces nouvelles valeurs au modèle de calcul.

### **III.3.2.3. Les coefficients de survie des tracteurs routiers**

En ce qui concerne les tracteurs routiers, nous n'avons eu accès qu'au parc des véhicules de moins de 10 ans encore en circulation en 1995 par tranche d'âge ainsi qu'aux immatriculations annuelles passées de ces mêmes véhicules (Garrigues, 1996). Nous en avons déduit comme précédemment des coefficients de survie (fig. 153). Cependant, nous avons dû extrapoler la série de ces coefficients pour connaître leurs valeurs au delà de 10 ans, en prenant en compte un renouvellement assez rapide des véhicules. En effet, les entreprises de transports ne gardent généralement pas leurs tracteurs routiers très longtemps et les revendent fréquemment à l'étranger, les éliminant ainsi définitivement du parc français. En travaillant comme pour les camions par tranche de trois ans, nous avons également considéré que 3/4 des tracteurs disparaissaient pour chaque tranche d'âge. Mais n'ayant accès à aucune donnée d'effectifs pour les vieux tracteurs, c'est le coefficient de survie qui fut directement divisé par 4.

Nous ne sommes pas allés au delà de 22 ans, les valeurs devenant trop faibles pour être significatives. Contrairement aux camions, les coefficients sont proches ou égaux à 1 pour les véhicules les plus jeunes : l'usage des tracteurs routiers étant beaucoup plus classique que celui des

camions (essentiellement transport de marchandises par les entreprises), le nombre de véhicules comptabilisés comme encore en circulation est assez proche de l'effectif immatriculé.

#### **III.3.2.4. Les coefficients de survie des bus et cars**

Sur le même principe que les camions, l'OEST enquête chaque année les entreprises de transport (routier) en commun de personnes sur le volume et l'usage qui est fait de leur flotte d'autocars et d'autobus (10 869 questionnaires en 1994 ; OEST/Rouxel, 1995). Seuls les véhicules de dépassant pas 25 ans sont considérés. Connaissant également les immatriculations neuves de ces bus et cars (OEST, 1996), on calcule comme précédemment les coefficients de survie pour les deux types de véhicules confondus (fig. 154) : en effet, ne connaissant pas la nature (bus ou car) de nos immatriculations, il est sans intérêt pour nous de distinguer les deux catégories. La dernière valeur connue étant trop élevée pour correspondre à l'âge maximal (0,4 pour la classe 15-25 ans dont l'âge moyen est de 20 ans), nous avons extrapolé la courbe de façon à atteindre 0 en respectant un rythme de vieillissement raisonnable compte tenu de la faible diminution du premier tronçon de courbe.

#### **III.3.3. Comparaison des coefficients de survie de tous les véhicules**

Si l'on compare les coefficients de survie de tous les véhicules circulant en France (fig. 155), on note que ce sont les bus qui survivent le plus longtemps (29 ans) de tous, alors que les utilitaires légers sont ceux qui vieillissent le plus vite (22 ans) mais le plus régulièrement, les véhicules jeunes disparaissant au même rythme que les plus anciens. Les véhicules particuliers survivent en grande quantité dans les 3 premières années, puis diminuent assez rapidement comparées aux autres catégories de véhicules. Cependant, les informations concernant ces coefficients pour les véhicules utilitaires doivent être considérées avec une certaine prudence car nous avons dû extrapoler toutes les courbes de survie sur quelques fois près de la moitié de leur longueur, laissant une grande part à une interprétation personnelle génératrice d'imprécision.

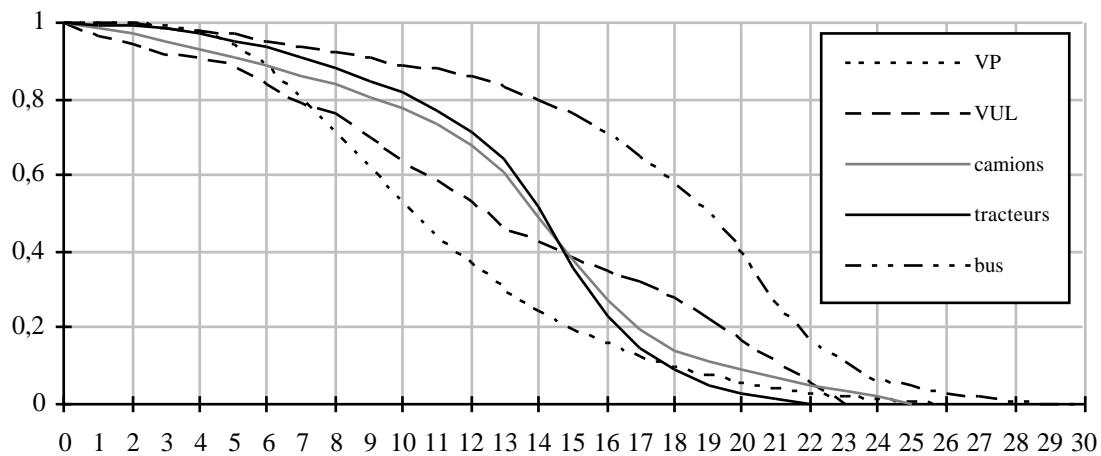


Figure 155 : Coefficients de survie des véhicules légers et lourds .

*Deuxième partie : Les données*

*Chapitre 3 : Le vieillissement des véhicules neufs*

---

---

---





Dans un premier temps, les données que nous venons de présenter nous permettront de calculer le parc statique français, c'est à dire le nombre de véhicules immatriculés en France et existant sur le territoire. Nous pouvons par la suite calculer une image du parc roulant en introduisant des coefficients d'utilisation, représentatifs de l'usage annuel qui est fait de chaque véhicule du parc statique par rapport à l'usage moyen tous véhicules confondus.

#### **IV. L'utilisation des véhicules**

En fonction de la mobilité de chacun d'entre nous, les véhicules que nous utilisons parcourent un certain nombre de kilomètres par an dans des conditions très variées de circulation, que l'on peut regrouper selon trois principaux types de réseau : ville, route et autoroute. Cet usage peut être très variable en fonction d'un grand nombre de paramètres ; les quatre que nous avons sélectionnés nous paraissent particulièrement importants et correspondent aux critères choisis pour la structure du parc statique : la catégorie du véhicule, son carburant, sa taille (cylindrée pour les véhicules particuliers, poids pour les véhicules utilitaires) et son âge. Les classes qui sont distinguées pour chaque paramètre seront celles du parc statique.

Tout d'abord, la moyenne des kilométrages annuels pour l'ensemble des véhicules d'une classe peut être établie. Puis, à partir des kilométrages de chaque classe et de leurs effectifs respectifs de véhicules, il est possible d'obtenir le kilométrage annuel moyen pour tout le parc statique français.

Cependant, ce ne sont pas les kilométrages annuels que nous intégrerons au calcul du parc roulant mais des coefficients d'utilisation (ou coefficient kilométrique CK) exprimés selon les quatre critères que nous avons choisis. Ils seront calculés en rapportant le kilométrage partiel de chaque classe à la moyenne générale pour tout le parc.

L'image détaillée du parc roulant peut être estimée pour l'ensemble du territoire ou sur les trois différents types de réseaux (ville, route et autoroute) afin de calculer les quantités de polluants qui y sont émis. En effet, si l'on se fie aux études qui ont été réalisées sur les cycles représentatifs de l'utilisation réelle des véhicules en France (Joumard et coll., 1987), on s'aperçoit que les caractéristiques de la circulation en ville sont très différentes de celle rencontrées sur route et a fortiori sur autoroute : fluidité du trafic, vitesse moyenne, vitesse maximum, durée des trajets sont autant de critères qui influence les émissions de polluants et qui seront pris en compte lors des mesures en laboratoire. Un deuxième type de coefficient kilométrique sera donc nécessaire ; il s'agit cette fois de rapporter pour chaque classe de véhicule le kilométrage annuel effectué sur chacune de ces voies au kilométrage parcouru sur l'ensemble du territoire.



#### IV.1. Méthode de calcul des coefficients d'utilisation

À partir des kilométrages partiels de chaque classe de véhicule ou chaque type de réseau, et du kilométrage moyen global, nous pouvons calculer les coefficients d'utilisation  $CK$ . Ainsi, pour chaque classe  $c$  :

$$CK_c = K_c / K_{\text{parc}} \quad (1)$$

avec  $K$  = kilométrage annuel moyen (en km)

$c$  = classe considérée

parc = ensemble de tous les véhicules

Ce coefficient est donc sans unité et n'existe que jusqu'à l'âge maximum de chaque type de véhicule. Rappelons qu'il est possible de connaître la répartition du kilométrage annuel sur les trois types de voies de circulation : ville, route et autoroute et de calculer les coefficients correspondants :

$$K = K_{p_{\text{ville}}} + K_{p_{\text{route}}} + K_{p_{\text{autoroute}}} \quad (2)$$

avec  $K$  = kilométrage annuel (en km)

$K_p$  = kilométrage annuel partiel (en km)

Cette distribution peut être reprise pour les kilométrages annuels de chaque classe :

$$K_c = K_{p_{c(\text{ville})}} + K_{p_{c(\text{route})}} + K_{p_{c(\text{autoroute})}} \quad (3)$$

avec  $K_c$  = kilométrage annuel pour la classe  $c$  (en km)

$K_{p_c}$  = kilométrage annuel partiel pour la classe  $c$  (en km)

Nous nous intéressons comme précédemment non pas au kilométrage mais à l'importance de chacun par rapport à l'ensemble. Mais cette fois, pour chaque classe, c'est l'importance de chaque réseau par rapport à la totalité que nous allons intégrer au calcul :

$$CK_{c(\text{ville})} = K_{p_{c(\text{ville})}} / (K_{p_{c(\text{ville})}} + K_{p_{c(\text{route})}} + K_{p_{c(\text{autoroute})}}) \quad (4)$$

C'est à dire :

$$CK_{c(\text{ville})} = K_{p_{c(\text{ville})}} / K_c \quad (5)$$

$$CK_{c(\text{route})} = K_{p_{c(\text{route})}} / K_c \quad (6)$$

$$CK_{c(\text{autoroute})} = K_{p_{c(\text{autoroute})}} / K_c \quad (7)$$

La somme des trois  $CK_c$  (5), (6) et (7) est par conséquent égale à 1 (ou 100% si on le calcule en pourcentage).

Dans notre classification de véhicules, nous avons croisé certains paramètres technologiques pour obtenir des catégories plus fines ; le carburant et la cylindrée ou le carburant et le PTAC par exemple. L'âge (ou année de première mise en circulation) par contre concerne l'ensemble des véhicules sans distinction de carburant ou de taille.

Comme nous le verrons par la suite, il arrive malheureusement que nous ne connaissions pas les kilométrages  $K_c$  ou les kilométrages partiels  $K_p$  pour chacune de ces classes fines. Nous sommes alors obligés de regrouper les véhicules en groupes plus larges.

En premier lieu, nous avons donc besoin des kilométrages annuels pour pouvoir calculer les coefficients correspondants. Nous les trouverons en général dans des résultats d'enquêtes effectuées en France auprès d'utilisateurs ou propriétaires de véhicules. Dans la suite de ce chapitre, nous présenterons toujours les kilométrages annuels qui sont les données existantes puis les coefficients correspondants que nous aurons pu calculer ou extrapoler lorsque cela était nécessaire.

Signalons qu'il existe en général une imprécision non négligeable en ce qui concerne la répartition des kilométrages sur les trois types de voies. Si le kilométrage annuel de chaque véhicule est en général connue assez précisément par les personnes enquêtées, il n'en est pas de même en ce qui concerne la répartition de ce kilométrage sur les trois types de voies. En effet, la limite entre ville, route et autoroute est assez floue, dans la mesure où l'on peut par exemple trouver en ville des portions de trajet effectués sur voies rapides (boulevard périphérique, rocade...) dont la dynamique se rapproche plutôt d'une route ou d'une autoroute mais qui seront attribuées par les usagers à la circulation urbaine. À l'inverse le trafic très encombré de certains grands axes aux heures de pointe ressemble plus à une cinématique de ville que de route ou autoroute auxquels ils sont assimilés. Ces imprécisions peuvent par conséquent être à l'origine de ce qui pourrait être interprété comme des erreurs de calculs et qui ne sont en fait que des erreurs d'appréciation.

#### **IV.2. Coefficient d'utilisation des véhicules particuliers (VP)**

Nous présenterons tout d'abord l'évolution des kilométrages avec l'âge, valable pour l'ensemble des véhicules particuliers immatriculés en France quel que soit leur carburant. Suivra ensuite la différenciation d'usage entre véhicules essence et diesel, puis pour chaque carburant nous distinguerons plusieurs classes de cylindrée. Enfin nous aborderons la distribution de ces parcours suivant les différents réseaux empruntés.

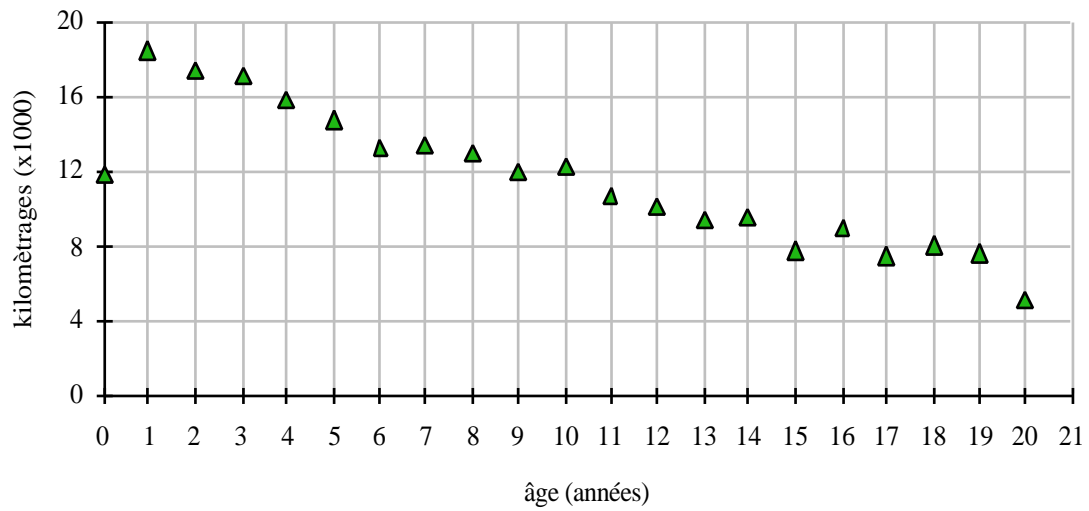
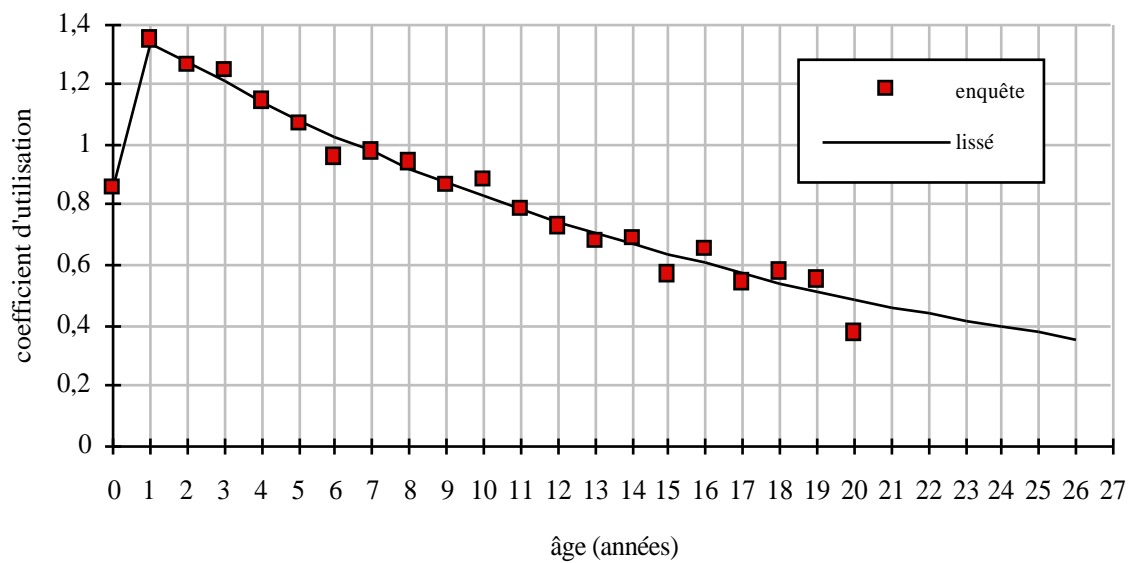


Figure 156 : Diminution avec l'âge du kilométrage annuel des Véhicules Particuliers (d'après Madre et Maffre 1994).



*Figure 157 : Diminution avec l'âge du coefficient d'utilisation des véhicules particuliers avec extrapolation partielle après 20 ans.*

#### **IV.2.1. Utilisation des VP en fonction de l'âge**

Grâce à l'enquête menée par l'Inrets (parallèlement à l'enquête "parc auto" Ademe-Inrets) entre avril 1993 et avril 1994 sur les transports utilisés par les ménages (Madre et Maffre, 1994), l'âge du véhicule enquêté nous a permis de déterminer l'influence du vieillissement sur le kilométrage annuel effectué chaque année (fig. 156). La faible valeur des véhicules de moins de 1 an provient du fait que beaucoup d'entre eux, immatriculés en cours d'année, ne roulent pas une année entière. Leur kilométrage est donc nettement réduit par rapport aux années suivantes. Il est très net que l'utilisation annuelle d'une voiture diminue lorsque son âge augmente. Cependant, les résultats de l'enquête montrent une décroissance assez irrégulière. Elles représentent en fait une situation ponctuelle, correspondant à une année particulière et non à une période d'étude. Pour gommer ces irrégularités et obtenir un tracé plus uniforme, nous avons tout d'abord établi des moyennes mobiles sur cinq points (cf. § 2P.I.3.1.1.1.), puis effectué une régression suivant une tendance exponentielle. Nous obtenons ainsi les valeurs des coefficients pour les véhicules de plus de 20 ans (fig. 157).

#### **IV.2.2. Utilisation des VP en fonction du carburant et de la cylindrée**

Nous nous sommes ensuite intéressés aux kilométrages parcourus par les véhicules sur l'ensemble du territoire en fonction du carburant utilisé, puis par la suite en fonction de la cylindrée afin de calculer des coefficients croisés.

Il existe un certain nombre de sources de renseignements concernant ces kilométrages annuels parcourus par les véhicules en France : l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques édite annuellement une étude des comptes des transports de la nation concernant notamment la circulation routière en France (Insee, 1988-1995) qu'exploite également le comité des professionnels du pétrole (CPDP) et le comité des constructeurs français d'automobiles (CCFA). Au cours de l'enquête annuelle Ademe/Inrets "parc-auto", le panel de la SOFRES est interrogé assez précisément sur son usage de l'automobile depuis 1983.

Bien que les populations étudiées et les exploitations statistiques ne soient a priori pas identiques, on notera que les valeurs sont très proches les unes des autres, qu'ils s'agissent des véhicules à essence ou des diesel (fig. 158).

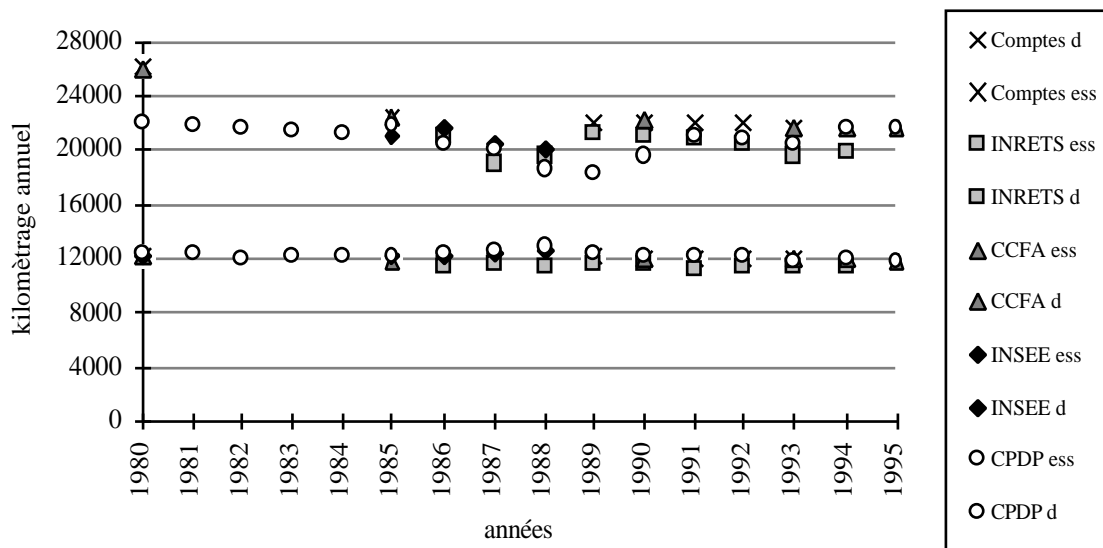


Figure 158 : Kilométrages annuels des véhicules particuliers diesel (série haute) et essence (série basse) selon les sources.

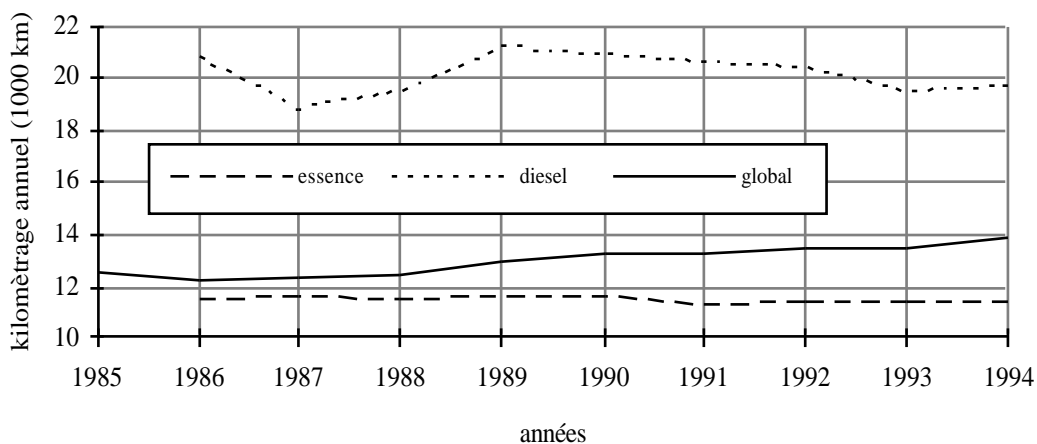


Figure 159 : Évolution des kilométrages annuels des véhicules particuliers immatriculés en France (d'après Hivert 1995).

Définition						Calculées	
Nom du segment	Longueur (m)	Largeur (m)	Empattement (m)	Puissance (kW)	Exemple	Cyl. Ess (cm <sup>3</sup> )	Cyl. Dies (cm <sup>3</sup> )
B1	< 3,45	1,44-1,63	< 2,35	< 40	twingo	916	1360
B2	3,45-3,86	1,56-1,65	2,35-2,47	40-70	106	1376	1635
M1	3,86-4,40	1,62-1,74	2,47-2,59	44-128	ZX	1610	1844
M2	4,40-4,65	1,70-1,77	2,59-2,74	60-143	406	2063	1954
H1	4,65-4,83	1,77-1,85	2,70-2,83	66-162	Classe E	2423	2282
H2	plus de 300 000 F				A8	3576	3449



*Tableau 9 : Définition des segments commerciaux (d'après Genet, 1996) et cylindrées moyennes correspondantes calculées.*

Cependant, toutes ces sources ne fournissent pas le même degré de détail, notamment en ce qui concerne la répartition des kilométrages parcourus sur les différents types de voies. Nous avons donc choisi d'exploiter l'étude Ademe / Inrets décrite ci-dessous compte tenu de la finesse des résultats fournis.

L'Ademe et l'Inrets suivent annuellement l'évolution de l'équipement des ménages français en automobile (Hivert, 1990-1995) à partir des observations effectuées lors de leur enquête annuelle "parc auto". L'échantillon de 10 000 ménages interrogé est en fait un sous-ensemble du panel SOFRES représentatif de la France entière, constitué de 20 000 ménages recrutés sur un certain nombre de critères socio-démographiques (Hivert, 1990-1995).

Le renouvellement du panel "parc auto" est environ d'un tiers par an. Au 31 décembre de chaque année, le chef de famille est interrogé par courrier et décrit le parc de véhicules qui est à la disposition de son ménage que le véhicule lui appartienne ou non. Le taux de participation est d'environ 80%. Un premier redressement permet de compenser les non-réponses (environ 20%). Puis un deuxième redressement permet d'extrapoler les résultats pour l'ensemble de la population française (22,3 millions de ménages selon l'Insee - Hivert, 1995).

Les kilométrages annuels des véhicules à essence sont légèrement inférieurs à la moyenne (essence et diesel confondus) et relativement stationnaires au cours de la période étudiée (11 488 en 1986, 11 457 en 1994 - fig. 159). Par contre, ceux des diesel sont largement supérieurs et oscillent de façon importante autour de 20 000 km. En décroissance quasiment continue depuis 1989, ils semblent confirmer la polyvalence naissante du diesel dont l'usage n'est plus limité aux longs trajets (cf. § II.1.2.) (Hivert, 1996). Le kilométrage global augmente assez nettement depuis 1986 : dépassant à peine 12 000 km en 1986, ce sont pratiquement 14 000 km (13 888) qui furent parcourus en moyenne au cours de l'année 1994. Les valeurs élevées des kilométrages des diesel, même décroissantes, influencent fortement la moyenne puisque ces véhicules sont en augmentation permanente dans les immatriculations de véhicules neufs (cf. § II.1.1.).

Ces kilométrages sont ensuite étudiés pour chaque classe de cylindrée de véhicules particuliers essence et diesel (fig. 160). Comme pour l'enquête de conjoncture Insee (cf. § II.3.1.), la classification des véhicules du panel parc-auto est établie à partir de leur gamme et non de la cylindrée. Pour attribuer à chacune des 6 gammes une cylindrée moyenne représentative, nous avons pris en compte les immatriculations des véhicules particuliers les plus vendus en 1995 présentées par segments (équivalent des gammes) dans l'Argus de l'Automobile (janvier 1996). Ces segments sont définis à partir de critères de taille de carrosserie et de puissance (tab. 9). A partir des 10 voitures les plus vendues dans chaque segment dont nous avons retrouvé les cylindrées dans nos fichiers de description des véhicules (cf. § I.3.2.), nous avons calculé une moyenne pondérée (par le nombre de véhicules immatriculés) de la cylindrée qui sera ensuite caractéristique de chaque gamme (ou segment) pour les essence et les diesel. Les données de kilométrages de 1994 n'étant pas disponibles au moment où nous avons effectué nos calculs, ce sont les chiffres de 1993 que nous avons utilisés (Hivert, 1995).

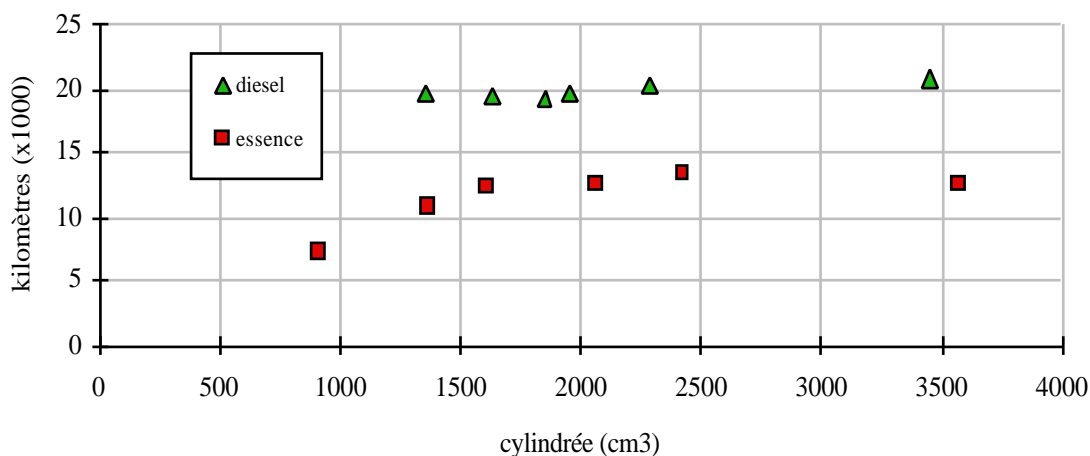


Figure 160 : Kilométrages annuels des véhicules particuliers essence et diesel en fonction de leur cylindrée en 1993 (d'après Hivert 1995).

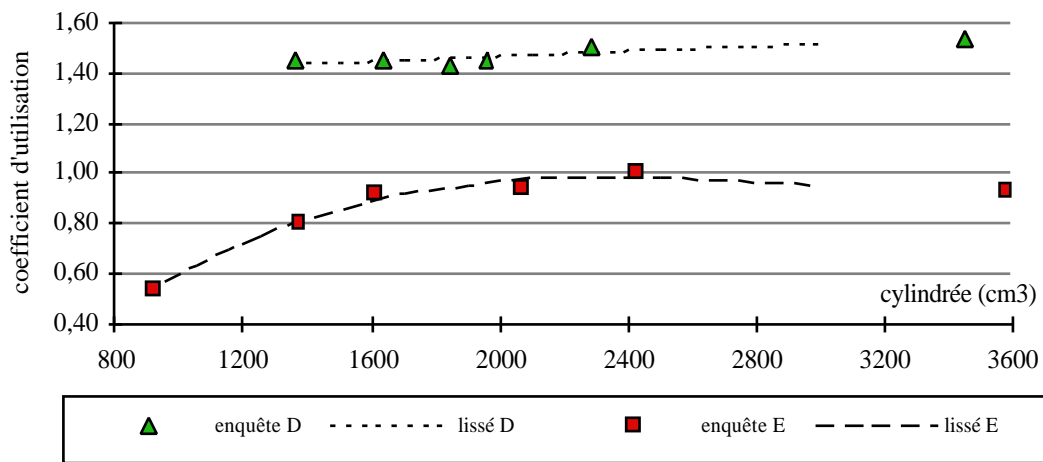


Figure 161 : Coefficients d'utilisation des véhicules particuliers essence et diesel en fonction de leur cylindrée.

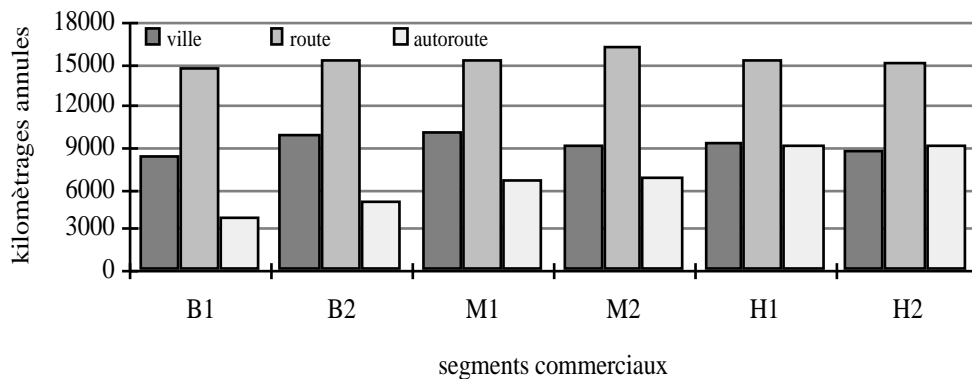


Figure 162 : Kilomètres annuels réalisés par les véhicules particuliers en France selon leur segment pour 1993 (d'après Hivert 1995). Segment B1 et B2 : Bas inférieur et supérieur ; M1 et M2 : Moyen inférieur et supérieur ; H1 et H2 : Haut inférieur et supérieur.

Parmi les véhicules du panel, le segment B1 (bas inférieur) diesel ne compte que trois véhicules. La valeur moyenne concernant ces véhicules particuliers ne peut être utilisée en raison d'un intervalle de confiance bien trop élevé (IC95=0, Hivert 1996). Nous verrons par la suite (répartition des parcours par voie) que nous avons attribué à ce segment une valeur moyenne pondérée entre les segments bas inférieur diesel et bas supérieur diesel.

Nous avons travaillé avec douze classes de cylindrée et nous n'avons ici que six valeurs issues de l'enquête. Nous avons par conséquent eu recours à une interpolation pour estimer les coefficients manquants, une fois les valeurs de kilométrages correspondant à ces six segments rapportés au kilométrage global. Nous constatons que les coefficients pour les véhicules à essence suivent une tendance polynômiale (d'ordre 3) alors que celle des diesel est plutôt linéaire (fig. 161). C'est sur ces courbes lissées que nous relèverons ensuite les valeurs correspondant à nos douze classes de cylindrées.

Depuis peu, l'exploitation des résultats d'enquête prend en compte la répartition des kilométrages des véhicules par type de carburant et de gamme sur les différentes voies offertes par le réseau national (urbaines, routières et autoroutières), ce qui va nous permettre de calculer le parc roulant par zone ou type de voie.

#### IV.2.3. Utilisation actuelle des VP par type de voie

En ce qui concerne la répartition des kilométrages sur les trois types de réseau (urbain, routier et autoroutier), il existe trois sources d'informations (tab. 10) fournissant des chiffres sensiblement différents pour l'année 1993 (Madre, 1996). La principale différence entre ces sources se porte sur la répartition entre ville et route, l'autoroute étant la moins utilisée mais de façon assez constante (environ 20%). D'autre part, les résultats dont nous disposons concernant l'enquête menée auprès du panel Sécodip et l'enquête effectuée par les assurances ne différencie ni carburants ni taille des véhicules. Nous leur préférons par conséquent les données SOFRES/Hivert qui intègrent les deux paramètres.

source	année	ville	route	autoroute
SOFRES	1993	33	48	19
Sécodip	1993	24	57	19
Assurances	1990	31	52	17

Tableau 10 : Comparaison des parts de chacun des réseaux dans les kilométrages annuels des véhicules particuliers (en % d'après Madre 1996).

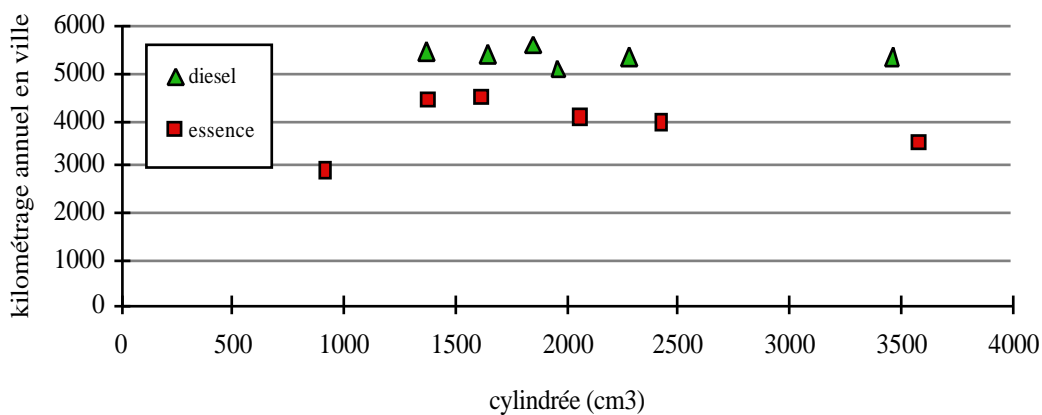


Figure 163 : Kilométrages annuels réalisés en ville par les véhicules particuliers en France en 1993 (d'après Hivert 1995).

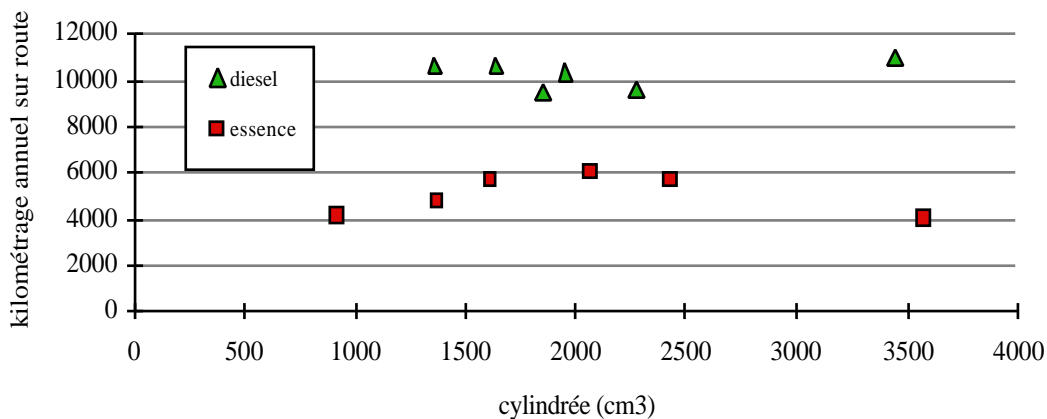


Figure 164 : Kilométrages annuels réalisés sur route par les véhicules particuliers en France en 1993 (d'après Hivert 1995).

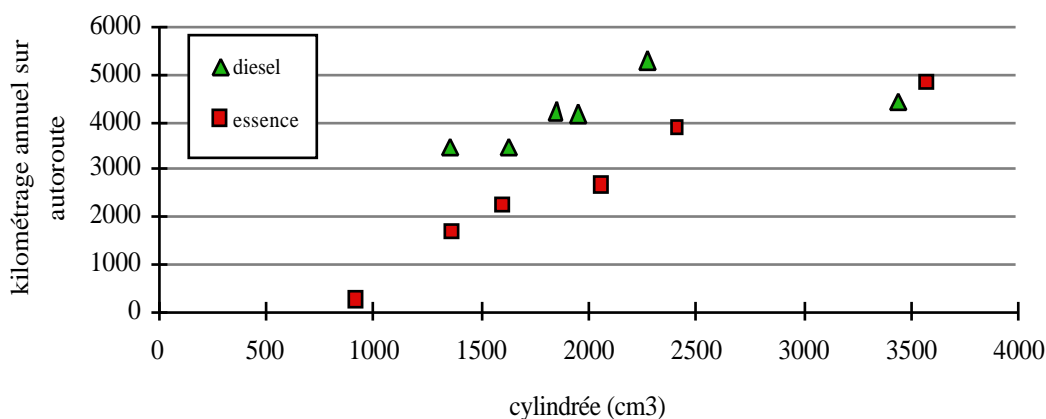


Figure 165 : Kilométrages annuels réalisés sur autoroute par les véhicules particuliers en France en 1993 (d'après Hivert 1995).

L'échantillon du panel SOFRES déjà présenté dans le paragraphe précédent est analysé en détail en ce qui concerne les habitudes de déplacement des ménages (Hivert, 1995). Au cours de l'enquête effectuée sur cet échantillon, les individus sont interrogés sur les kilométrages qu'ils estiment parcourir avec leur véhicule sur ces trois types respectifs de voies. Ces informations faisant appel à la mémoire de la personne questionnée, leur fiabilité semble pouvoir être facilement mise en doute. Ce sont tout de même ces données que nous utiliserons compte tenu de leur précision. En effet, le découpage des kilométrages se fait sur les trois zones pour deux catégories de carburant et six classes de taille de véhicules particuliers (fig. 162).

Comme nous l'avons précédemment exposé (cf. § 2P.IV.2.2.), il est possible de remplacer ces segments par leurs cylindrées représentatives. Nous obtenons ainsi des kilométrages pour les véhicules particuliers essence et diesel en fonction de leur cylindrée. Nous allons donc analyser le kilométrage moyen selon la cylindrée et le carburant pour chacun des trois réseaux. Nous avons rencontré un problème pour les véhicules diesel du segment bas inférieur : en effet, le nombre de ces véhicules concernés par le panel est dérisoire (3 véhicules), fournissant des valeurs de kilométrages inexploitable en l'état (24 000 km en ville, 5 700 sur route et 300 sur autoroute, l'intervalle de confiance à 95% étant égal à 0 -Hivert, 1995). N'ayant en notre possession aucun élément nous permettant d'avoir accès à cette information, nous avons tout d'abord établi une moyenne pondérée par les effectifs de véhicules enquêtés entre les segments bas inférieur et bas supérieur, puis considéré cette valeur comme une moyenne simple entre les deux segments et calculé la valeur du segment bas inférieur.

En ce qui concerne les kilométrages en ville des véhicules à essence, les réponses des enquêtés font apparaître que les plus petites voitures y circulent assez peu (fig. 163), ce qui semble logique compte tenu du faible kilométrage total que ces dernières réalisent annuellement toutes zones confondues (cf. § 2P.IV.2.2.). Ce sont les cylindrées moyennes qui y parcourent le plus de

kilomètres, les valeurs diminuant ensuite lorsque la cylindrée augmente. Ce n'est en revanche pas le cas des diesel, les petits véhicules étant plus utilisés en ville que les gros. Sur route, les tendances restent les mêmes qu'en ville pour les essence et les diesel mais les séries s'éloignent l'une de l'autre et les valeurs maximum se décalent vers les cylindrées plus fortes (fig. 164) pour les essence. Pour les véhicules particuliers à essence comme pour les diesel, l'évolution des kilométrages autoroutiers augmentent avec la cylindrée (fig. 165), exception faite des plus gros diesel qui roulent par ailleurs moins que les véhicules à essence de cylindrée équivalente. Cette situation paraît peu cohérente par rapport à l'utilisation sur route, les diesel y dépassant très largement les essence. Cette exception mise à part, on constate que quelque soit la zone considérée, les diesel roulent plus que les véhicules à essence.

Chaque valeur de kilométrage partiel par voie est ensuite rapportée à la somme des trois (parcours total ville+route+autoroute) pour chacun des six segments pour les véhicules essence d'une part et les diesel d'autre part, afin de calculer les coefficients correspondants. La somme de ces coefficients sans unité est évidemment égale à 1. Nous obtenons ainsi six points sur lesquels sont effectuées des régressions (polynômiales et logarithmiques). C'est à partir de ces courbes lissées que nous déduisons ensuite les valeurs correspondant à nos douze classes de cylindrée.



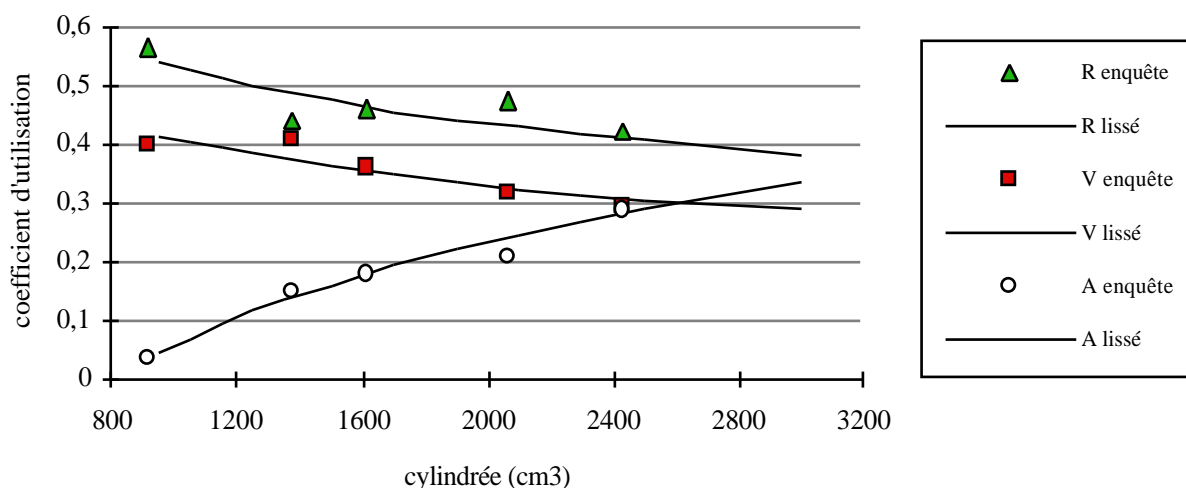


Figure 166 : Utilisation des véhicules particuliers essence sur les trois types de réseaux français en fonction de leur cylindrée en 1993 (route R, ville V, autoroute A).

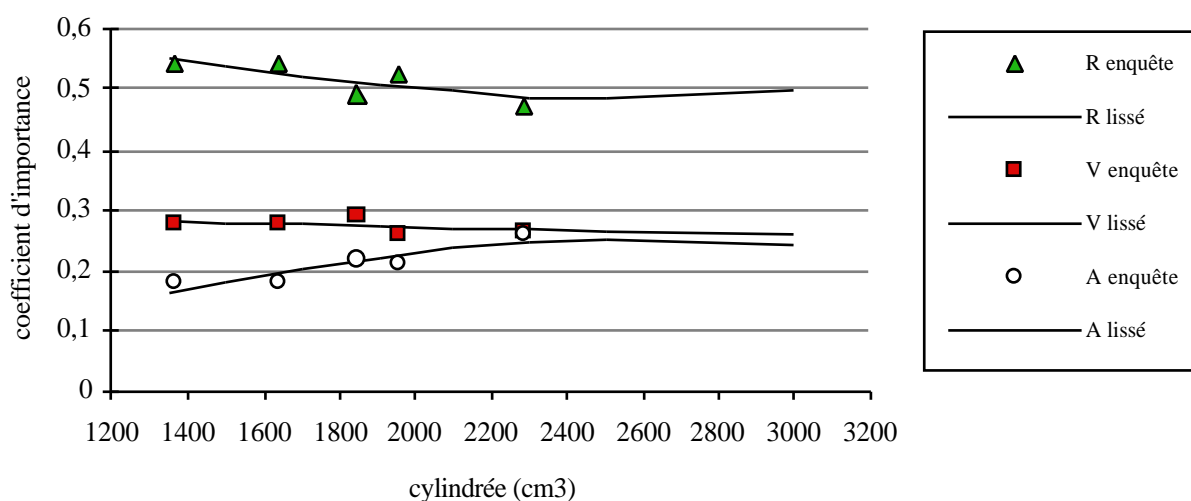


Figure 167 : Utilisation des véhicules particuliers diesel sur les trois types de réseaux routiers français en fonction de leur cylindrée en 1993 (route R, ville V, autoroute A).

année	SOFRES / Hivert			Secodip			Assurances		
	V (%)	R (%)	Ar (%)	V (%)	R (%)	Ar (%)	V (%)	R (%)	Ar (%)
1980							30	58	12
1985							28	60	12
1989				25	60	15			
1990	35	47	18	25	59	16	31	52	17
1991	33	48	19	24	59	17			

1992	34	47	19	23	58	18			
1993	33	48	19	24	57	19			
1994	33	47	20	22	58	20			

Tableau 11 : Comparaison des parts de chacun des réseaux dans les kilométrages annuels parcourus par les véhicules particuliers (ville V, route R, autoroute A ; d'après Madre 1996).

L'évolution des coefficients est parfois sensiblement différente de celle des kilométrages absolus puisqu'il s'agit de l'importance relative d'une zone par rapport aux deux autres. D'une manière générale, qu'il s'agisse des essence ou des diesel, c'est en général la route qui est prépondérante, suivie du réseau urbain. À quelques exceptions près, l'autoroute est la voie la moins utilisée.

Pour les véhicules à essence, les parts de la ville et de la route diminuent lorsque la cylindrée augmente au profit de la part autoroutière (fig. 166). Pour les véhicules diesel, on note une augmentation des parts routières et autoroutière avec la cylindrée (fig. 167) au détriment de la part urbaine. Ces évolutions sont cependant limitées aux véhicules de moins de 2 l, la cylindrée n'ayant pratiquement aucune influence au delà.

#### **IV.2.4. Utilisation passée et future des VP par type de voie**

Les situations que nous venons de décrire concernant les réseaux routiers correspondent à l'utilisation des véhicules à un moment donné, déterminée à partir d'informations concernant une année précise (1993). Cependant, il semble improbable que les habitudes de déplacements des Français soient les mêmes depuis 25 ans : l'évolution des mentalités vers une mobilité accrue, les politiques successives de délocalisation des entreprises, l'urbanisation croissante et l'agrandissement des villes, le développement du réseau autoroutier sont autant de facteurs qui peuvent influencer le comportement des automobilistes. Malheureusement, les quelques données de kilométrages qui sont à notre disposition ne nous permettent pas d'avoir un recul suffisant pour établir des tendances d'évolution précises. Pour les véhicules particuliers par exemple, on ne remarque pas de véritable changement au cours de ces quinze dernières années (tab. 11).

On note tout de même que la part de l'autoroute augmente, de manière assez comparable pour les trois estimations, aux dépens de la route si l'on se réfère aux assurances et plutôt à ceux de la ville pour les données Sécodip et SOFRES (fig. 168).

Pour nous faire une idée plus précise de ce qu'a pu être la répartition des kilométrages dans le passé, nous avons voulu tenter d'établir des indices très simples à partir par exemple de la répartition de la population entre zone urbaine et zone rurale pour la répartition ville/routes ou de l'évolution de la longueur du réseau autoroutier pour la répartition route/autoroute.

En ce qui concerne le premier cas, il est assez surprenant de constater, au travers des recensements successifs, que la part de la population française habitant en ville n'a pratiquement pas varié depuis 1970 (73% en 1968, 74% en 1990, Manissier, 1996), ce qui tendrait à prouver que même si la taille des villes (et donc la circulation urbaine) augmente, la "communauté" rurale se

développe au même rythme, entraînant également un accroissement de la fréquentation du réseau routier correspondant. Il semblerait par conséquent que le partage des kilomètres entre ville et routes puisse être considéré comme inchangé et que le coefficient d'utilisation des véhicules en ville reste à 35%.

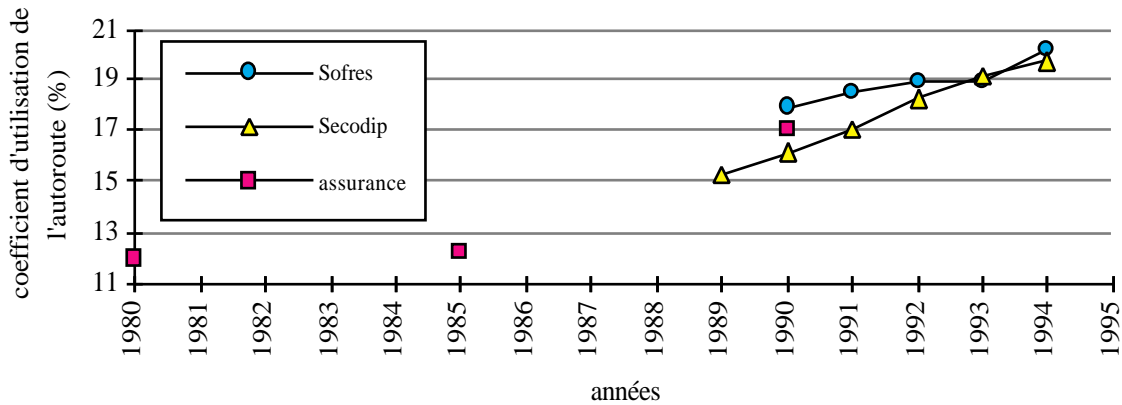


Figure 168 : Comparaison des kilométrages effectués sur autoroutes par les véhicules particuliers du parc français (en % du kilométrage total annuel)

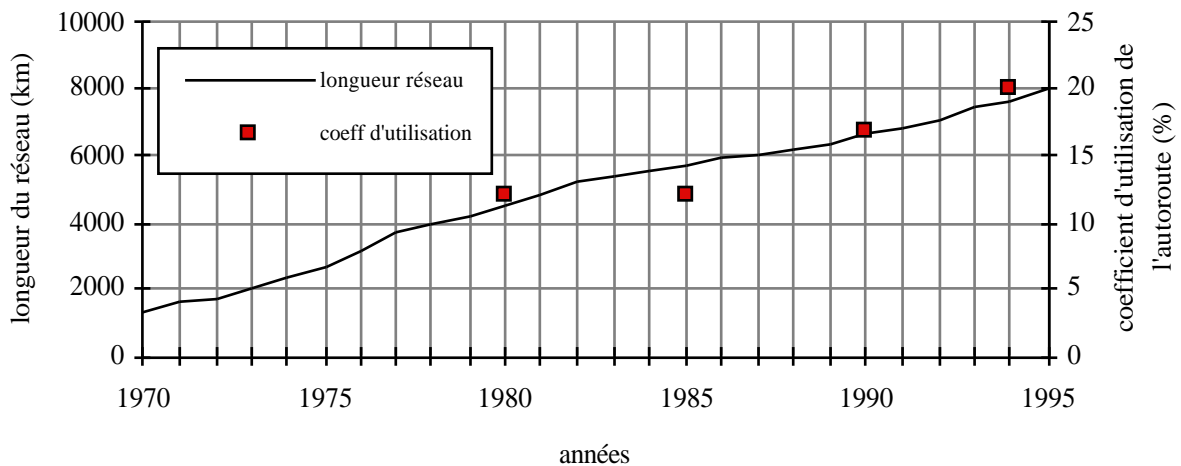


Figure 169 : Évolution du réseau autoroutier français (concedé et non concedé confondus) et du coefficient d'utilisation des VP sur autoroute (d'après le Breton 1996 et Madre 1996).

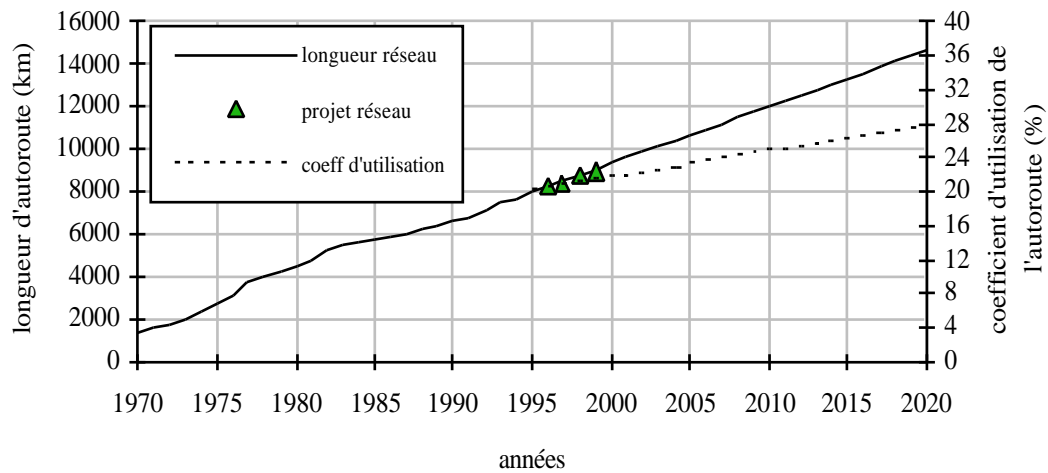


Figure 170 : Évolution du réseau autoroutier français (concédé et non concédé confondus) et du coefficient d'utilisation des VP sur autoroute (d'après Danin 1996).

Par contre, si l'on étudie l'évolution du réseau autoroutier en France depuis 1970, il est clair que son développement régulier (le Breton, 1996) a très certainement provoqué une augmentation de sa fréquentation aux dépens de la route dont le réseau n'a pas connu le même essor (1,5 millions de kilomètres en 1970, seulement 1,7 en 1995, Danin, 1996). On constate effectivement une certaine similitude entre l'accroissement de la longueur de réseau autoroutier et l'augmentation du coefficient d'utilisation de l'autoroute pour les véhicules particuliers (données des assurances), que l'on a également portés (en pourcentage) sur le graphique (fig. 169). En considérant une croissance linéaire du coefficient d'utilisation parallèle à la croissance de la longueur du réseau pour le passé, on peut estimer la pente à +0,7 par an pour la part des kilomètres parcourus sur autoroute (en pourcentage) (soit +0,007 pour le coefficient d'utilisation sans unité ce qui correspond à 1,5% de sa valeur de 1994). En suivant cette pente en sens inverse, on déduit une valeur du coefficient égale à 3% pour 1970. On déduira la part de la route à partir de la somme de la ville et l'autoroute (route = écart de cette somme à 1) en faisant l'hypothèse que la part de la ville reste constante, comme l'indique l'estimation des assurances qui porte sur la période d'étude la plus longue et comme le suggère la répartition constante de la population urbaine/rurale.

En ce qui concerne le futur, nous ne nous sommes intéressés qu'à l'évolution de la longueur du réseau autoroutier et du coefficient d'utilisation correspondant, la ville étant conservée à 33% (Hivert, 1996). Si nous poursuivons linéairement l'accroissement passé du réseau pour le futur, sa longueur totale atteindrait 16 000 km en 2020 (fig. 170). Les informations concernant les projets à court terme de construction de tronçon autoroutier (Danin, 1996) semblent confirmer cette croissance, bien que la dernière valeur (1999) soit un peu plus basse. Si l'on prolonge parallèlement le coefficient d'utilisation (en pourcentage), il atteindrait alors près de 37% du kilométrage total, soit 7% de plus que la route et serait alors le réseau le plus utilisé des trois. Or, il ne nous semble pas réaliste de considérer que les véhicules particuliers circulent en 2020 sur l'autoroute plus qu'ailleurs. Nous avons donc volontairement ralenti l'augmentation annuelle passée du coefficient de +0,007 à +0,003 ; l'autoroute ne représenterait alors plus que 28% du total des kilométrages annuels. L'ordre d'importance des trois réseaux reste ainsi identique à celle d'aujourd'hui (route, ville, autoroute) (fig. 171). On peut résumer ces variations d'utilisation en les comparant respectivement à leur valeur de 1994 (fig. 172) afin de mettre en évidence leurs évolutions respectives.

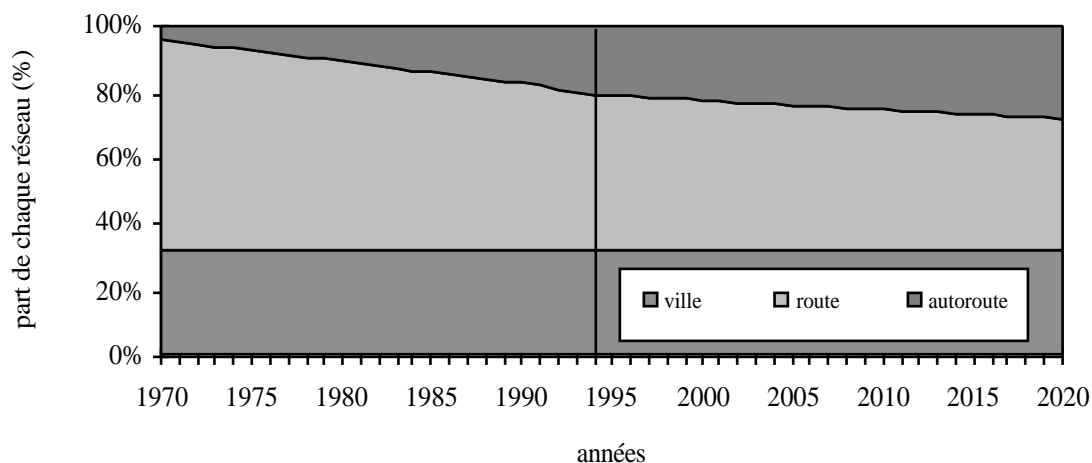


Figure 171 : Répartition des kilométrages annuels effectués par les véhicules particuliers sur trois types de voies entre 1970 et 2020

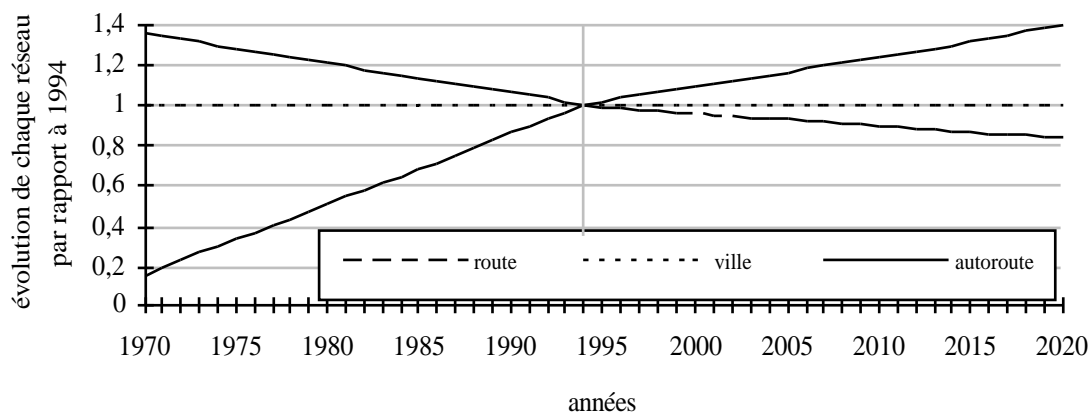


Figure 172 : Évolution de chaque réseau par rapport à la situation de 1994.

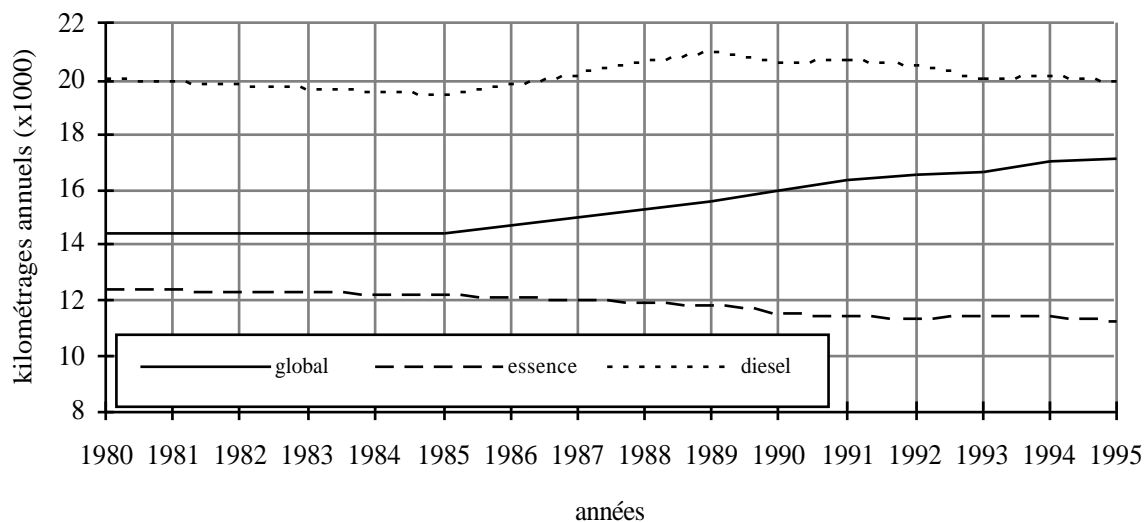


Figure 173 : Évolution du kilométrage annuel parcouru par les véhicules utilitaires légers en France (d'après Insee 1995)

### **IV.3. Utilisation des véhicules utilitaires**

Comme pour les véhicules particuliers, un certain nombre d'enquêtes auprès des utilisateurs de véhicules utilitaires ont été effectuées ces dernières années. Menées par l'OEST, elles concernent en majorité des entreprises, la participation des particuliers étant cette fois plus que limitée. Le niveau de détail des données pour ces véhicules est malheureusement bien inférieur à celui des véhicules particuliers. Nous avons dû à plusieurs reprises émettre des hypothèses arbitraires, aucune information n'existant à notre connaissance.

#### **IV.3.1. Utilisation des véhicules utilitaires légers (VUL)**

Chaque année, l'Insee analyse les comptes des transports en France pour tous les modes et tous les véhicules. Les valeurs des kilométrages annuels ne sont connues année par année que depuis 1989. Auparavant, seules les situations de 1980 et 1985 sont exploitables (Insee, 1995). Comme nous l'avons déjà constaté pour les véhicules particuliers, le kilométrage des diesel est bien supérieur à celui des essence (fig. 173). Le kilométrage global augmente donc, compte tenu du fort développement du diesel sur le marché du véhicule utilitaire léger (cf. § 2P.I.3.1.1.1.). Cependant, les évolutions respectives pour chaque carburant sont très faibles : quasiment nulle pour le diesel (2 000 km d'écart maximum) et légère décroissance pour les essence (12 500 km en 1985, 11 500 en 1995).

En 1982, 1987 et 1992, L'OEST a réalisé une enquête auprès des utilisateurs de véhicules utilitaires légers (charge utile inférieure à 3 t) immatriculés en France entre 1972 et 1991 (véhicules de 20 ans maximum). Ce sont les résultats concernant l'utilisation en 1991 de l'échantillon de l'enquête de 1992 (16 236 questionnaires exploitables) qui seront intégrés à nos calculs de parc roulant. 34% de ces véhicules sont utilisés par des particuliers, le reste par des sociétés ou des entreprises individuelles. Il faut noter que l'échantillon enquêté est composé de 98% de véhicules dont le PTAC est inférieur à 3,5 t, ce qui correspond à la limite que nous avons connue jusque là pour la définition des utilitaires légers. L'ensemble des véhicules du parc concerné par l'enquête a parcouru en moyenne 15 000 kilomètres pendant l'année 1991, ce qui est un peu inférieur à la valeur évaluée à partir des comptes des transports pour la même année (17 000 km).

Nous présenterons tout d'abord l'évolution des kilométrages et des coefficients d'utilisation correspondant en fonction de l'âge (ou de l'année de première mise en circulation) des véhicules, puis en fonction du carburant et du PTAC, enfin leur répartition sur les trois types de voies du réseau routier français.



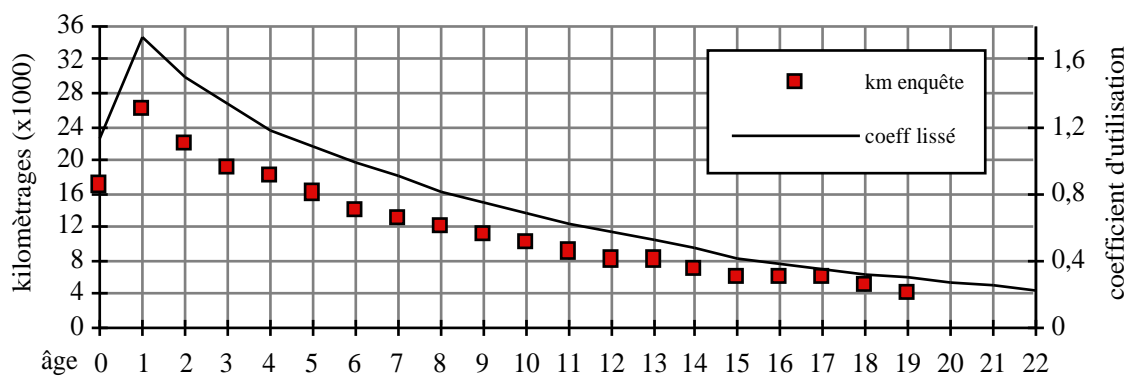


Figure 174 : Évolution du coefficient d'utilisation avec l'âge pour les véhicules utilitaires légers immatriculés en France en 1991 (d'après OEST/Decure 1995).

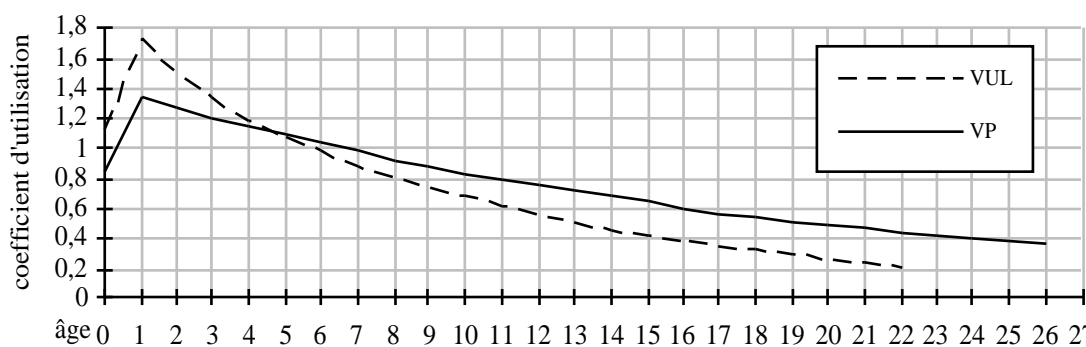


Figure 175 : Évolution comparée de la diminution du coefficient d'utilisation avec l'âge pour les VUL et VP immatriculés en France.

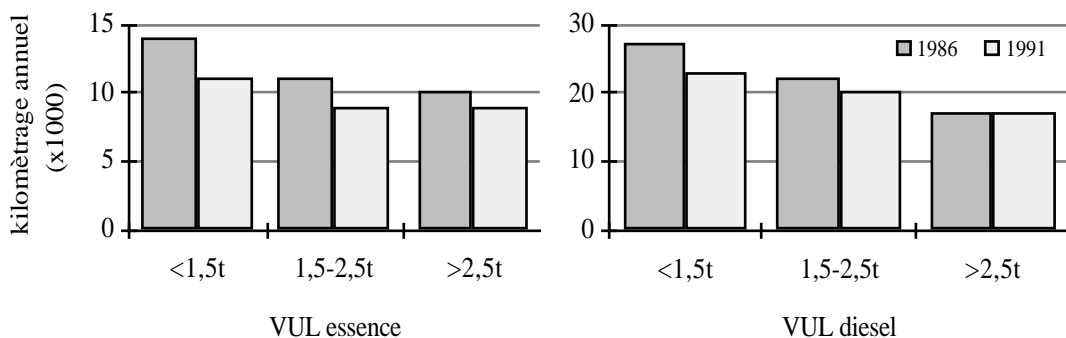


Figure 176 a et b : kilométrage annuel des véhicules utilitaires légers en fonction de leur PTAC et de leur carburant en 1986 et 1991 (d'après OEST/Decure 1995).

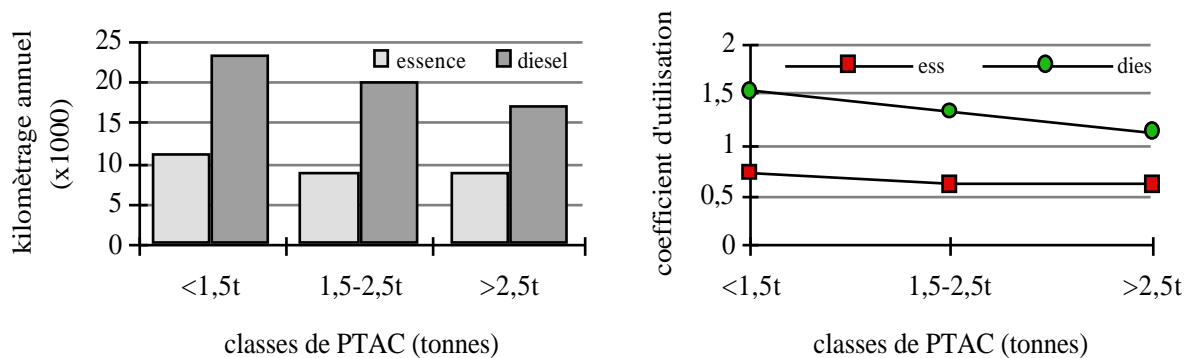


Figure 177 a et b : kilométrage annuel et coefficient d'utilisation des véhicules utilitaires légers selon leur PTAC et carburant en 1991 (d'après OEST/Decure 1995).

#### **IV.3.1.1. Utilisation des VUL en fonction de l'âge**

Ne connaissant que les kilométrages annuels des véhicules de moins de 20 ans puisque les résultats de l'enquête de l'OEST ne rendent pas compte des kilométrages des véhicules plus vieux, nous avons, comme pour les véhicules particuliers, lissé et prolongé le tracé de la courbe des coefficients d'utilisation en suivant une régression de type exponentielle (fig. 174).

Comme nous l'avons constaté pour tous les autres véhicules, les kilométrages parcourus par les véhicules utilitaires légers de moins de 1 an sont inférieurs à ceux des âges supérieurs puisqu'en fonction de leur mois d'immatriculation, il ne circulent pas une année entière.

Si l'on compare les évolutions respectives des véhicules particuliers et des véhicules utilitaires légers qui sont souvent des modèles très proches, on remarque que l'usage qui en est fait est assez différent. Les véhicules particuliers de moins de 6 ans sont utilisés de façon moins intensive que les utilitaires, ceux-ci étant particulièrement sollicités dans les premières années de service. La tendance s'inverse au delà de cet âge, l'écart entre les deux n'allant qu'en s'accroissant au cours du vieillissement, pour se stabiliser tout de même à partir de 18 ans (fig. 175). Les utilitaires subsistant moins longtemps que les voitures, ils arrêtent de rouler évidemment plus tôt.

#### **IV.3.1.2. Utilisation des VUL en fonction du PTAC et du carburant**

Les véhicules suivis lors de l'enquête sont distribués selon trois classes de PTAC : inférieur à 1,5 t, compris entre 1,5 et 2,5 t et supérieur à 2,5 t. Le carburant est également pris en compte (essence ordinaire, super carburant, gazole et "autres"). Les données des véhicules appelés "essence" dans notre texte correspondent aux véhicules fonctionnant à l'ordinaire et au super, sachant que ce dernier est bien plus répandu que l'essence ordinaire.

Dans un premier temps, si l'on compare les chiffres recueillis lors de la dernière enquête (1991) à ceux de la précédente (1986), on constate que de manière générale, l'utilisation des véhicules a diminué, quelque soit le carburant, sauf pour les plus gros diesel pour lesquels elle reste stable (fig. 176 a et b). La décroissance du kilométrage est la plus nette pour les véhicules à essence des classes inférieure et intermédiaire.

Les kilométrages annuels parcourus par ces véhicules en 1991 ainsi que les coefficients d'utilisation qui leur correspondent diminuent nettement avec le PTAC pour les véhicules diesel (fig. 177 a et b), alors que les variations sont moins nettes pour les essence ; qu'ils fassent partie de

la deuxième ou de la troisième classe, ces derniers sont identiquement utilisés en 1991 (9 000 km/an).

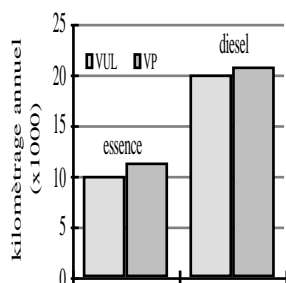


Figure 178 : kilométrage annuel des véhicules particuliers et utilitaires légers essence et diesel en 1991 (d'après OEST/Decure 1995).

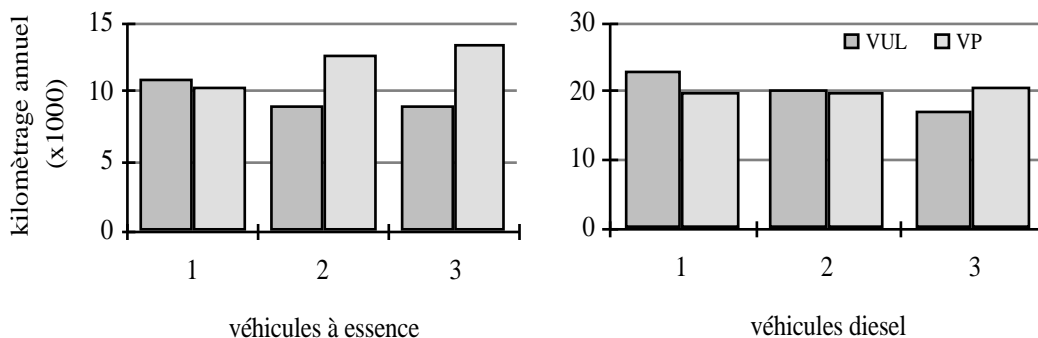


Figure 179 a et b : kilométrage annuel des véhicules particuliers (en 1993) et utilitaires légers (en 1991) essence et diesel pour les trois classes de véhicules (1=BG et PTAC<1,5t ; 2=MG et 1,5t<PTAC >2,5 ; 3=HG et PTAC>2,5t).

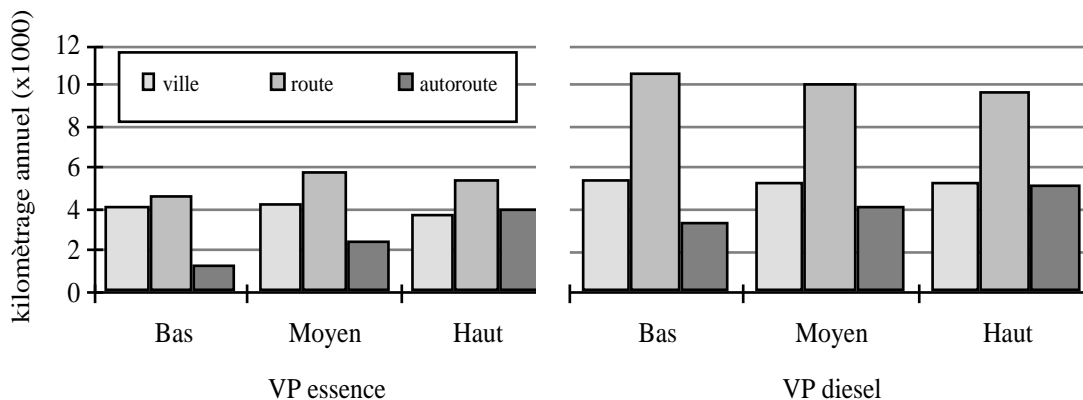


Figure 180 a et b : kilométrages parcourus sur le réseau français par les véhicules particuliers en 1993 en fonction de leur segment et de leur carburant.

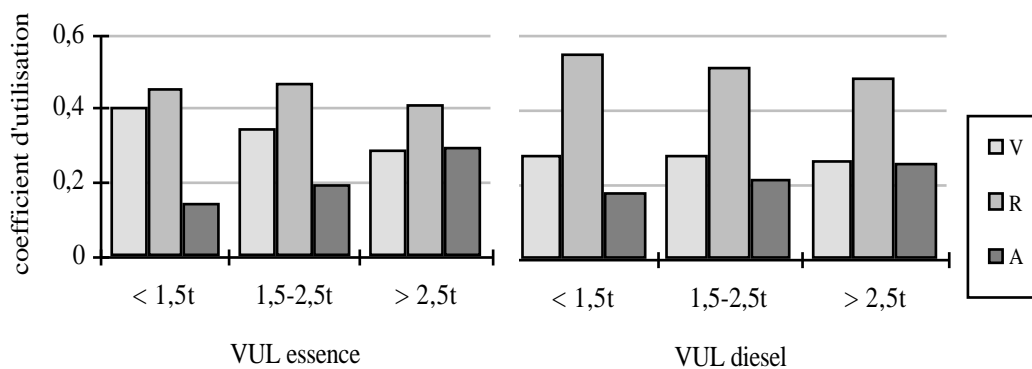


Figure 181 a et b : coefficient d'utilisation sur le réseau français des véhicules utilitaires légers en fonction de leur PTAC et de leur carburant. V = ville ; R : route ; A : autoroute.

### IV.3.1.3. Utilisation actuelle des VUL par type de voie

En ce qui concerne la répartition du kilométrage annuel sur les trois types de voies de circulation, il n'existe à l'heure actuelle aucune information à notre connaissance pour les véhicules utilitaires légers. Comme nous l'avons souligné plusieurs fois au cours de ce travail, ces véhicules sont pour un grand nombre d'entre eux assez proches des véhicules particuliers. Bien que leur utilisation en fonction de l'âge soit sensiblement différente (cf. § 2P.IV.3.1.1.), les données concernant les kilométrages des essence et des diesel sont pratiquement équivalentes (fig. 178). En revanche, si l'on compare les chiffres des trois segments de véhicules particuliers (bas, moyen et haut) aux trois classes de véhicules utilitaires légers (en fonction du PTAC) pour les essence et les diesel (fig. 179), on constate que des différences relativement importantes apparaissent, notamment en ce qui concerne les deux catégories supérieures de véhicules à essence.

Malgré ces écarts sensibles sur les kilométrages annuels, nous n'avons pas d'autre possibilité que d'attribuer aux utilitaires légers les taux d'utilisation par réseaux précédemment calculés pour les véhicules particuliers. Bien que ces résultats concernent les véhicules particuliers roulant en 1993 alors que ce sont les véhicules utilitaires légers de 1991 qui sont concernés, pour des raisons de délais nous n'avons pas refait les calculs de coefficient d'utilisation pour 1991.

Les résultats concernant l'utilisation des voitures sur les trois types de réseaux sont données pour six segments commerciaux alors que nous n'avons que trois classes de véhicules utilitaires. Nous avons par conséquent regroupé les 6 segments 2 par 2 de façon à n'en obtenir que 3 : bas, moyen et haut. Connaissant les effectifs et les kilométrages annuels des voitures enquêtées (tab. 12), ce regroupement des segments fut effectué par une simple moyenne pondérée.

segment	VP essence				VP diesel			
	effectif	ville	route	autoroute	effectif	ville	route	autoroute
B1	1087	2886	4112	284	3	5530	10595	3482
B2	5877	4406	4734	1638	1319	5446	10617	3497
M1	3455	4472	5753	2247	1240	5606	9507	4210
M2	3203	4066	6015	2643	1584	5141	10342	4178
H1	939	3956	5683	3899	563	5344	9649	5305
H2	95	3481	4052	4826	80	5366	10995	4414

Tableau 12 : Effectifs de VP enquêtés et kilométrages annuels parcourus sur les trois réseaux en 1993 par segment commercial et carburant (d'après Hivert 1995).

On n'obtient ainsi plus que trois valeurs de kilométrages annuels pour chaque réseau (fig. 180 a et b) qui vont nous servir à calculer les coefficients correspondants pour nos trois classes de PTAC de véhicules utilitaires légers (fig. 181 a et b) en rapportant chaque valeur au kilométrage moyen annuel pour l'ensemble des véhicules particuliers.



La prédominance revient dans tous les cas au secteur routier, avec un écart important pour les véhicules diesel. Cependant, contrairement à l'autoroute et comme la ville, la circulation sur route diminue avec le PTAC des véhicules. On remarque également que la circulation urbaine varie très fortement avec le PTAC pour les véhicules à essence alors qu'elle en est pratiquement indépendante pour les diesel. Enfin, qu'ils s'agissent des premiers ou des seconds, la part de la ville est la même que celle de l'autoroute pour les plus gros véhicules.

#### **IV.3.1.4. Utilisation passée et future des VUL par type de voie**

Nous n'avons pour les véhicules utilitaires légers aucun moyen d'estimer l'évolution passée et future de leur kilométrage sur les différents réseaux. Nous leur attribuerons par conséquent la même évolution annuelle que pour les véhicules particuliers (cf. § 2P.IV.2.4.). La part de la ville reste donc constante, celle de la route diminue de 1,5%/an de sa valeur de 1994 en remontant dans le passé vers 1970 et 0,64%/an vers le futur, celle de l'autoroute respectivement de 3,5%/an et 1,5%/an pour les mêmes périodes.

#### **IV.3.2. Utilisation des poids lourds**

Seules deux enquêtes nous ont permis d'étudier l'utilisation réelle qui est faite des poids lourds en France ; l'une concerne les camions et l'autre les autobus et autocars. Aucune information n'a pu être récoltée pour les tracteurs routiers : nous leur attribuerons par conséquent les chiffres correspondant aux camions bien que leur utilisation ne soit, on s'en doute, pas tout à fait identique. Les données présentées ici et intégrées au calcul concernent généralement une année donnée, correspondant à la vague la plus récente des enquêtes considérées : pour des questions de temps et de délai, nous n'avons pas pu établir de moyenne sur une période couverte par toutes les enquêtes.

Parmi les nombreux déplacements des poids lourds immatriculés en France, une partie non négligeable des kilomètres est effectuée à l'étranger : ils ne devraient par conséquent pas être pris en compte pour le calcul des émissions de polluants en France. Cependant, un nombre également important de poids lourds étrangers circulent en France sans être comptabilisés dans nos estimations de parc. Malheureusement, aucune donnée concernant séparément les kilométrages et le nombre de véhicules ne nous a été accessible. Nous savons simplement que les poids lourds étrangers utilisent beaucoup plus l'autoroute que les routes nationales (76 / 24%) par rapport aux français (43 / 57%) (Rambeau, 1992). Nous devons donc considérer que les parcours français à l'étranger sont équivalents en longueur et nature à ceux des étrangers effectués en France. Par conséquent, les kilomètres effectués annuellement par les poids lourds immatriculés en France correspondront pour nous au seul territoire français.



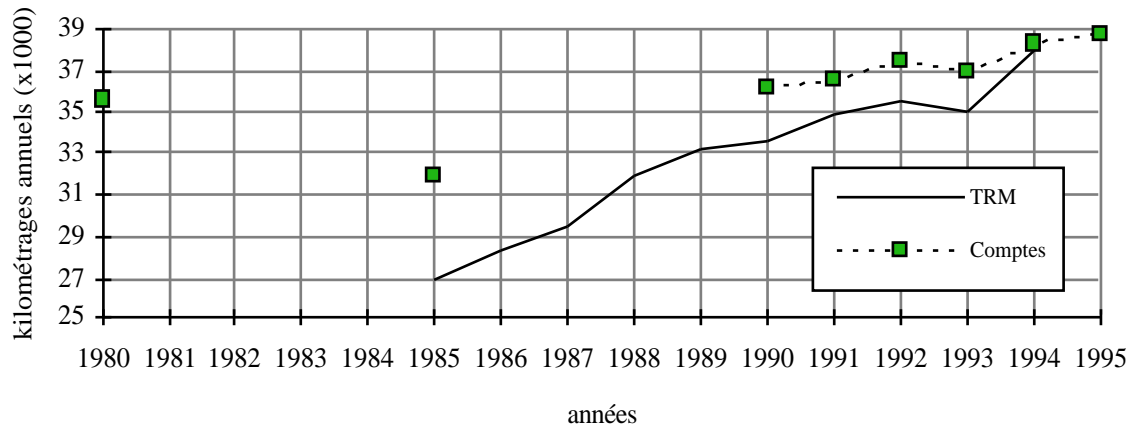


Figure 182 : Comparaison des kilométrages annuels des camions immatriculés en France (d'après OEST/Decure, 1995 et Commission des comptes des transports, 1994).

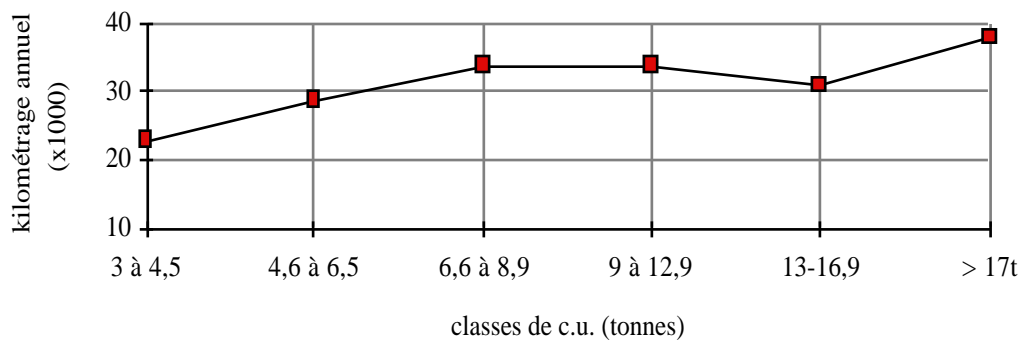


Figure 183 : Kilométrage annuel des camions immatriculés en France selon leur charge utile (c.u.) (d'après OEST/Decure 1995).

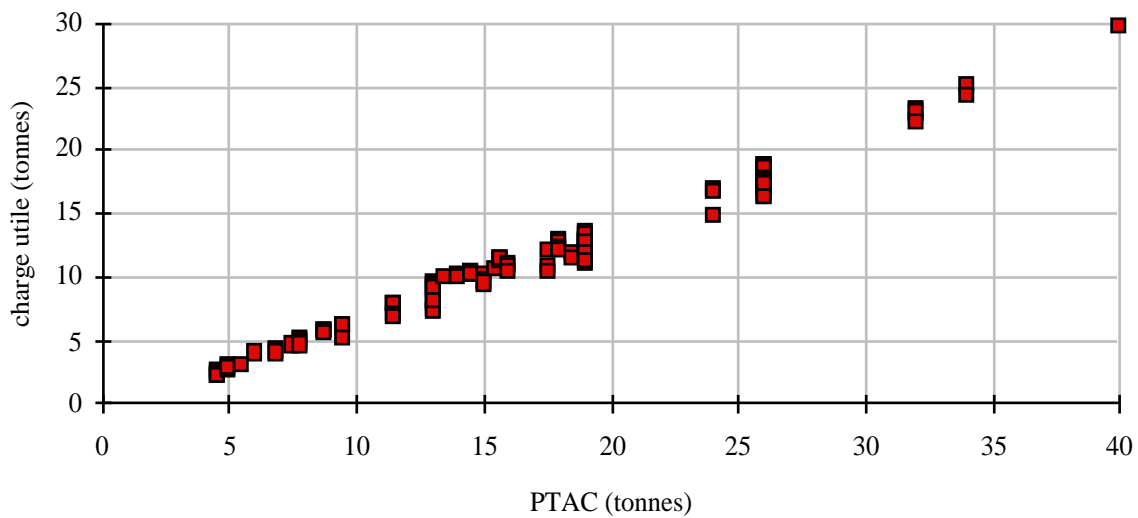


Figure 184 : Équivalence entre PTAC et charge utile (en t) pour les camions.

#### **IV.3.2.1. Utilisation des camions**

En ce qui concerne les camions, l'enquête TRM décrite en III.2.2.1 (OEST/Decure, 1995) permet de connaître les kilométrages annuels des véhicules pour l'ensemble des véhicules du parc (fig. 182) ou en fonction entre autre de leur âge et de leur charge utile. On constate que globalement, l'utilisation de ces véhicules est largement croissante. Pratiquement linéaire, la croissance est interrompue en 1993, année pendant laquelle les camions roulent moins qu'en 1992, pour reprendre plus fortement en 1994. À l'heure actuelle (1994) ce sont plus de 37 000 kilomètres qui sont parcourus annuellement par l'ensemble de ces véhicules.

Tous les ans, la commission des comptes des transports du Ministère du même nom étudie les chiffres concernant les transports en France de l'année qui vient de s'écouler. L'Insee édite un rapport présentant la plupart des résultats. Si l'on se réfère aux chiffres concernant les camions, on constate que les valeurs sont assez différentes de celles de l'OEST (fig. 182).

Les années pour lesquelles nous pouvons comparer les valeurs (1985 puis de 1990 à 1994) montre dans les deux cas une croissance assez forte. Cependant, les chiffres des comptes des transports sont supérieurs à ceux de l'enquête de l'OEST (TRM) sauf pour 1994 ; étant donné qu'ils concernent tous les poids lourds de plus de 5 t de PTR, les tracteurs routiers y sont inclus et font augmenter les valeurs. De plus, il est possible que les chiffres issus de l'enquête TRM soient sous estimés par les enquêtés ou "dégradés" par les non réponses. C'est cependant cette source que nous avons choisi d'exploiter puisqu'elle nous fournit des informations plus détaillées, notamment concernant l'âge des véhicules.

##### **IV.3.2.1.1. Utilisation des camions en fonction du poids**

Ce n'est pas le poids qui est employé pour caractériser les véhicules soumis à l'enquête mais plutôt leur charge utile (c.u.), qui représente la charge qu'ils sont autorisés à transporter en plus de leur propre poids à vide (fig. 183). Répartis selon six classes de charge, ces camions parcourent tous plus de 20 000 kilomètres par an, les plus utilisés étant bien évidemment ceux qui peuvent transporter les chargements les plus lourds (38 000 km/an). On constate cependant une "anomalie" pour les véhicules de charge utile comprise entre 13 et 17 t, qui roulent moins que ceux de 9 à 13 t.

Les données de parc auxquelles doivent être appliquées les coefficients d'utilisation tirés de ces kilométrages sont classées selon le poids total autorisé en charge (PTAC) et non en fonction de la charge utile comme ici. Nous devons par conséquent établir des correspondances entre ces deux paramètres afin de pouvoir exploiter les kilométrages pour le calcul du parc roulant (fig. 184). C'est

à partir de la gamme des camions Renault dont nous avons à disposition la description complète que la corrélation a pu être établie. Ces données représentent évidemment un cas particulier, tous les camions n'étant certainement pas conçus de la même façon.

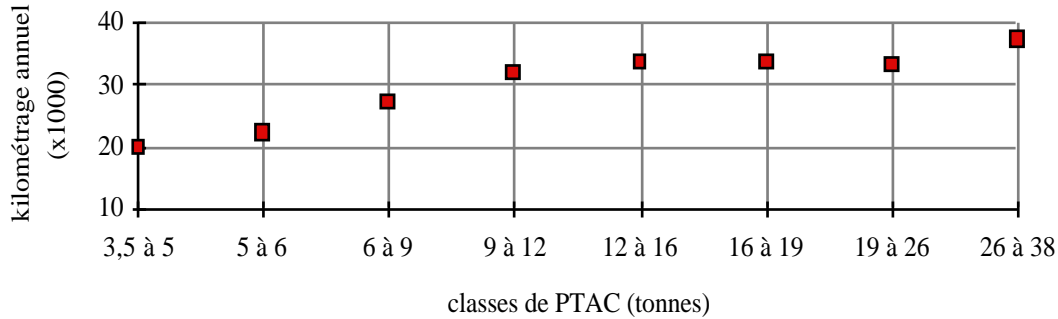


Figure 185 : Kilométrages annuels des camions en France calculé pour chaque classe de PTAC.

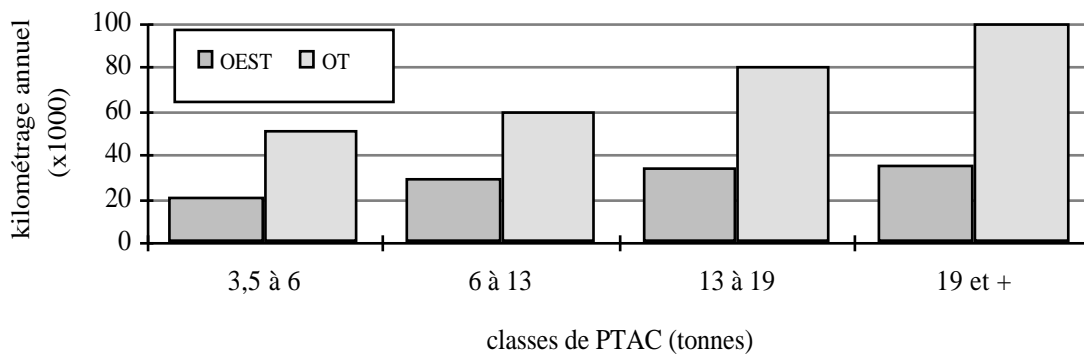


Figure 186 : Kilométrages annuels des poids lourds en France pour chaque classe de PTAC comparaison des sources (OT : Officiel des transporteurs).

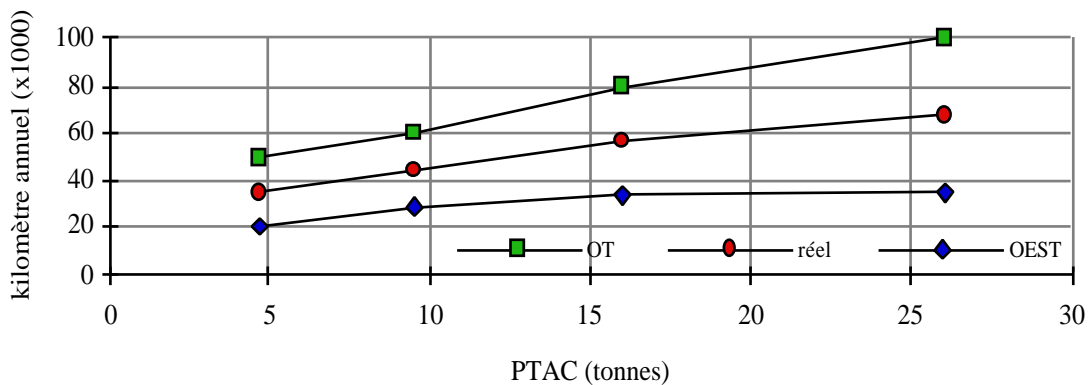


Figure 187 : Kilométrages annuels des poids lourds en France pour chaque classe de PTAC ; comparaison des deux sources et valeurs moyennes.

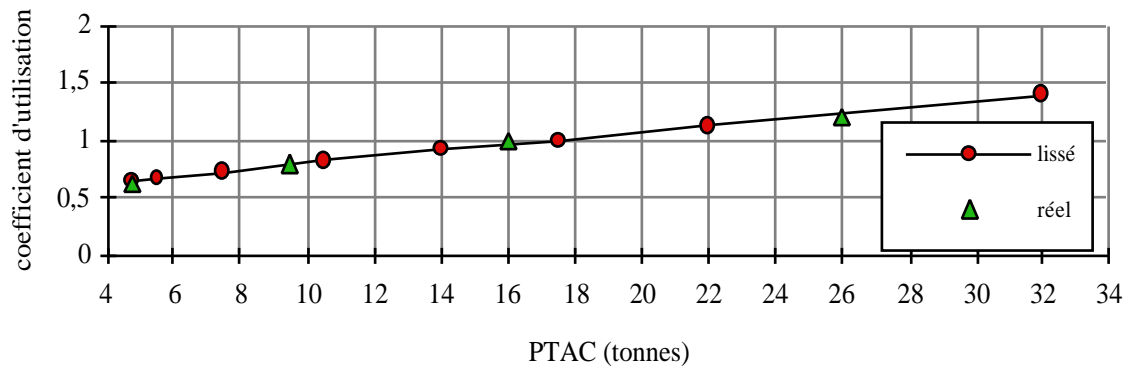


Figure 188 : Coefficient d'utilisation des camions en France en 1994 en fonction du PTAC. valeurs réelles ( $\Delta$ ), interpolation (droite) et valeurs intégrées au calcul (o).

Cependant, il aurait été bien trop long de contacter tous les constructeurs pour obtenir ces mêmes renseignements. On constate que la relation entre ces deux paramètres est tout à fait linéaire. À partir de cette répartition, il est possible d'établir une moyenne pondérée des kilométrages pour chaque classe de PTAC prenant en compte les kilométrages associées aux valeurs de charge utile de la classe en question dont les correspondances sont spécifiées dans le tableau 13. Comme précédemment, l'utilisation des camions croît avec le poids (fig. 185), exception faite des véhicules de PTAC compris entre 16 et 19 t et 19 et 26 t, qui roulent moins que ceux de 12 à 16 t.

classes de c.u.	classes de PTAC
3 à 4,5 t	3,5 à 5 t
4,5 à 6,5 t	5 à 6 t
6,5 à 9 t	6 à 9 t
9 à 13 t	9 à 12 t
13 à 17 t	12 à 16 t
17 t et plus	16 à 19 t
	19 à 26 t
	26 à 38 t

Tableau 13 : Comparaisons entre les classes de charge utile et les classes de PTAC pour les camions.

L'Officiel des Transporteurs préconise des kilométrages annuels permettant d'estimer un prix de vente pour les poids lourds d'occasion (camions et tracteurs routiers, fig. 186). Ils représentent l'usage annuel théorique qui est fait de chaque type de véhicule. Les classes de PTAC sont un peu différentes des nôtres (quatre au lieu de huit) et les tracteurs sont considérés comme une classe à part entière, sans distinction de poids.

Ces kilométrages augmentent plus nettement avec le poids et sont bien supérieurs aux valeurs collectées lors de l'enquête de l'OEST sur l'usage réel des camions. Même si les déclarations faites au cours de cette dernière peuvent sous-estimer l'utilisation des véhicules, l'écart entre les deux sources semble tout de même très important. Compte tenu de cet écart important, nous avons choisi de considérer la moyenne des deux valeurs pour chacune des quatre classes. Nous aurons ainsi des valeurs à mi-chemin entre l'usage théorique très intensif et l'usage réel apparemment sous estimé (fig. 187). L'interpolation de ces valeurs nous donne un tracé linéaire (fig. 188) qui va nous permettre de relever les chiffres correspondant aux classes de PTAC intermédiaire. Nous calculerons ensuite les coefficients en rapportant ces kilométrages partiels au kilométrage annuel global tous poids confondus.

Selon l'enquête de l'OEST, l'ensemble des camions a parcouru 38 000 kilomètres en moyenne pendant l'année 1994. Dans la mesure où nous avons synthétisé les données de cette enquête et celles de l'officiel des transporteurs, il semble logique de tenir compte des deux sources pour le calcul des coefficients. Cependant, l'officiel des transporteurs ne donne pas de kilométrage moyen pour la totalité du parc.



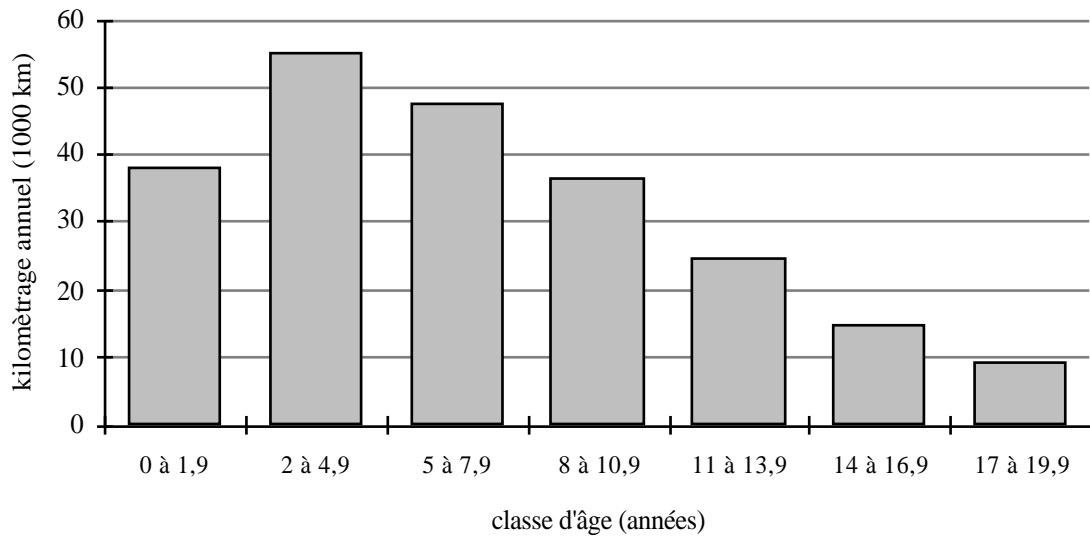
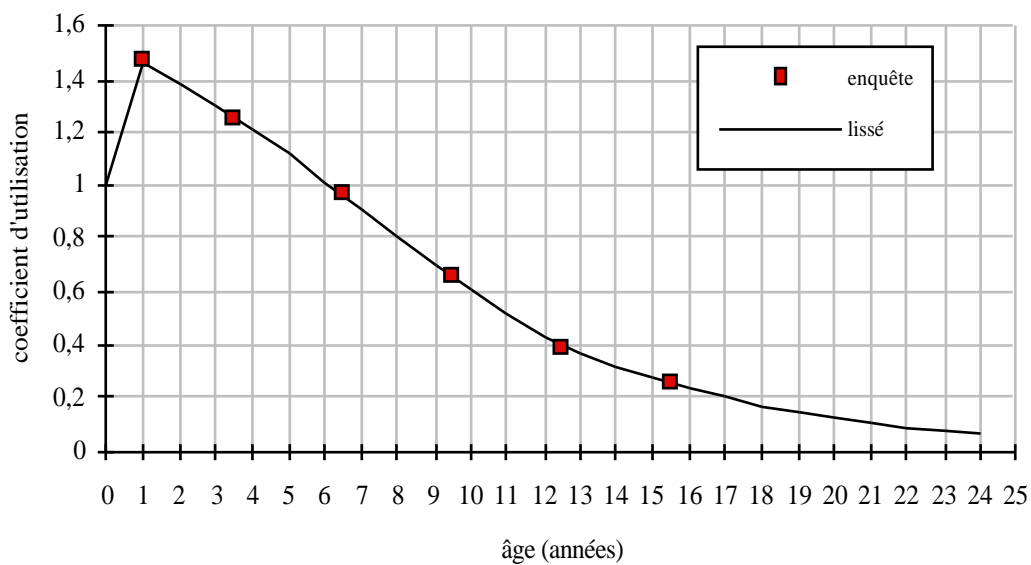


Figure 189 : Kilométrages annuels des camions immatriculés en France selon leur âge (d'après OEST/Decure 1995).



*Figure 190 : Coefficients d'utilisation des camions en France en fonction de leur âge.*

Nous avons donc établi une moyenne pondérée à partir des kilométrages partiels de chaque classe et du parc statique calculé pour 1992 (les données de kilométrages datent de cette année). Cela donne 75 232 kilomètres parcourus en 1992. Une simple moyenne entre les deux (56 616 km) nous servira de kilométrage annuel global pour le calcul des coefficients. Nous considérerons que les cotes de l'Officiel des Transporteurs restent les mêmes en 1994 et attribuerons par conséquent cette valeur moyenne à cette année.

La valeur fournie par l'Officiel des Transporteurs pour les tracteurs routiers (132 000 km) semble, d'après les renseignements récoltés auprès de trois professionnels français (une grande société de transport, un distributeur et une petite entreprise de transport de caravane) assez représentative de la réalité. Cependant, puisqu'il n'y a qu'une seule classe ne tenant pas compte du poids (PTR pour ces véhicules), nous n'attribuerons pas de coefficient d'utilisation en fonction du poids aux tracteurs routiers. De plus, cette catégorie de poids lourds semble plus homogène que celle des camions ; l'hypothèse d'une indépendance entre les kilométrages annuels et le poids peut donc être retenue sans que la précision du calcul en soit fortement influencée.

#### **IV.3.2.1.2. Utilisation des camions en fonction de l'âge**

La même enquête nous a permis de connaître les kilométrages annuels de camions en fonction de leur année de première mise en circulation et donc de leur âge. Sept classes d'âge sont mises en évidence par tranches de 3 ans, et ce pour les véhicules de 20 ans maximum (fig. 189). À partir de ces données, nous avons calculé les coefficients d'utilisation correspondants puis nous les avons ensuite interpolés pour trouver les valeurs pour correspondant à tous les âges (fig. 190). Deux regressions ont dû être combinées, une courbe polynômiale jusqu'à 12 ans puis exponentielle au delà. Le fait d'utiliser ce coefficient d'utilisation calculé à partir des données de kilométrages des camions pour les tracteurs routiers introduit un biais dans la mesure où ces derniers ne survivent que jusqu'à 21 ans. Compte tenu des valeurs de ce coefficient, les tracteurs les plus âgés vont parcourir un nombre de kilomètres peut-être plus élevé que dans la réalité.

#### **IV.3.2.1.3. Utilisation actuelle des camions par type de voie**

Il n'existe à notre connaissance aucune information officielle sur la répartition du kilométrage annuel des poids lourds (camions comme tracteurs routiers) entre la ville, la route et l'autoroute en France. Les seuls chiffres disponibles sont des données concernant les circulations, c'est à dire le nombre de kilomètres parcourus distinctement sur les trois types de voies multiplié par le nombre des camions qui y circulent. Nous ne pouvons en aucun cas utiliser cet élément pour nos calculs de coefficients dans la mesure où nous ne connaissons pas les effectifs de véhicules roulant sur les

voies considérées : si la circulation est de X véh.km par an, il peut s'agir d'un véhicule parcourant ces X kilomètres ou 100 véhicules en parcourant X/100. Le nombre de kilomètres par véhicule n'est donc pas accessible.

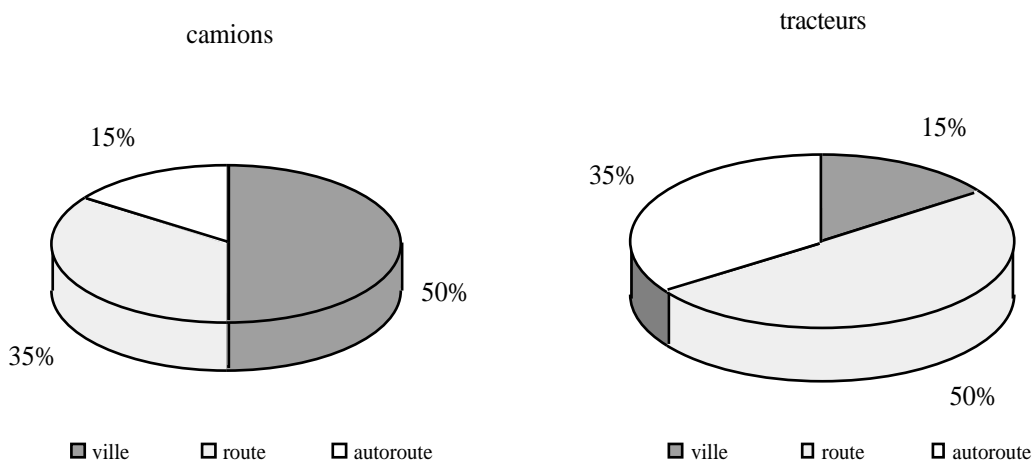


Figure 191 : Utilisation des camions et tracteurs routiers français sur les trois différents réseaux routiers.

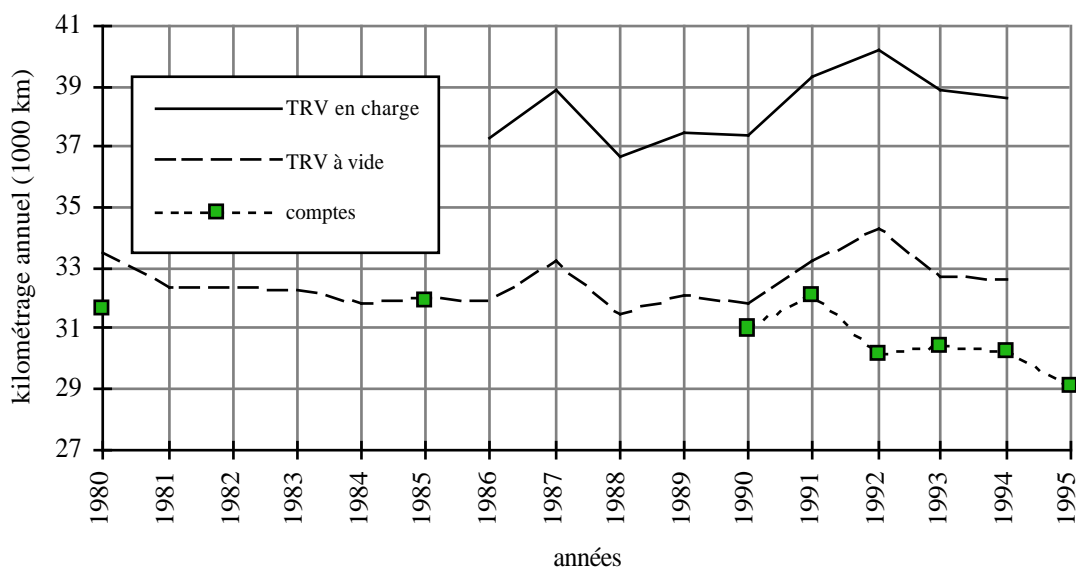


Figure 192 : Comparaison des kilométrages annuels des autobus et autocars immatriculés en France selon les sources (d'après OEST/Rouxel (TRV), 1994 et Commission des comptes des transports, 1994).



Pour pallier cette lacune, nous n'avons pu effectuer qu'une estimation de ce que peut être cette distribution à partir des informations collectées auprès des trois professionnels précédemment cités (fig. 191). Il semblerait ainsi que la ville représente 50% du kilométrage annuel des camions, la route 35% et les autoroutes 15%. En ce qui concerne les tracteurs routiers, 15% seulement de leur utilisation annuelle se fait en ville, 50% sur route et 35% sur autoroute. Ce sont ces deux répartitions respectives qui seront intégrées au calcul.

#### **IV.3.2.1.4. Utilisation passée et future des camions par type de voie**

Comme pour les utilitaires légers, nous n'avons pas eu d'autre choix que d'attribuer aux camions et tracteurs routiers (et aux bus par la suite) les variations mises en valeur pour les véhicules particuliers, soit une diminution passé par rapport à 1994 de 1,5%/an de 1994 à 1970 pour le coefficient d'utilisation de la route et de -0,64%/an entre 1994 et 2020, respectivement -3,5%/an et 1,5%/an pour l'autoroute, la part de la ville restant stable entre 1970 et 2020.

#### **IV.3.2.2. Utilisation des bus et cars**

L'enquête sur le transport routier de voyageur (TRV ; OEST/Rouxel, 1995) apporte des précisions non négligeables sur l'utilisation des autocars et autobus en France, en fonction de leur âge et du nombre de places assises qu'ils offrent. Malheureusement, aucune information concernant ce dernier paramètre n'est enregistrée avec nos données d'immatriculations ; on ne connaît pas non plus la nature des véhicules considérés (bus ou car). Les seuls renseignements exploitables seront par conséquent la diminution du kilométrage annuel avec l'âge. Contrairement aux camions, la répartition de ces parcours sur route ou en ville est évoqué au sein du questionnaire. Par contre, nous devons établir des hypothèses sur l'utilisation des cars sur autoroute, aucune distinction entre route et autoroute n'étant effectuée.

Dans un premier temps, si l'on considère le kilométrage annuel moyen de l'ensemble des véhicules routiers de transport de voyageurs, on constate qu'il a très peu augmenté depuis ces dix dernières années (fig. 192) : un peu supérieur à 37 000 kilomètres en 1986 (première année connue), il n'atteint pas 39 000 kilomètres en 1994. Comme pour les camions, nous avons portés sur un même graphique les chiffres de l'enquête de l'OEST (TRV) et ceux synthétisés par l'Insee à partir des comptes des transports à titre de comparaison ; ce sont cependant les chiffres de l'OEST que nous utiliserons puisqu'ils sont beaucoup plus détaillés que ceux de l'Insee. On constate cette fois que les données de l'enquête TRV sont très supérieures. Cependant, il s'agit des kilomètres parcourus par la totalité des bus en service (74% en 1994 - OEST/Rouxel, 1995) qu'ils soient en charge ou à vide. Si l'on ne considère que les kilométrages effectués "en charge" issus de l'enquête OEST (TRV) et qui sont exploitables annuellement entre 1978 et 1994, l'écart entre les deux sources se réduit. Il semble par conséquent logique de penser que les chiffres traités par l'Insee issus de la commission des comptes du Ministère des transports concernent uniquement les kilomètres effectués en charge.

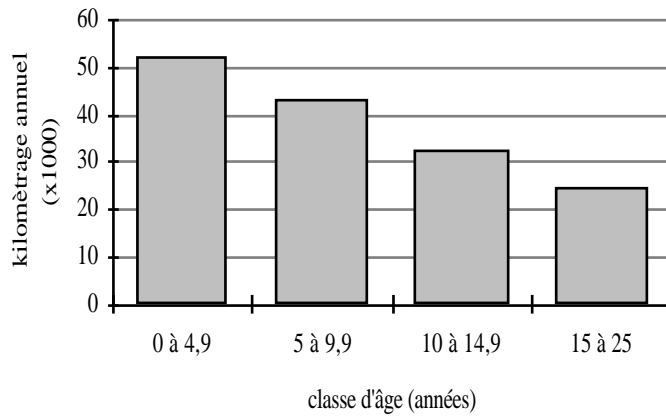


Figure 193 : Évolution de l'utilisation des bus et cars en fonction de leur âge (d'après OEST/Rouxel, 1995)

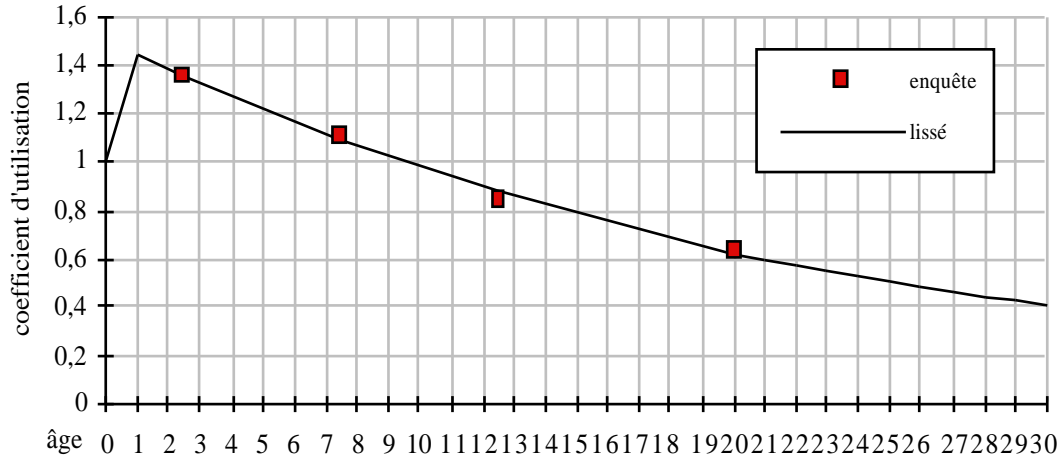


Figure 194 : coefficient d'utilisation des bus et cars en fonction de leur âge.

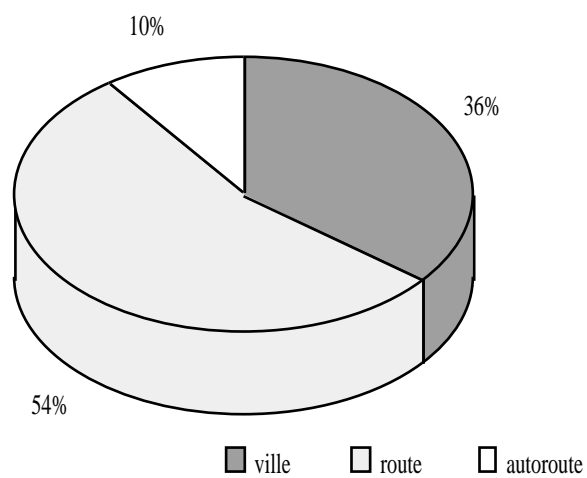


Figure 195 : Utilisation des bus et cars français sur les différents réseaux routiers



#### **IV.3.2.2.1. Utilisation des bus en fonction de l'âge**

Quatre classes d'âge sont distinguées au cours de l'enquête TRV, les trois premières par tranches de 5 ans (0 à 4 ans, 5 à 9 ans et 10 à 14 ans), la dernière de 11 ans (15 à 25 ans). Au même titre que les autres véhicules déjà étudiés, l'utilisation des bus diminue lorsque leur âge augmente (fig. 193). À partir de ces kilométrages et du kilométrage annuel global, nous avons calculé les coefficients d'utilisation (cf. § 2P.IV.1.) correspondants, que nous avons attribués au centre d'inertie de chaque classe (fig. 194). Puis à partir d'une équation de régression de type exponentielle, nous avons interpolé les valeurs intermédiaires et extrapolé les coefficients pour les véhicules de plus de 20 ans. La tranche comprise entre 0 et 4 ans est représentée par un point au niveau des véhicules de 2 ans. Pour les bus (et cars) plus jeunes, la prolongation de la courbe nous a permis de trouver le point pour 1 an. Pour les véhicules de moins de 1 an (0), nous n'avons pas d'informations. On considérera qu'ils parcourent la moitié du kilométrage des bus de 1 an, partant du principe qu'on ne tient compte que des immatriculations de la moitié de la première année.

#### **IV.3.2.2.2. Utilisation des bus en fonction du PTAC**

Ne disposant d'aucune information nous permettant de calculer l'évolution du kilométrage annuel en fonction du PTAC des bus et cars, nous utiliserons les mêmes valeurs que celles précédemment déterminées pour les camions (cf. § 2P.IV.3.2.1.1.).

#### **IV.3.2.2.3. Utilisation actuelle des bus par type de voie**

Parmi les informations disponibles sur le kilométrage annuel des autobus et autocars enquêtés, la distinction entre transport urbain, routier et "autre transport" nous est particulièrement utile (OEST/Rouxel 1995). Il n'existe cependant pas à notre connaissance de renseignement précis sur la circulation des cars sur autoroute ; en effet, la valeur correspondant à cet "autre transport" nous paraît un peu trop élevée pour l'attribuer à la seule autoroute. De plus, d'après la description de la méthodologie suivie lors de l'enquête, dans ces parcours "autre transport" certains concernent souvent du transport urbain. Nous avons par conséquent dû émettre des hypothèses pour l'autoroute (fig. 195). Nous avons ainsi considéré que les activités dites de transport urbain et de service pouvaient être entièrement attribuées à la ville (36%), la totalité du transport routier à la route (60%) et la catégorie "autres transports" et "autres activités" à l'autoroute (4%). Cependant, il semble que 4% pour l'autoroute soit vraiment faible ; nous fixerons par conséquent cette part à 10%, réduisant d'autant la part de la ville (54% au lieu de 60%). Ce sont par conséquent des

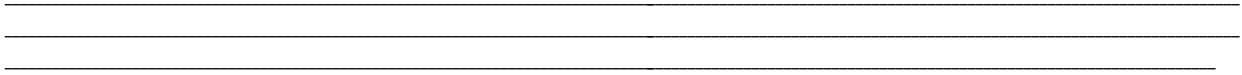
coefficients de 0,36, 0,54 et 0,1 que nous intégrerons au calcul du parc roulant des autobus et autocars.

#### **IV.3.2.2.4. Utilisation passée et future des bus par type de voie**

Si, comme précédemment, nous utilisons les variations mises en valeur pour les véhicules particuliers, soit une diminution passé par rapport à 1994 de 1,5%/an de 1994 à 1970 pour le coefficient d'utilisation de la route et de -0,64%/an entre 1994 et 2020, respectivement -3,5%/an et 1,5%/an pour l'autoroute, La part de la route est de 0,73 en 1970, la ville toujours de 0,36 ; sans compter l'autoroute, la somme est déjà supérieure à 1. Nous déduisons par conséquent la part de la de la route en soustrayant à 1 la somme ville + autoroute. Pour le futur, les variations intégrées au modèle seront les mêmes que pour le reste des véhicules.

### **Conclusion**

Au cours de nos recherches concernant la nature des véhicules immatriculés sur notre territoire, nous avons pu mettre en évidence un certain nombre de tendances intéressantes relatives au marché de l'automobile. Tout d'abord on aura noté la croissance des immatriculations de presque tous les véhicules. En ce qui concerne les premières, nous avons pu constater un développement considérable de la motorisation diesel depuis 1970, qui semble tout de même quelque peu s'essouffler à l'heure actuelle et devrait même connaître un affaiblissement certain dans les années à venir. La cylindrée moyenne de ces véhicules particuliers neufs, mais également leur puissance et leur poids ont globalement augmenté au cours du temps, alors qu'il semblerait que des efforts soient faits dans le sens d'un abaissement des consommations. Enfin la climatisation, équipant les automobiles depuis les années 80 seulement (en France) connaît depuis son apparition un engouement incessant qui devrait continuer dans le futur. Les immatriculations de véhicules utilitaires sont surtout dominées par les utilitaires légers (poids inférieur à 3,5 tonnes) dont la diésélisation est également galopante depuis 1970. C'est par leur intermédiaire qu'est transportée une large part des marchandises sur notre territoire à l'heure actuelle. Les camions ont tendance à être de plus en plus délaissés au profit des tracteurs routiers dont les poids transportables sont bien supérieurs. Compte tenu de l'importance du mode routier dans le transport de marchandises en France, qui ne devrait pas connaître de ralentissement dans le futur, l'évolution de cette répartition des poids lourds devrait se prolonger dans les années à venir.



## **TROISIÈME PARTIE : LES RÉSULTATS**

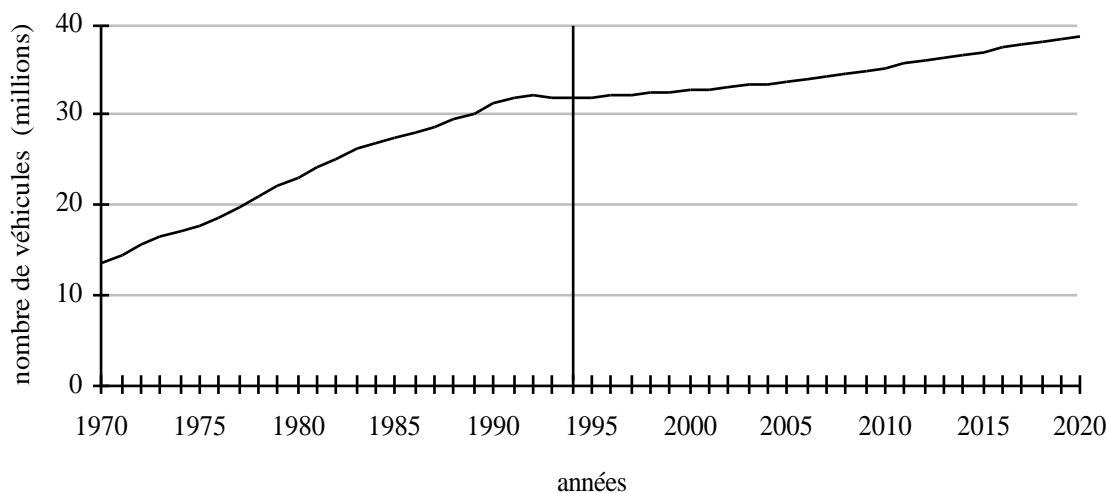


Figure 196 : Évolution du parc statique en France par rapport à 1970 (100%).

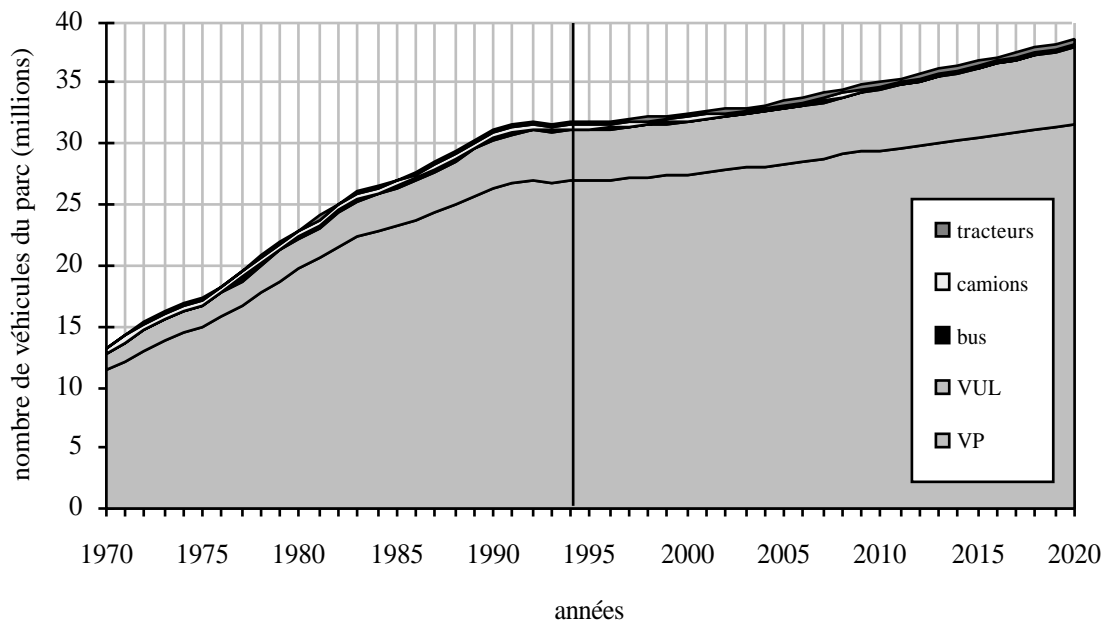


Figure 197 : Parc statique total en France réparti par catégorie de véhicules.





## Introduction

Il existe en France de nombreuses techniques de calcul du parc automobile, motivées par diverses préoccupations : démographique, socio-économique, législative. Notre approche privilégie l'aspect technologique des véhicules (parc statique) et l'usage qui en est fait (parc roulant). Le but de notre travail est de développer un outil de modélisation très détaillée du parc automobile qui n'existait pas à notre connaissance jusqu'ici en France. Le logiciel "parc" nous permet ainsi de modéliser le parc automobile statique ou roulant des véhicules routiers en France. Les nombreuses combinaisons de paramètres techniques que nous avons pris en compte lors de nos calcul nous fournissent des résultats qui peuvent être très détaillés et présentés sous de nombreuses formes. Nous en présenterons ici une synthèse de façon à mettre en évidence les tendances les plus intéressantes et représentatives, tous ceux qui ne seront pas abordés ici étant consultables en annexe ou sur support informatique. Les chiffres exposés ici correspondent à un certain nombre d'hypothèses nous avons choisi et ne prétendent en aucun cas être la vérité sur ce que sera le parc automobile dans le futur. C'est une image représentative de toutes les tendances abordées dans les deux premières parties de ce travail.

## I. Le parc statique

Le parc statique correspond au nombre de véhicules en service sur notre territoire. Il n'est constitué que d'environ 10% de véhicules neufs ; c'est une accumulation progressive de véhicules qui se renouvellent plus ou moins vite. Les variations précédemment mises en évidence pour les immatriculations neuves vont donc être amorties par l'inertie des véhicules anciens (90% du parc). Ses évolutions seront par conséquent plus modérées et en général déphasées par rapport au marché des véhicules neufs. En ce qui concerne le futur, les hypothèses que nous avons établies pour les immatriculations étant linéaires, les variations du parc seront plus progressives encore.

Le parc statique total tous véhicules confondus (particuliers et utilitaires) augmente fortement depuis 1970 jusqu'en 1993 où, suite aux affaiblissements des immatriculations du milieu des années 90, il stagne quelques années puis recommence à croître plus raisonnablement tout de même dès 1997 jusqu'en 2020 (fig. 196). La distribution des différentes catégories de véhicules montre une large dominance des véhicules particuliers qui diminuent légèrement tout au long de la

période d'étude au profit des véhicules utilitaires légers (fig. 197). Les poids lourds, dont l'importance n'est plus à prouver en terme de pollution, sont très minoritaires en effectifs.

### I.1. Le parc statique des véhicules particuliers (VP)

Certaines estimations sont effectuées à partir des immatriculations totales, que nous connaissons jusqu'en 1996 et que nous avons extrapolées à partir de 1997 : c'est par exemple le cas pour les véhicules climatisés ou les véhicules hors d'usage.

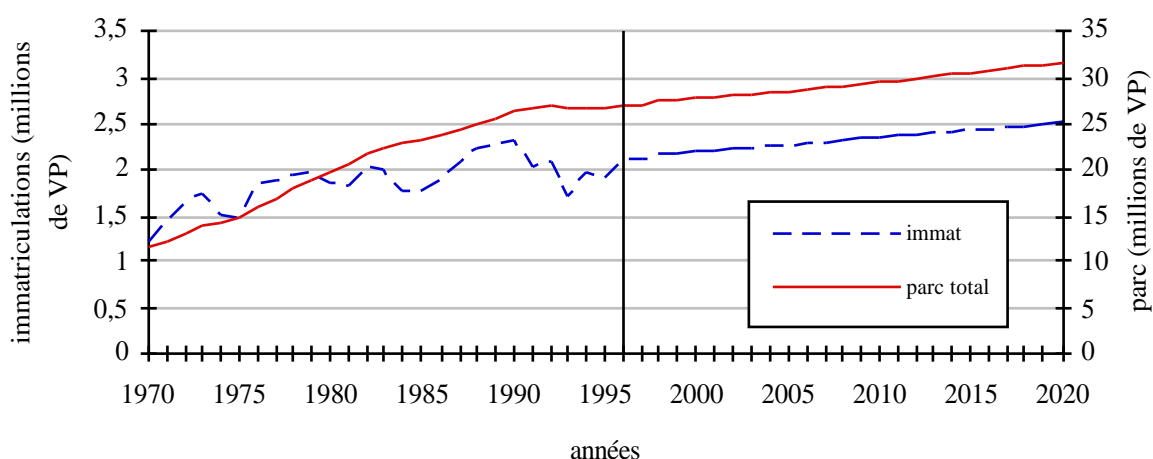


Figure 198 : Immatriculations neuves et parc statique de véhicules particuliers en France entre 1970 et 2020.

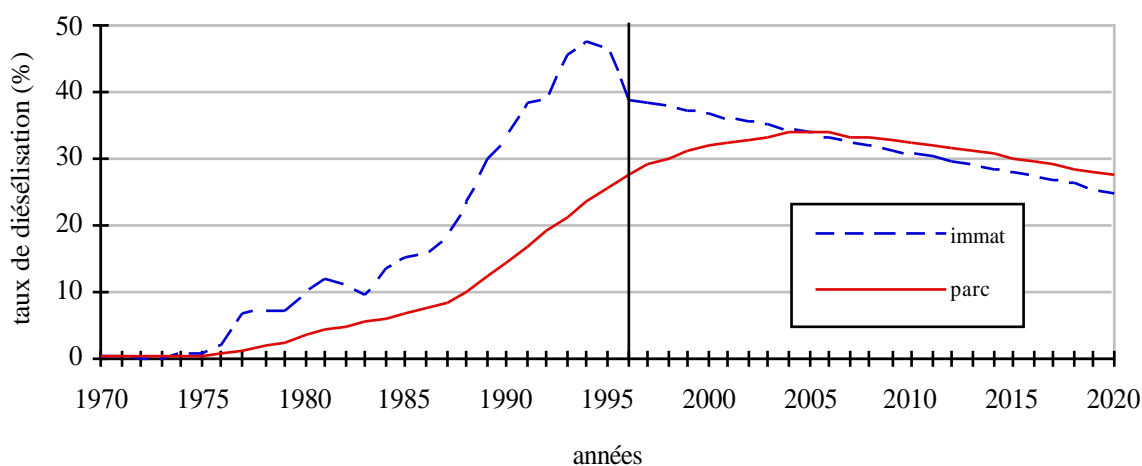


Figure 199 : Taux de diésélisation des immatriculations neuves (S1) et du parc statique de véhicules particuliers.



)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

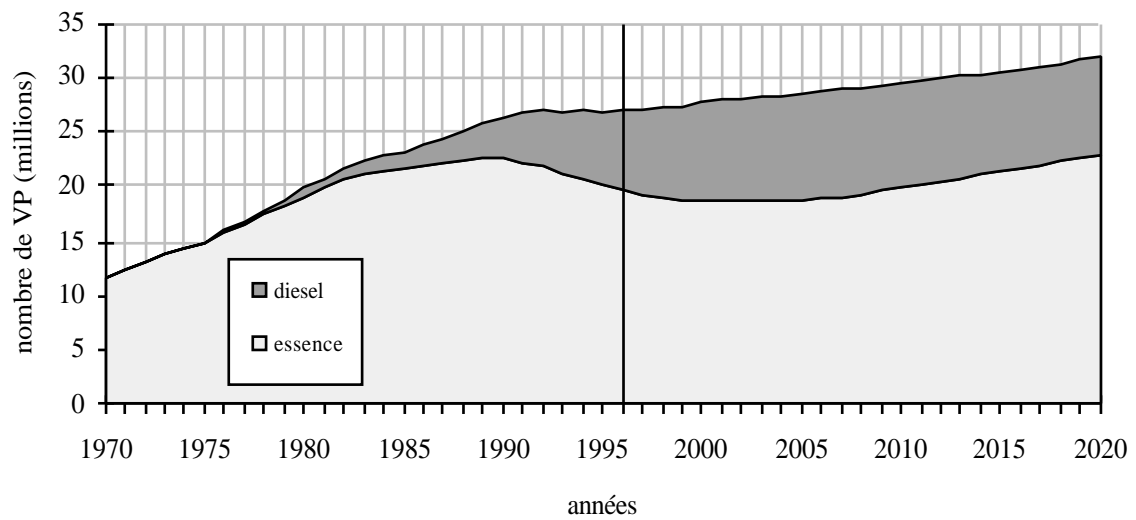


Figure 200 : Répartition essence - diesel des véhicules du parc statique (S1).

D'autres sont calculées avec les immatriculations détaillées que nous n'avons intégrées au modèle que jusqu'en 1994. Par conséquent, le parc futur ne débutera pas toujours à la même date. La limite entre le parc connu et le parc futur extrapolé est symbolisée sur les graphiques par une barre verticale.

Nous présenterons tout d'abord les résultats détaillés du calcul effectué avec l'hypothèse basse de diésélisation des immatriculations (25% en 2020), qui nous paraît être la plus cohérente compte tenu des difficultés politiques que rencontre actuellement cette motorisation. Puis nous présenterons de succinctes comparaisons avec les deux autres scénarii (35% et 50% d'immatriculations diesel en 2020). Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à l'évolution du parc statique de véhicules particuliers comparé à leurs immatriculations neuves (connues jusqu'en 1996 puis extrapolées jusqu'en 2020). On constate qu'après un développement très important après 1970, la croissance du parc connaît un ralentissement entre 1992 et 1996, dû à l'effondrement sans précédent des immatriculations entre 1990 et 1993 (fig. 198). Elle reprend ensuite, plus raisonnablement toutefois compte tenu du ralentissement des immatriculations (cf. § 2P.I.2.), pour atteindre 32 millions de véhicules particuliers en 2020.

### **I.1.1. Le taux de diésélisation du parc statique des VP**

Alors que la diésélisation des immatriculations de voitures neuves semble avoir atteint son maximum en 1994 (48%), celle du parc continue à augmenter jusqu'en 2004 (34%), compte tenu de l'inertie dû au rythme de renouvellement du parc (fig. 199). Elle sera même supérieure à celle des immatriculations dès 2005. Elle diminue ensuite pour retrouver une valeur assez proche de ces dernières en 2020 (28%). La répartition des effectifs des véhicules particuliers du parc en fonction de leur carburant montre bien la reprise de la motorisation essence, sans pour autant que le nombre de véhicules diesel ne diminue (fig. 200). Après 2004, il semblerait que leur volume ne varie plus jusqu'en 2020 (environ 10 millions).

### **I.1.2. La cylindrée des VP du parc statique**

Nous avons ensuite analysé la distribution des véhicules particuliers du parc en fonction de leur carburant et de leur cylindrée. On trouvera en annexe V la répartition du parc essence, diesel et global selon les 12 classes de cylindrée pour les années 1970, 1980, 1990, 2000 et 2020. Nous présenterons ci dessous les trois grandes classes de cylindrée respectivement pour les essence et les diesel puis la cylindrée moyenne pour les deux carburants.

En ce qui concerne les véhicules à essence, on ne constate pas de grande variation de cette distribution au cours du temps (fig. 201). La classe supérieure augmente très faiblement, de même que l'intermédiaire, toutes deux aux dépens des petites cylindrées. La répartition des véhicules diesel est beaucoup plus remarquable : seules les catégories extrêmes sont représentées dans les premières années (fig. 202).

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

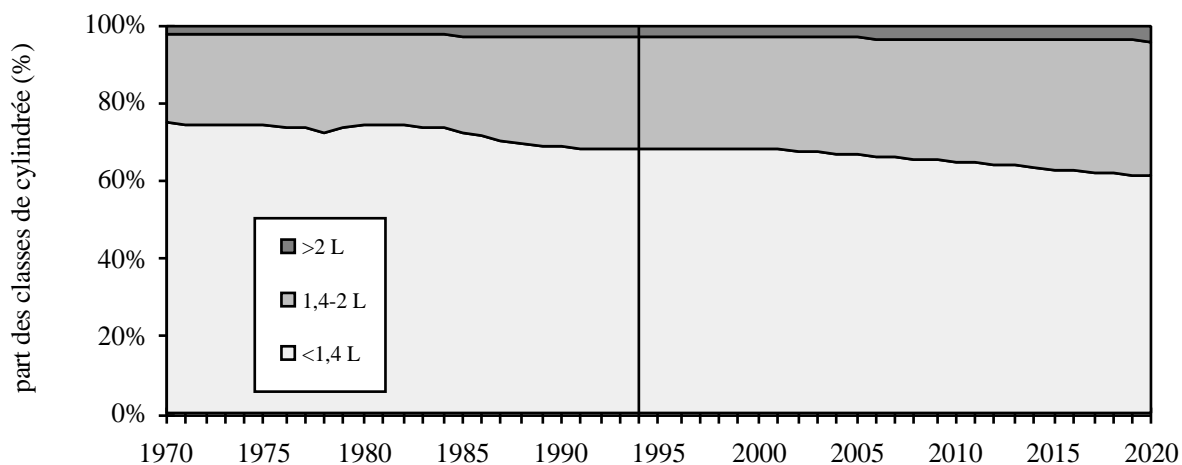


Figure 201 : Répartition du parc statique de véhicules particuliers à essence selon leur classe de cylindrée (S1).

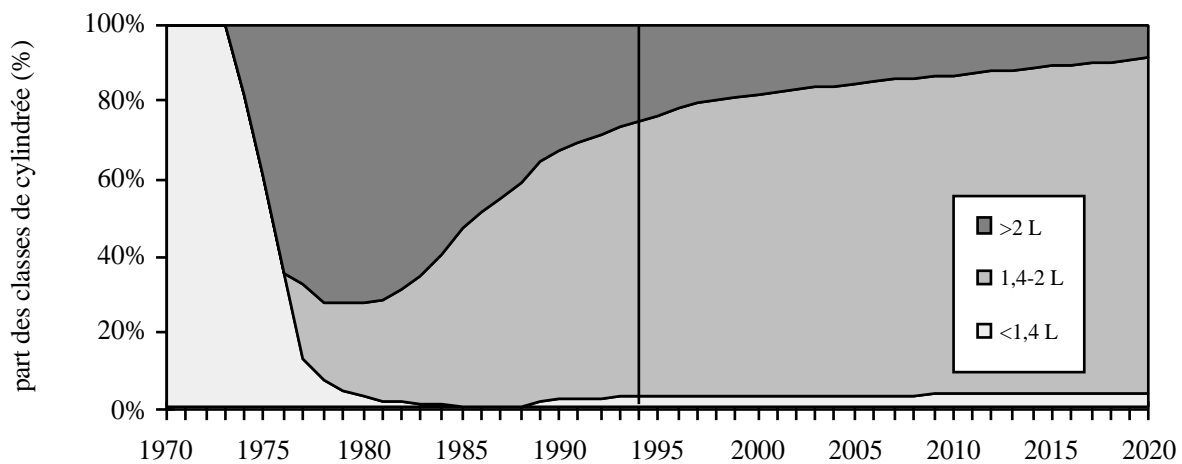


Figure 202 : Répartition du parc statique de véhicules particuliers diesel selon leur classe de cylindrée (S1).

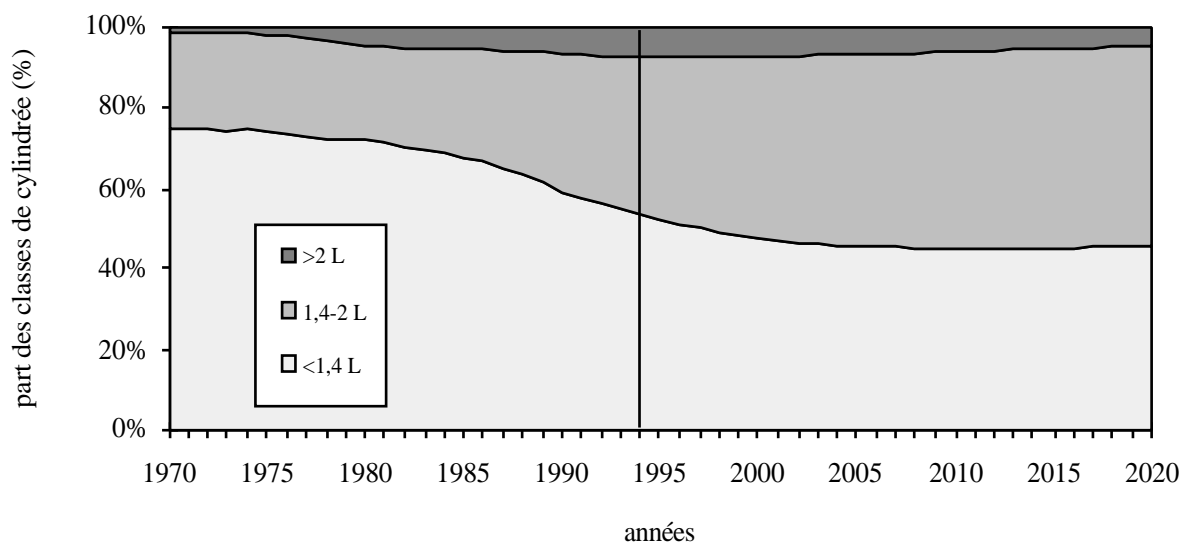


Figure 203 : Répartition du parc statique total de véhicules particuliers selon leur classe de cylindrée (S1).

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

Rappelons cependant que ce n'est qu'à partir de 1976 que l'on commence à avoir un échantillon de voitures diesel neuves significatif en terme de caractéristiques techniques. Les véhicules de petite cylindrée vont disparaître pour revenir en 1988, mais resteront de toute façon très faiblement représentés. De même, les véhicules de la classe supérieure diminuent, mais moins radicalement, et conservent une plus grande importance. Ce sont les voitures de cylindrée moyenne qui connaissent un essor particulièrement remarquable et deviennent largement majoritaire dès 1988, pour atteindre 75% du parc en 2020. On notera que les variations de cette distribution prévue pour l'avenir sont beaucoup plus faibles que par le passé, du fait de la plus grande homogénéité technologique des véhicules immatriculés par rapport aux premières années d'existence de cette motorisation. L'association des deux motorisations provoque une diminution de l'ensemble des véhicules particuliers de moins de 1,4 litres à partir de 1985 jusqu'en 2005 pour rester à 45% à partir de cette date (fig. 203). La classe moyenne compense en grande partie cette diminution puisque les grosses cylindrées restent assez confidentielles (maximum 8% en 1994) sur toute la période d'étude.

Les variations de la distribution des voitures diesel selon ces trois classes de cylindrée se retrouvent au niveau de la cylindrée moyenne du parc : stable puis fortement croissante avant 1977, elle diminue dès 1978 pour se stabiliser en 1991 (fig. 204). Elle continue cependant à diminuer, le nombre de véhicules de grosse cylindrée étant en régression progressive jusqu'en 2020. La cylindrée moyenne des voitures à essence varie plus progressivement compte tenu de la distribution presque invariante des trois classes de cylindrée. La valeur globale pour l'ensemble du parc suit plus ou moins la même évolution. Très peu influencée par les variations fantasmées de la cylindrée des diesel trop peu nombreux dans les premières années, elle augmente cependant plus vite que la valeur des essence suite au développement des diesel dont la cylindrée moyenne est bien supérieure à ces derniers. Puis elle se stabilise lorsqu'ils perdent de leur importance et commence même à décroître dans les dernières années d'étude, les voitures à essence devenant à nouveau prédominantes.

### **I.1.3. La puissance des VP du parc statique**

Comme pour la cylindrée, nous ne nous attarderons pas ici sur le répartition du parc selon les 7 classes de puissance, que l'on trouvera en annexe VI. Les pentes que nous avons établies pour les évolutions futures d'immatriculations de voitures neuves ne tiennent pas compte de la puissance. Les résultats sont par conséquent à considérer avec prudence pour le futur. Les extrapolations des

immatriculations après 1994 ne tenant compte que du carburant et de la cylindrée, les variations de puissance sont indirectement régies par ces deux paramètres. L'analyse de la puissance réelle moyenne montre une influence forte des véhicules à essence : en effet, de 1970 à 2020, les valeurs correspondant aux essence et de l'ensemble du parc sont pratiquement confondues (fig. 205). L'écart entre la puissance des diesel et des essence est de plus relativement faible et se réduit assez rapidement pour s'inverser même à partir de 2010. Alors que la première continue à croître, la seconde atteint un maximum en 2004, qu'elle conserve jusqu'en 2014, puis diminue pour retrouver en 2020 sa valeur de 1999.

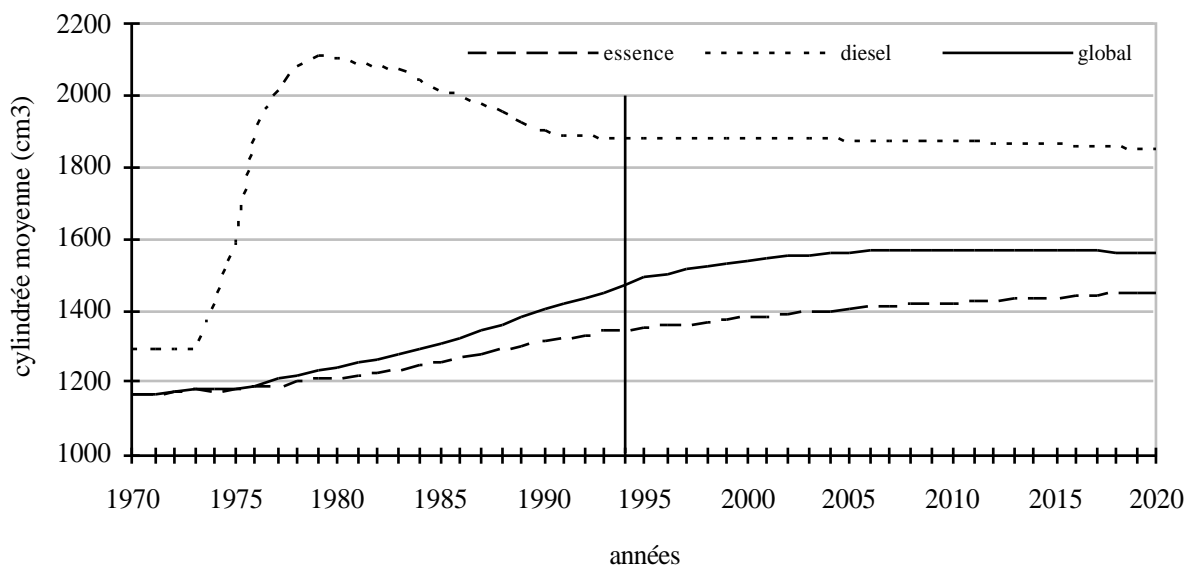


Figure 204 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers à essence et diesel du parc statique (S1).

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

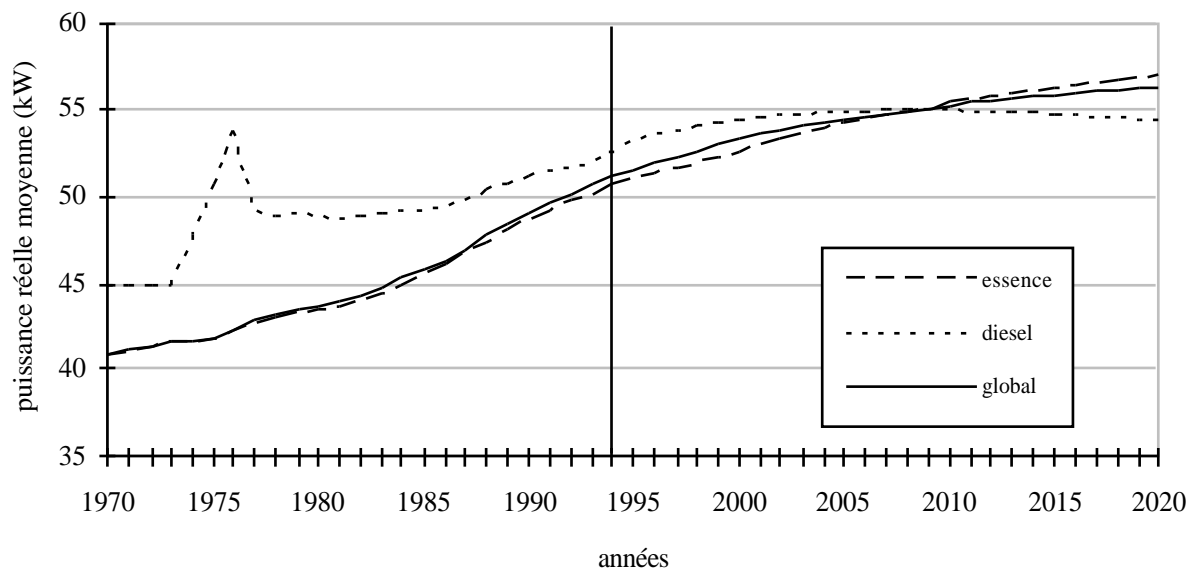


Figure 205 : Puissance réelle moyenne des véhicules particuliers à essence et diesel du parc statique (S1).

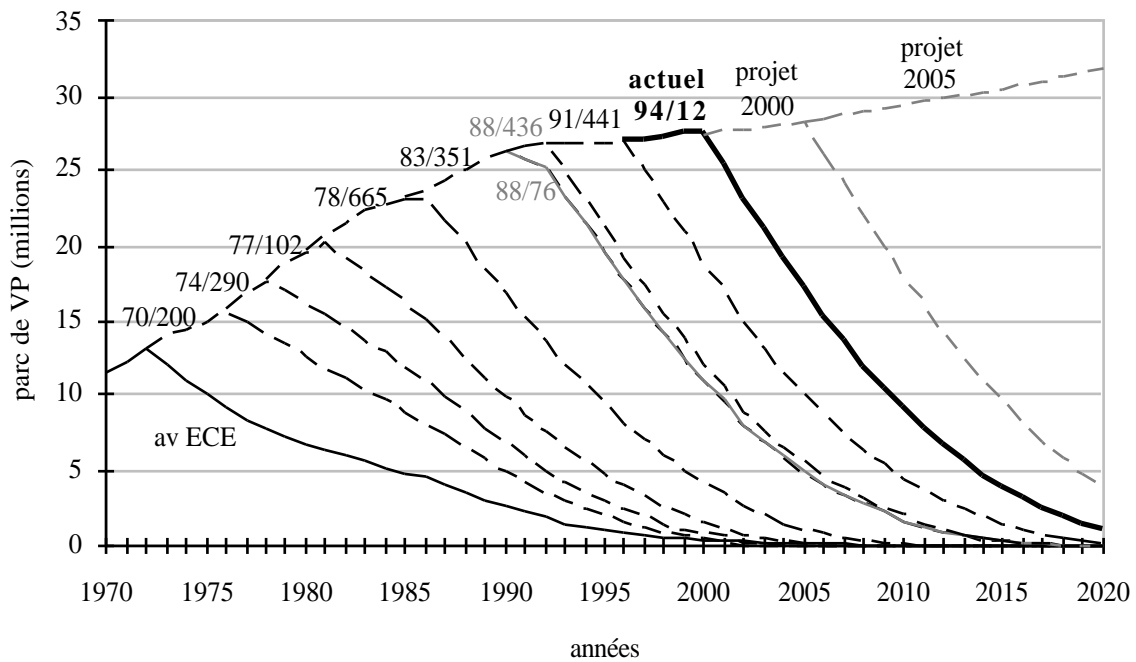


Figure 206 : Répartition du parc statique total de véhicules particuliers selon les directives Européennes.

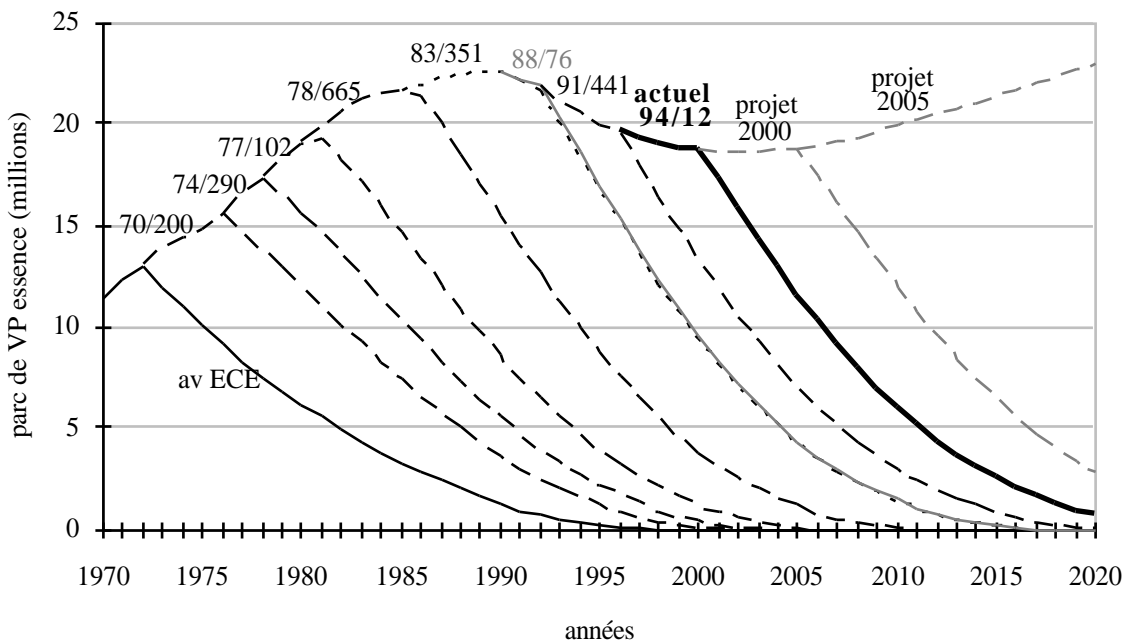


Figure 207: Répartition du parc statique de véhicules particuliers à essence selon les directives Européennes.



)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

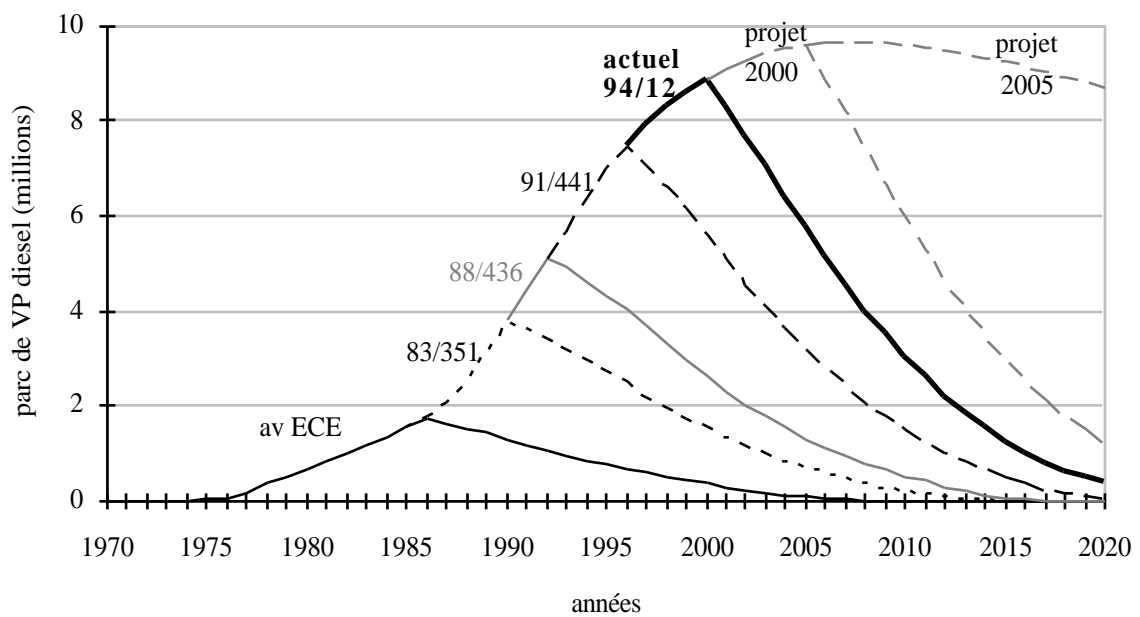


Figure 208 : Répartition du parc statique de véhicules particuliers diesel selon les directives Européennes.

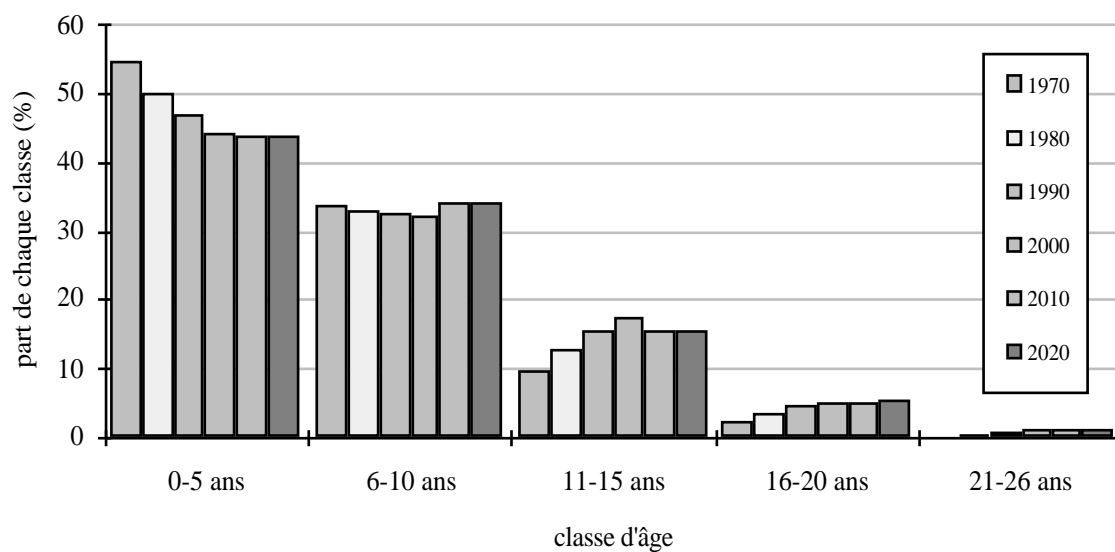


Figure 209 : Répartition du parc statique de véhicules particuliers selon leur âge.

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

#### **I.1.4. La réglementation et l'âge des VP du parc statique**

Le parc peut également être représenté suivant les directives Européennes de réglementation des gaz d'échappement auxquelles doivent répondre les véhicules neufs l'année de leur production (fig. 206 à 208). Le nombre de véhicules répondant à une norme X augmente jusqu'à ce qu'une nouvelle norme X+1 face son apparition ; les voitures obéissant à X diminuent alors au profit de celles auxquelles est appliquée X+1. Nous avons introduit dans les calculs les deux projets de réglementation pour 2000 et 2005. Après 2005, aucune norme nouvelle n'étant encore prévue, on assiste à une croissance sans doute exagérée des véhicules répondant à celle-ci.

De même, les véhicules peuvent être classés selon leur année d'immatriculation, ce qui nous permet de déduire leur âge (fig. 209). Nous avons ainsi représenté l'évolution décennale de cette répartition, par tranche d'âge de 5 ans (sauf la dernière qui regroupe 6 années d'immatriculation). D'une manière générale, plus les véhicules sont vieux et moins ils sont nombreux dans le parc, ce qui est une conséquence directe de l'application des coefficients de survie aux immatriculations de véhicules neufs lors de la modélisation. Si l'on compare la structure du parc statique tous les 10 ans, on constate que le nombre de véhicules de moins de 5 ans diminue alors que celui des 11-15 ans et des 16-20 ans augmente, les effectifs des 6-10 ans restant approximativement stables. Cependant, ces tendances sont inversées pour les deux dernières années (2010 et 2020).

#### **I.1.5. L'évolution des moteurs des VP du parc statique**

Une répartition des types de moteurs des véhicules particuliers du parc statique est présentée en annexes VII, VIII et IX.

Nous nous sommes intéressés à un phénomène actuellement en plein essor et dont l'influence sur les émissions de polluants n'est plus à prouver : le pot catalytique. Si l'on compare le développement du pot catalytique (3 voies pour les essence et oxydation pour les diesel) pour les voitures neuves et pour la totalité de parc, on constate évidemment un décalage important du parc, (fig. 210) qui conserve assez longtemps de vieux véhicules non catalysés. Le décalage est plus accentué pour les diesel qui ne sont tous équipés de catalyseur qu'à partir de 1997 alors que les essence le sont depuis 1993. Les mesures prises aujourd'hui vis à vis des nouveaux véhicules devront attendre un moment avant d'avoir un effet sur l'équipement du parc. Alors que les

immatriculations atteignent 100% d'équipement dès 1997 (directive 94/12), le parc n'atteindra cette valeur (99%) qu'à partir de 2016. Étant donné que la directive ECE 94/12 concerne aussi bien les voitures essence que les diesel, les différentes hypothèses de diésélisation future n'auront aucune influence sur la progression du pot catalytique au sein du parc. Le pot catalytique 3 voies (essence) se comporte en fait comme un marqueur caractéristique de l'application d'une norme européenne appliquée aux immatriculations nous permettant de juger son rythme de diffusion au sein du parc.

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

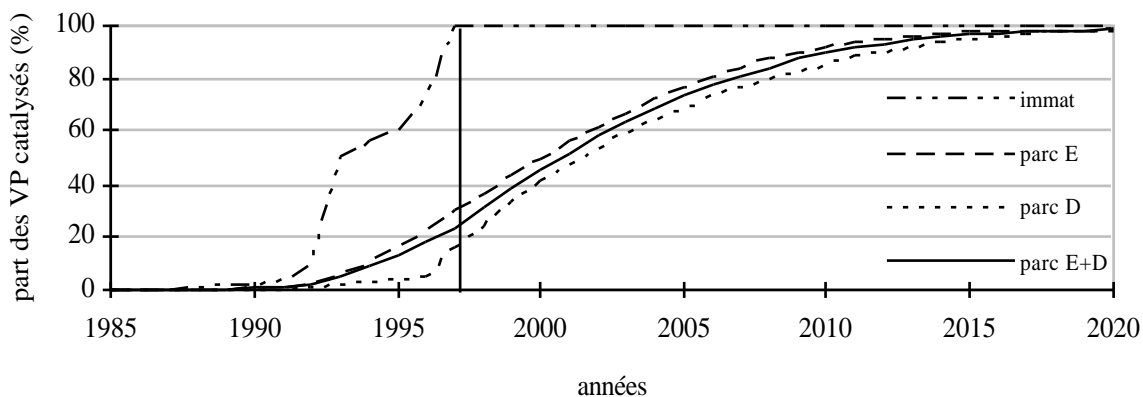
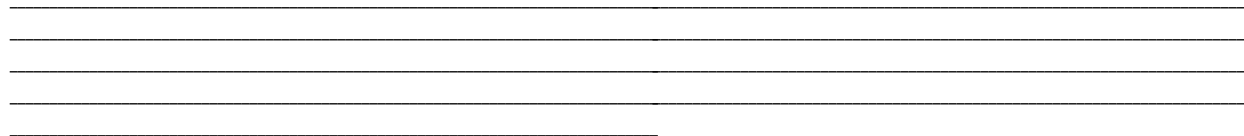


Figure 210 : Développement du pot catalytique des véhicules particuliers.

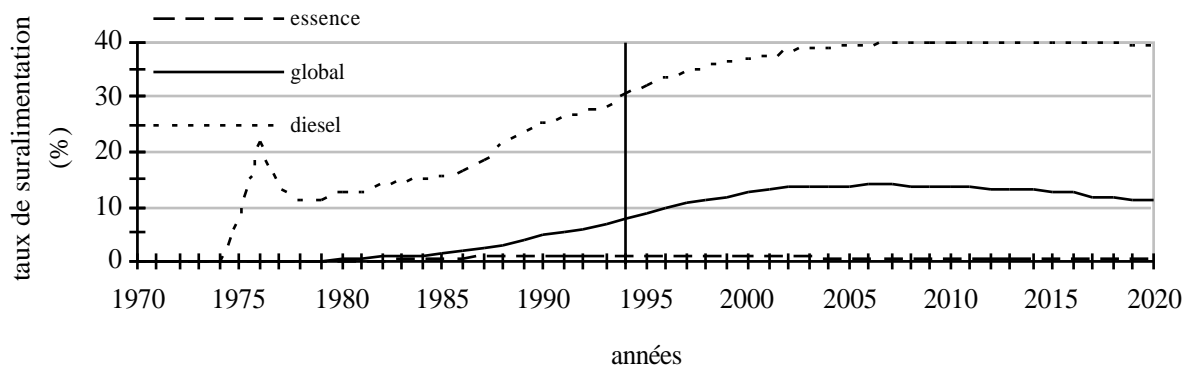


Figure 211 : Taux de suralimentation des véhicules particuliers du parc statique (SI).

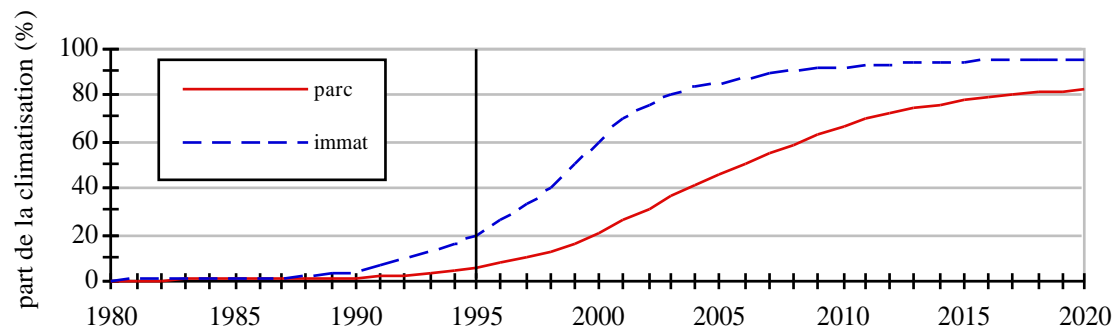


Figure 212 : Comparaison du taux de véhicules particuliers équipés de la climatisation dans le parc statique et pour les immatriculations neuves.

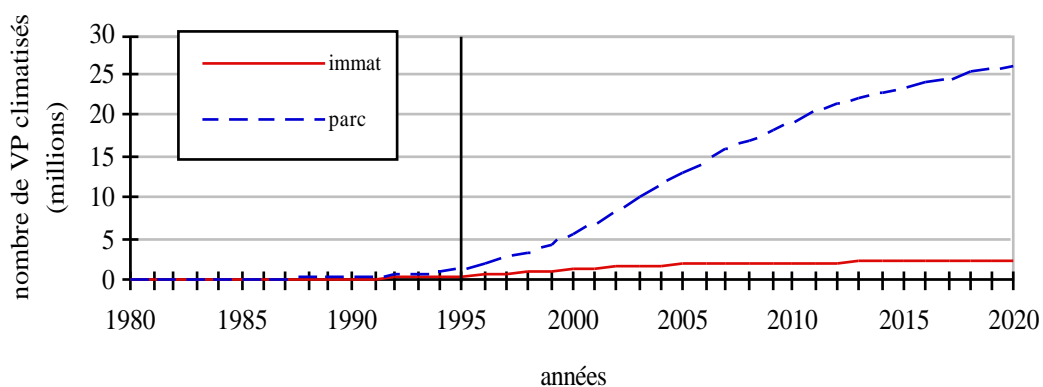


Figure 213 : Évolution du nombre de véhicules particuliers équipés de la climatisation dans le parc statique et les immatriculations neuves.

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

L'essor de la suralimentation est également un phénomène intéressant puisqu'il est en relation étroite avec l'augmentation de la puissance réelle des véhicules. Nous avons pu mettre en évidence un développement tout à fait spectaculaire de la suralimentation par turbo compresseur des moteurs diesel des voitures du parc (fig. 211) : du fait de leur principe de fonctionnement et de leur poids important, ce sont en effet sur ces véhicules que la suralimentation se justifie le plus. Cependant, nous n'avons pas établi d'hypothèse de développement futur concernant cet équipement ; le taux de suralimentation va par conséquent plafonner à 40% dès 2007 dans nos résultats sans que cette situation soit nécessairement représentative de la réalité. Compte tenu de la participation quasiment négligeable en terme d'équipement mais très important en terme d'effectif des essence dans ce domaine, la suralimentation de l'ensemble du parc reste très inférieure à celle des diesel et commence même à décroître en 2008 suite au retour en force des essence que nous avons simulé dans le futur.

Étant donné que le poids des voitures à vide a notablement augmenté depuis 1984 (cf. § 2P.I.2.1.3. et -2.3.), la puissance a dû augmenter pour pouvoir conserver aux véhicules toutes leurs performances. Nous n'avons malheureusement pas de résultats concernant l'évolution du poids moyen pour le parc puisque le paramètre n'a pas été intégré au calcul pour les véhicules particuliers.

### **I.1.6. L'évolution de la climatisation des VP du parc statique**

L'essor très important qu'a connu et que connaît encore la climatisation automobile, compte tenu du confort sensible qu'elle procure, se ressent de façon non négligeable au niveau du parc (fig. 212 et 213). En effet, si l'on imagine que 60% des véhicules particuliers neufs en seront équipés en 2000 (Barbusse, 1996) et si l'on poursuit cette croissance pour atteindre 95% en 2020, le parc sera alors constitué de plus de 80% de voitures climatisées. L'intérêt et les inquiétudes que suscite cet équipement vis à vis de la consommation de carburant et des émissions de polluants est donc plus que légitime et devra continuer à faire l'objet de toutes les attentions pour compenser le fantastique essor prévu pour le futur.

### **I.1.7. Les véhicules légers hors d'usage**

Un autre phénomène très important pour notre environnement concerne la mise au rebut des véhicules hors d'usage (VHU). Ainsi, si l'on comptabilise tous les véhicules légers (véhicules particuliers et utilitaires légers) sortis du parc depuis les premières années d'immatriculations que nous avons recensées (1944 pour les véhicules particuliers, 1948 pour les petits utilitaires), ils sont plus de 105 millions en 2020, soit presque de 3 fois plus que les véhicules en circulation (fig. 214). Cependant, considérer que tous ces véhicules "non survivants" sont voués à la destruction serait très inexact : certains d'entre eux sont revendus, en pièces détachées sur notre territoire ou entiers vers l'étranger, mais ne finissent pas leur vie dans les décharges, les fossés ou chez les ferrailleurs.

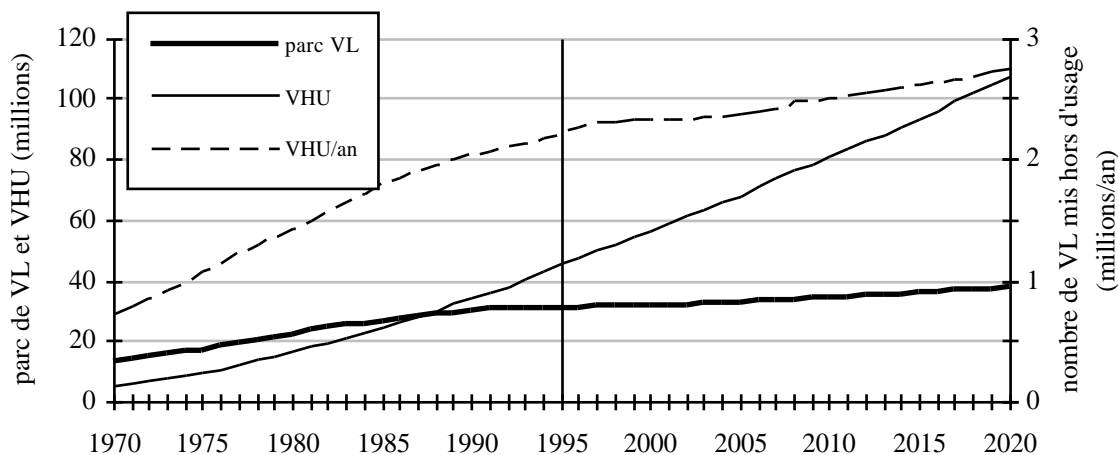


Figure 214 : Rythme de disparition des voitures hors d'usage (VHU).

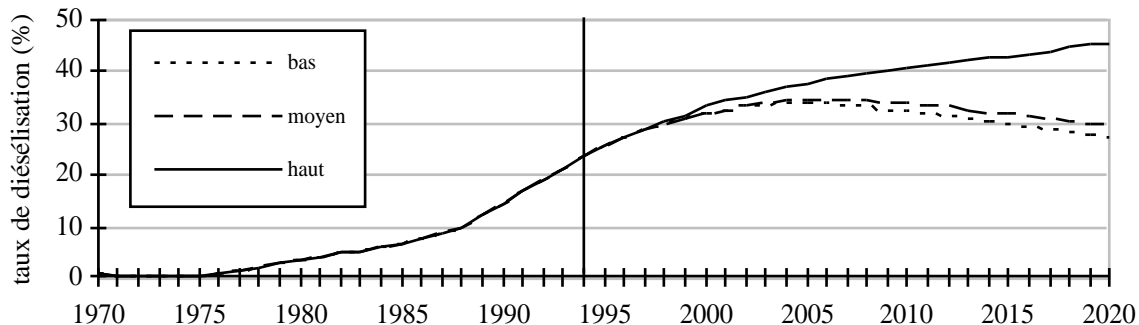


Figure 215 : Évolution comparée de la diésélisation du parc statique de véhicules particuliers suivant les trois scénarii de diésélisation des immatriculations neuves.

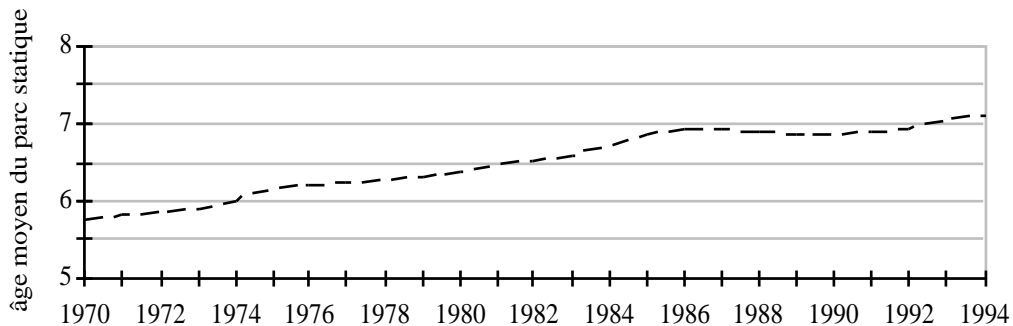


Figure 216 : Age moyen du parc statique de véhicules particuliers entre 1970 et 1994.



)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

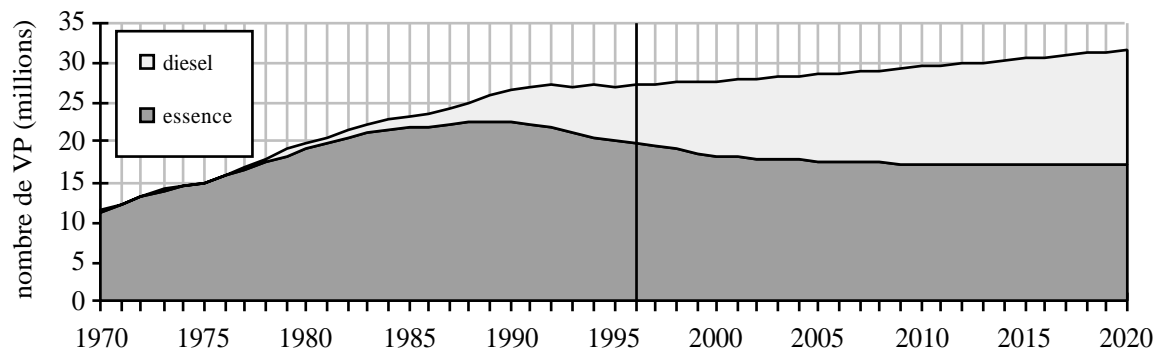


Figure 217 : Répartition essence - diesel des véhicules du parc statique (S3).

Malheureusement, nous ne connaissons pas la part exacte de ces véhicules non détruits car aucun suivi des épaves n'est établi. À titre indicatif, nous avons calculé le nombre de véhicules légers annuellement écartés du parc ; ils sont par exemple près de 2,5 millions en 1996. Cet effectif croît plus modérément dans le futur suite au ralentissement des immatriculations de voitures neuves et du parc à partir de 1997.

### **I.1.8. Age moyen du parc statique de VP.**

La répartition du parc statique en fonction de l'âge des véhicules permet de calculer l'âge moyen de l'ensemble des véhicules. Depuis 1970, cet âge augmente pratiquement sans discontinuer (fig. 216). Deux périodes sont identifiables, la première entre 1970 et 1986, de croissance assez forte (0,05 an par an) et la seconde, de 1987 à 1994, plus modérée (0,03 an par an), avec une légère perte de vitesse entre 1987 et 1992. L'âge moyen du parc statique est le reflet direct des l'évolution des immatriculations neuves : en effet, l'augmentation des flux entrant de véhicules neufs dans le parc se manifeste par un rajeunissement et donc une diminution de son âge moyen, alors qu'un ralentissement au niveau des immatriculations se manifeste à l'inverse par une importance moindre des jeunes véhicules et une augmentation de l'âge moyen du parc statique.

### **I.1.9. Influence des scénarii d'évolution de la diésélisation des VP**

Nous ne nous intéresserons dans ce chapitre qu'aux seuls résultats influencés par les différents taux de diésélisation que nous avons simulés pour les immatriculations futures. Ce sera le cas notamment de ce taux lui-même bien entendu mais aussi de la distribution globale en classes de cylindrée, des cylindrée et puissance moyennes, après 1996 évidemment puisque les scénarios ne divergent qu'à partir de cette date.

En ce qui concerne le taux de diésélisation du parc statique, on note que le passage du scénario bas (25% d'immatriculations diesel en 2020) au scénario moyen (35% de diesel en 2020) n'a que très peu d'influence sur la diésélisation du parc, qui reste à peu près inchangée (fig. 215). L'écart entre les deux hypothèses (35 et 25%) ne serait donc pas suffisamment important pour changer réellement l'état du parc futur. Par contre, dans le cas où les immatriculations de diesel atteignent 50% du total en 2020 (scénario haut), la diésélisation du parc continue de croître, un peu plus faiblement que dans le passé mais très régulièrement pour atteindre 45% de voitures diesel en 2020. En effet, la diésélisation des immatriculations n'ayant pas cessé de se développer (exception faite des années 1995 et 1996), le parc ne peut que connaître une diésélisation croissante.

Puisque le scénario moyen n'apporte pas de changement important par rapport au scénario bas, nous ne nous sommes pas attardés sur les résultats le concernant. Nous avons accordé plus d'importance à l'hypothèse haute, pour pouvoir estimer quelle pourraient être les conséquences sur le parc si les immatriculations de diesel restaient à leur maximum. Nous l'avons vu, près d'une voiture sur deux en circulation en France serait alors un diesel (fig. 217).

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

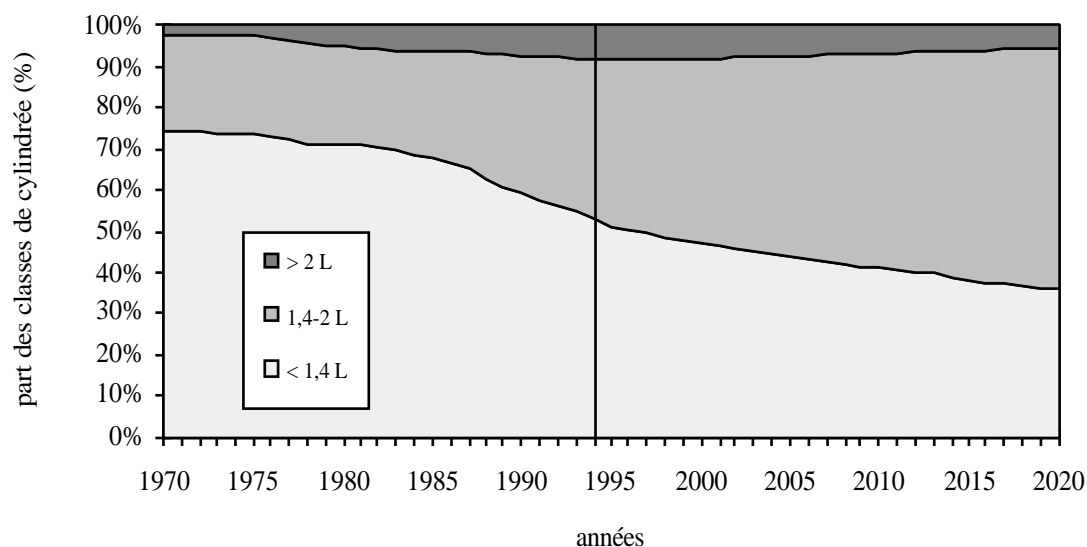
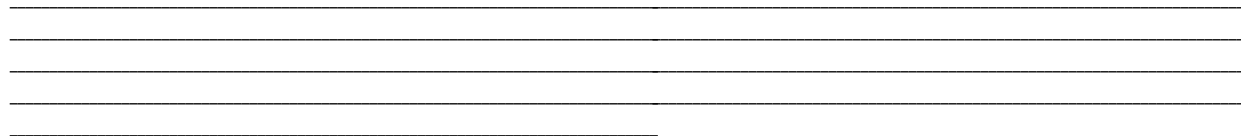


Figure 218 : Répartition des véhicules du parc statique selon leur cylindrée (S3).

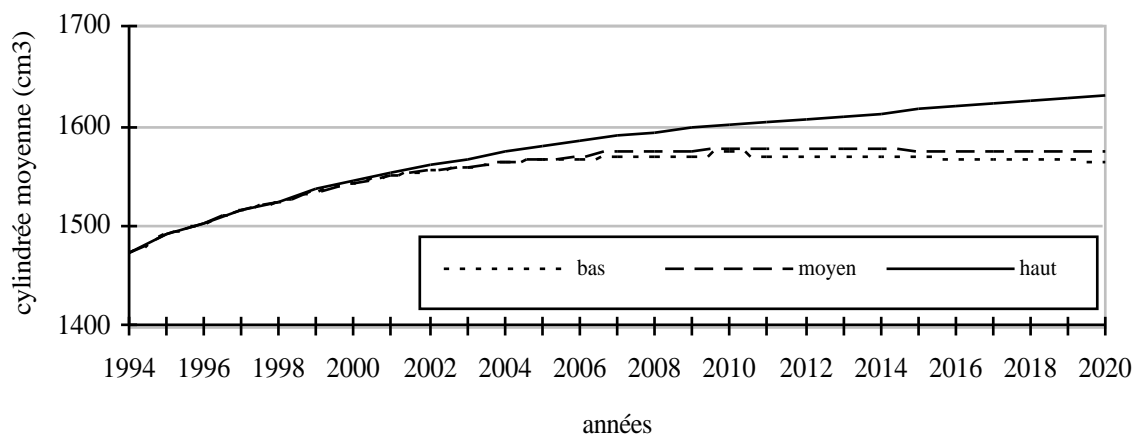


Figure 219 : Cylindrée moyenne des véhicules du parc statique calculée avec les trois scénarii.

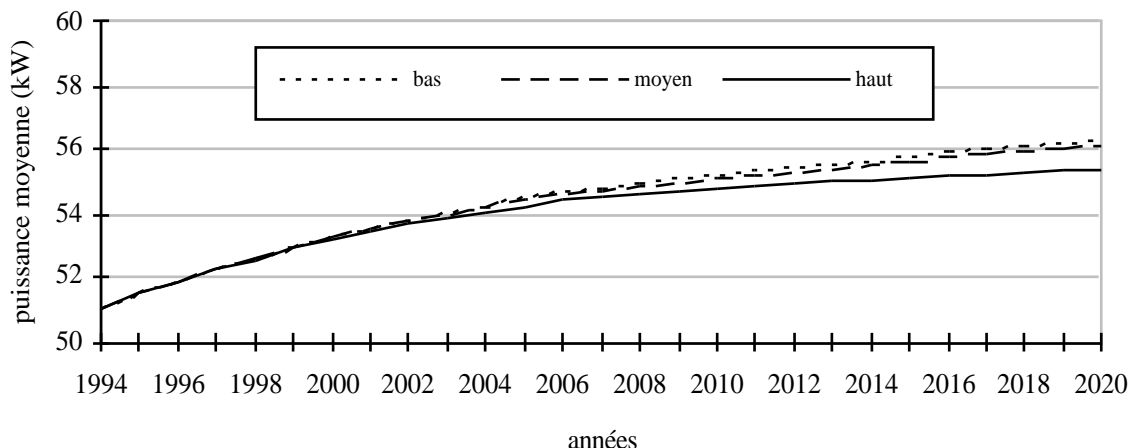


Figure 220 : Puissance moyenne des véhicules du parc statique calculée avec les trois scénarii.

Vis à vis des classes de cylindrée, seule la distribution de l'ensemble du parc tous carburants confondus est modifiée, les distributions respectives des immatriculations essence et des diesel (et donc du parc) restant inchangées quelque soit le scénario de diésélisation envisagé (cf. § 2P.I.5.1.2.). On note une baisse sensible des véhicules de petites cylindrée puisqu'ils sont très minoritaires chez les diesel (fig. 218). Les voitures de plus de 2 litres de cylindrée restent discrètes, trop peu nombreuses dans les deux motorisations pour que l'augmentation des effectifs de diesel y apporte une modification notable. Ce sont par conséquent aux véhicules de cylindrée moyenne (1,4 à 2 litres) que profite le plus ce scénario puisqu'ils représenteraient plus de 60% du parc diesel en 2020 au lieu de 50% avec le scénario 1. Par conséquent, la cylindrée moyenne globale du parc aura tendance à augmenter de façon non négligeable (fig. 219), atteignant 1630 cm<sup>3</sup> contre 1560 cm<sup>3</sup> environ avec les deux autres scénarii.

La puissance révèle un phénomène inverse : la valeur moyenne des diesel du parc étant légèrement supérieure, puis inférieure à celle des essence à partir de 2010 (cf. § 2P.I.1.3.), l'augmentation de la part des diesel dans le parc aura comme effet une diminution de la puissance moyenne du parc à partir de 2004 (fig. 220).

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

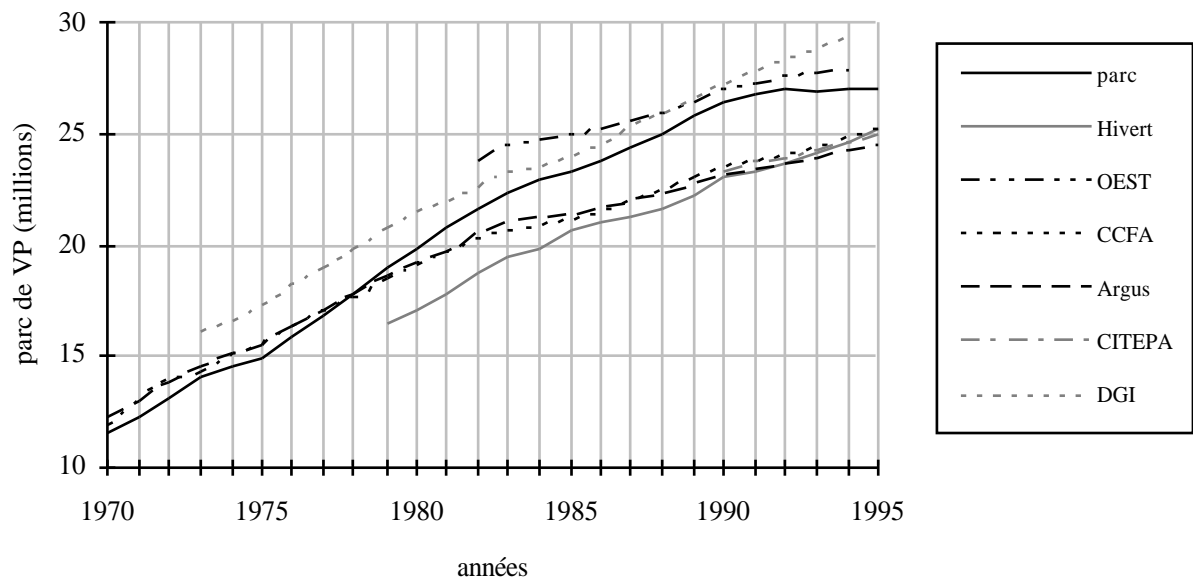


Figure 221 : Comparaisons des estimations de parc statique de véhicules particuliers en France selon différentes sources statistiques.

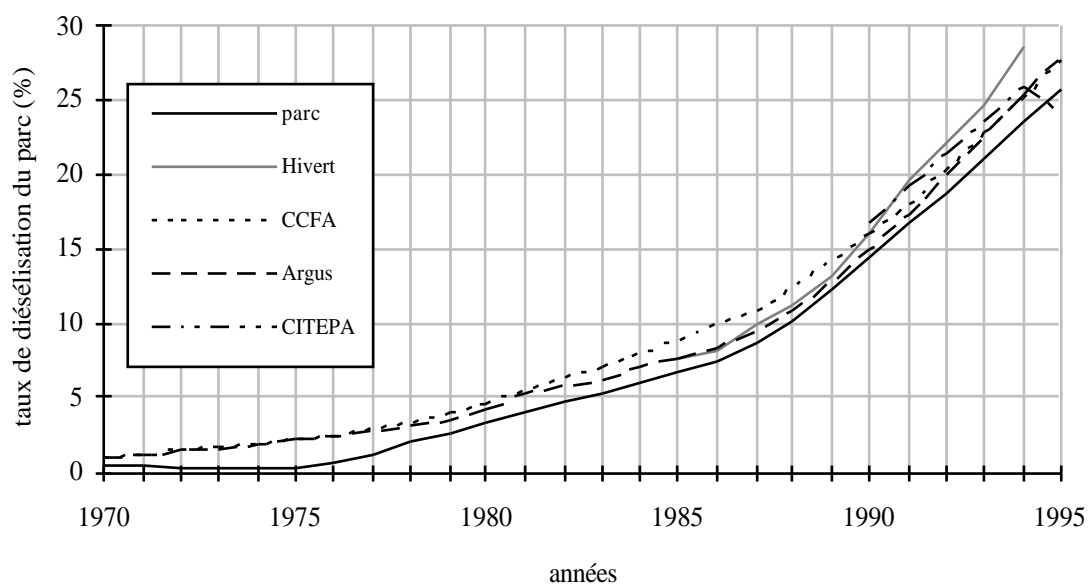


Figure 222 : Comparaison des taux de diésélisation du parc statique de véhicules particuliers en France selon différentes sources statistiques.

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

## **I.2. Confrontation de nos résultats avec d'autres sources statistiques.**

### **I.2.1. Parc statique de VP passé et présent**

#### **I.2.1.1. Parc statique total de VP**

Nombreux sont les organismes qui effectuent des estimations de parc automobile total en France (fig. 221) : certains à partir des effectifs d'immatriculations (cartes grises) corrigées pour tenir compte des destructions non comptabilisées (OEST, Argus, CCFA) ou des vignettes (DGI), d'autres à partir d'enquêtes menées auprès des ménages (Hivert, Gallez), certains enfin à partir de modèles informatiques comparable au nôtre en termes d'objectifs (Citepa). Cependant, nous n'avons pas eu accès aux méthodologies de calculs de toutes ces estimations, qui ne font l'objet d'aucune publication, exception faite de celle d'Hivert (Hivert, 1990-1996) et de Gallez (Gallez, 1994). Il est donc difficile de juger de la validité scientifique de ces évaluations. D'une manière générale, tous les résultats sont comparables en terme de taux de croissance du parc ; on note par contre des différences sensibles en ce qui concerne les effectifs absolus. Le parc minimum évalué en 1994 est de 24,2 millions de véhicules particuliers, le maximum de 29,5 millions (fig. 221). Cependant, il n'existe pas une évaluation exacte parmi d'autres moins exactes, puisque toutes correspondent à des images estimées du parc français. Comme nous l'avons déjà souligné, nous n'avons pas en France de statistiques exactes de parc automobile réellement en circulation puisque les documents officiels qui pourraient servir à cette comptabilisation précise (carte grise et vignettes) ne concernent que certaines catégories de véhicules ou ne sont pas régulièrement actualisés.

Il est intéressant de constater que nos estimations se situent approximativement dans la moyenne de tous les calculs réalisés en France. À partir de 1979, il devient cependant une des estimations les plus hautes avec le parc des vignettes et celui de l'OEST : il atteint 27 millions de véhicules en 1994, à 10% d'écart du minimum comme du maximum. On trouve cependant plus d'estimations inférieures (5) que supérieures (2).

#### **I.2.1.2. Parc statique de VP diesel**

La diésélisation du parc est un sujet d'actualité qui préoccupe aussi bien ceux qui vivent de son essor que ceux qui en souffrent. Les estimations ne manquent pas là encore, et sont très

proches les unes des autres (fig. 222). Ainsi, si le nombre de véhicules particuliers diesel en circulation en 1970 est dérisoire, à l'heure actuelle près d'un véhicule en circulation sur quatre est diesel. L'écart maximum entre les estimations en 1994 est de 5% (24 à 29%), nos résultats correspondant à la valeur la plus basse (24%).



)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

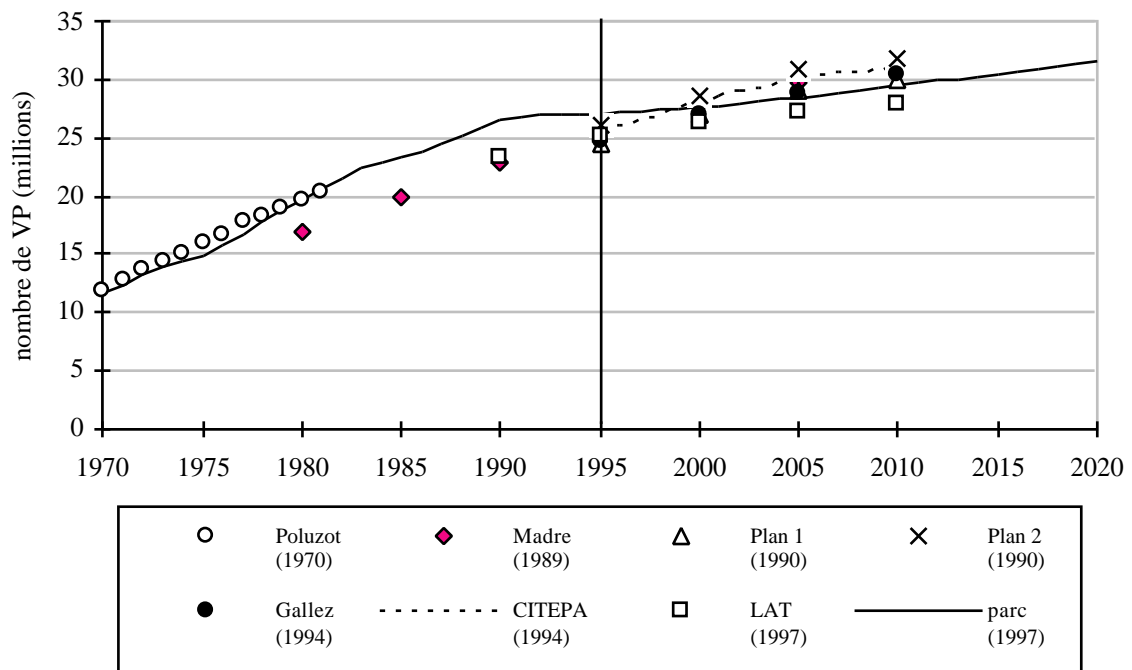


Figure 223: Comparaison des projections estimées pour le parc statique futur en France.

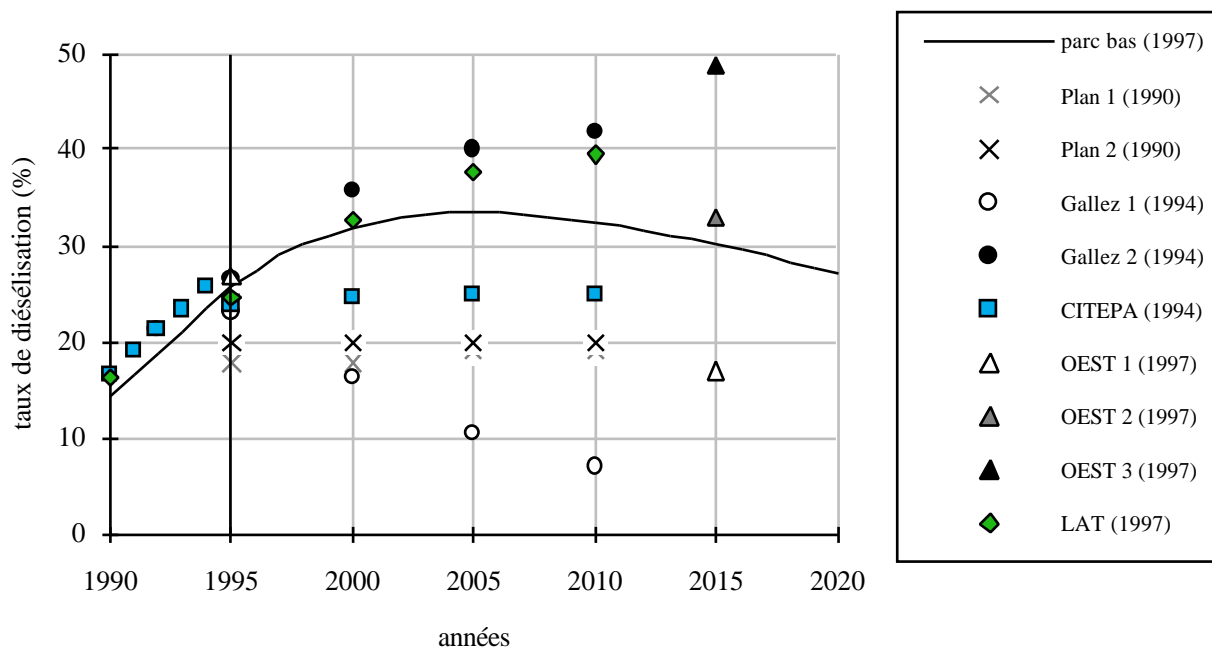


Figure 224: Comparaison des projections estimées pour le taux de diésélisation du parc futur de véhicules particuliers en France.

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

## **I.2.2. Comparaison des projections futures de parc statique de VP**

### **I.2.2.1. Projections de parc statique total de VP**

Nous avons pu confronter nos extrapolations de parc à des projections socio-économiques effectuées pour certaines avec le modèle de Cramer (basé sur la relation entre l'évolution dans le temps des revenus et de l'équipement des ménages en automobile), ou à partir de modèles démographiques (Poluzot, 1970 ; Madre, 1989 ; Gallez, 1994), mais également des hypothèses émises par les pouvoirs publics (Commissariat général au plan, 1990) à partir de prévisions concernant la croissance économique et les prix des carburants (une hypothèse basse que nous avons appelée "Plan 1" et une hypothèse haute dénommée "Plan 2", fig. 223) ainsi que deux estimations établies par le Citepa (un scénario à croissance faible, un à croissance forte) à partir d'un modèle informatique de calcul (Citepa, 1994). D'après les pentes de croissances annuelles fournies par le Citepa, ces deux scénarii sont cependant très proches, qu'il s'agisse de l'effectif total de véhicules ou du taux de diésélisation. Nous n'avons donc établi de comparaison qu'avec le scénario à faible croissance.

En ce qui concerne le passé, il est intéressant tout d'abord de constater que les estimations prévues par Poluzot au cours de son doctorat en 1970 recourent nos calculs au millier de véhicules près, ce qui représente une imprécision négligeable vis à vis du parc total. Nous sommes plus éloignés par contre de la modélisation effectuées par Madre en 1989 pour la période 1980-1995. Pour le futur, toutes les estimations partent d'un parc plus faible que le nôtre en 1995 mais simulent une croissance plus forte, ce qui fait que nos résultats sont légèrement supérieurs dans les premières années puis sont rapidement dépassés, exception faite de la simulation établie par le LAT (Laboratory of Applied Thermodynamics, Aristotle University of Thessaloniki) dans le cadre du programme MEET (Kyriakis et coll. , 1997), puisque notre évolution est plus modérée que par le passé, alors que les autres scénarii suivent une pente quasiment linéaire entre le début et la fin de leurs estimations. Nous atteignons ainsi en 2020 le volume de parc prévu par l'hypothèse haute du commissariat au plan pour 2010. Malheureusement, toutes les projections auxquelles nous avons eu accès ne dépassent pas 2010, ce qui limite les comparaisons à cette date.

### **I.2.2.2. Projections de parc statique de VP diesel**

Si l'on s'intéresse aux taux de diésélisation des différents scénarii simulés, on note une très grande disparité entre les hypothèses (fig. 224) : les taux estimés par le Commissariat général au plan (Plan 1 et Plan 2, (Commissariat général au Plan, 1990)) restent constants autour de 20% à partir de 1995, celui du Citepa (Citepa, 1994) à 25%, la modélisation du LAT (Kyriakis et coll. , 1997) et l'hypothèse haute (2) de Gallez augmente très fortement, de façon probablement exagérée selon un des auteurs (Gallez, 1994), alors que son hypothèse basse (1) laisse entrevoir une diésélisation très décroissante.

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

Nous avons eu très récemment accès aux projections économétriques du SES (Service Économie et Statistiques, ex-OEST dont nous avons conservé l'appellation) pour la diésélisation du parc statique de véhicules particuliers en 2015 selon trois scénarii simulant trois hypothèses d'évolution de la fiscalité du carburant (Girault et Kail, 1997) : maintenue à son taux actuel (OEST 1), alourdie pour tous les carburants (OEST 2) ou spécialement alourdie pour le gazole (OEST 3). Dans le cas 1, la diésélisation pourrait atteindre 50% du parc en 2015. Dans le cas 3, elle ne serait plus que de 17%. Notre scénario bas, qui est ici confronté aux cinq autres, présente un taux de diésélisation du parc statique de 32% en 2010, à peu près à mi-chemin entre le Citepa (25%) et Gallez 2 (42%), et 30% en 2015, assez proche du scénario médian de l'OEST (OEST 2 à 33%).

### **I.2.3. Précision des résultats pour tous les véhicules**

Si notre modèle n'apporte pas de réelle nouveauté en ce qui concerne les simulations globales de parc statique (parc total et taux de diésélisation), son atout majeur est de nous fournir une structure de parc très détaillée, pour le parc statique comme pour le parc roulant que nous analyserons par la suite, dans la mesure où nous lui avons imposé un grand nombre de paramètres techniques. Nous avons ainsi mis en évidence 12 classes de cylindrée, 7 classes de puissance et 11 types de moteur pour les véhicules particuliers essence et diesel, 3 classes de poids, 7 classes de puissance et 13 types de moteur pour les véhicules utilitaires légers essence et diesel, 9 classes de poids, 6 classes de puissance et 2 types de moteur pour trois catégories de poids lourds (camions, tracteurs routiers et bus/cars). Il faut y ajouter les âges et réglementations des gaz d'échappement des véhicules particuliers qui sont également intégrés aux calculs. Ces nombreux résultats ne pouvant être présentés ici, nous en avons annexés un certain nombre, qui sont également consultables sur support informatique.

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

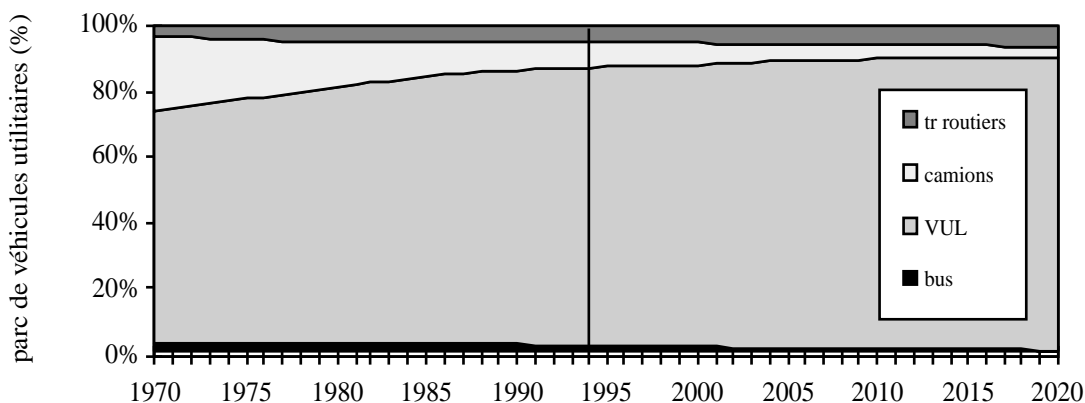
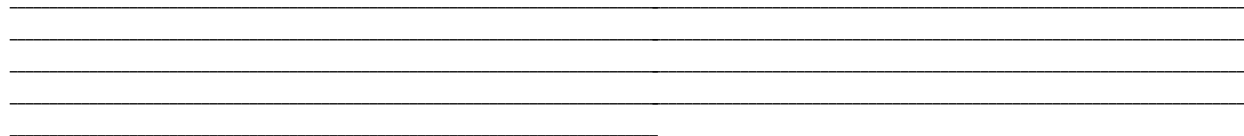


Figure 225 : Répartition des véhicules utilitaires du parc statique selon leur catégorie.

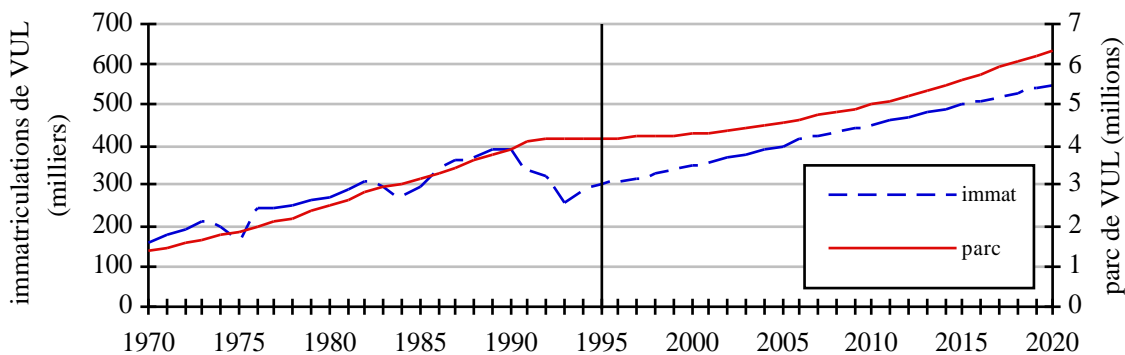


Figure 226 : Immatriculations neuves et parc statique de véhicules utilitaires légers (VUL) en France entre 1970 et 2020.

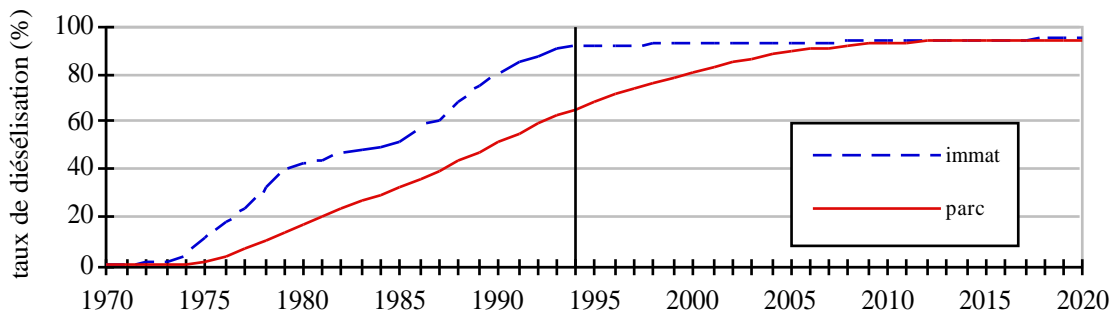


Figure 227 : Taux de diésélisation des immatriculations neuves et du parc statique de véhicules utilitaires légers (VUL) (S1).

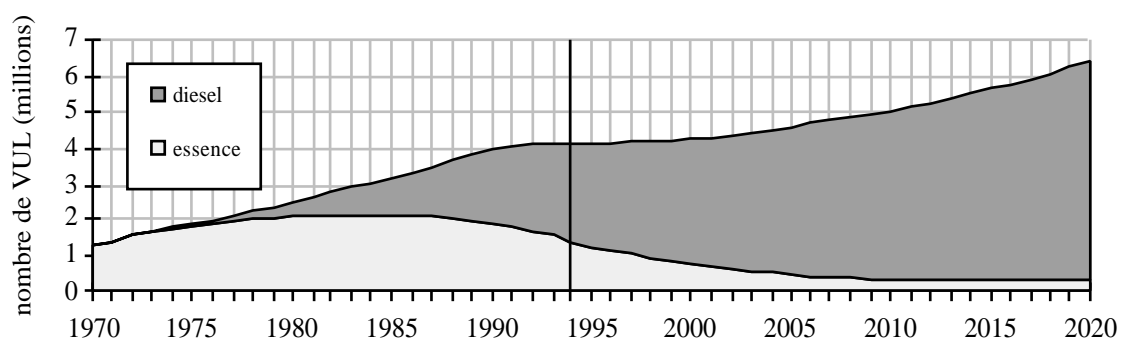


Figure 228 : Répartition essence-diesel des véhicules utilitaires légers (VUL) du parc statique (SI).



)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

## **I.2. Le parc statique des véhicules utilitaires**

Comme pour les immatriculations, nous avons séparé les véhicules utilitaires légers (VUL, de PTAC < 3,5t) des poids lourds (PL) eux mêmes composés des camions, tracteurs routiers et bus/cars. Nous avons pris en compte un grand nombre de paramètres techniques lors de notre calcul des parcs statiques (cf. § 3P I.2.3) qui fournit ainsi des résultats très détaillés. Tous ne pouvant être présentés ici pour des raisons de clarté, un certain nombre d'entre eux sont consultables en annexe ou sur support informatique. Si l'on considère la répartition du parc statique de l'ensemble des véhicules utilitaires (fig. 225), on constate que les utilitaires légers sont largement majoritaires, presque 10 fois plus nombreux que les poids lourds, plus encore dans le futur (90% du parc en 2020) qu'actuellement (84% en 1997) ou que par le passé (70% en 1970). De même que les extrapolations effectuées sur les immatriculations de véhicules particuliers, celles simulées pour les véhicules utilitaires ne partent pas toutes de la même année, dans la mesure où il s'agit parfois des immatriculations totales, que nous connaissons jusqu'en 1996 pour certains véhicules (tracteurs routiers et bus) et 1995 pour les autres, ou des immatriculations détaillées connues seulement jusqu'en 1994.

### **I.2.1. Le parc statique des véhicules utilitaires légers (VUL)**

Les immatriculations des utilitaires légers étant globalement croissantes entre 1970 et 2020, cela provoque une augmentation quasiment régulière du parc (fig. 226), mise à part la période 1990-1996 qui, comme les voitures, connaît un net ralentissement suite à la crise des immatriculations à partir de 1990. Il atteindrait ainsi près 6,5 millions en 2020 alors qu'il n'est actuellement que de 4,2 millions (1997). Rappelons que nous avons envisagé deux scénarios d'évolution de la diésélisation des immatriculations neuves : un haut (95% en 2020) que nous considérerons comme le plus réaliste compte tenu de la situation actuelle et passée (90% en 1994), et un bas (70% en 2020), qui nous paraît difficilement accessible mais que nous avons testé pour mettre en valeur l'influence d'une diminution du diesel au profit par exemple de l'introduction massive du GPLc sur les véhicules à essence. Par conséquent les résultats seront présentés suivant le premier scénario (haut), et quelques comparaisons seront effectuées avec le second (bas).

#### **I.2.1.1. Le taux de diésélisation du parc statique de VUL**

Compte tenu du considérable essor de la diésélisation des immatriculations d'utilitaires légers neufs (91% en 25 ans), le parc diesel croit de façon continue depuis 1975 (3%) jusqu'en 1999 (80%) (fig. 227). Cette motorisation devient majoritaire dans le parc dès 1989 alors qu'elle n'a atteint cette valeur que 5 ans auparavant pour les immatriculations neuves. À partir de 2000, sa croissance connaît un léger ralentissement puisque nous avons limité l'augmentation des immatriculations de diesel à 5% seulement en 26 ans. Le taux de diésélisation du parc statique rejoint ainsi la valeur des immatriculations en 2020.

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

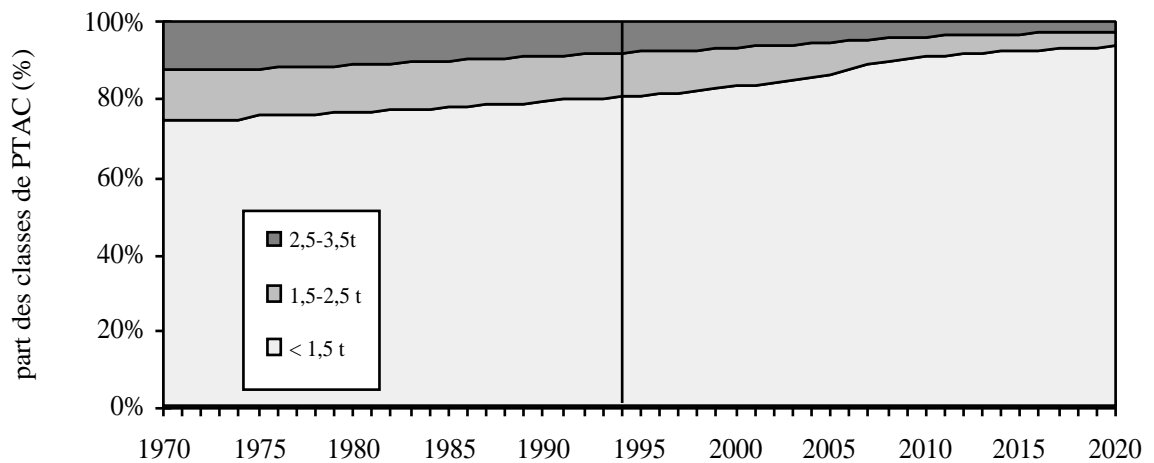


Figure 229 : Répartition des véhicules utilitaires légers (VUL) à essence du parc statique selon leur PTAC (S1).

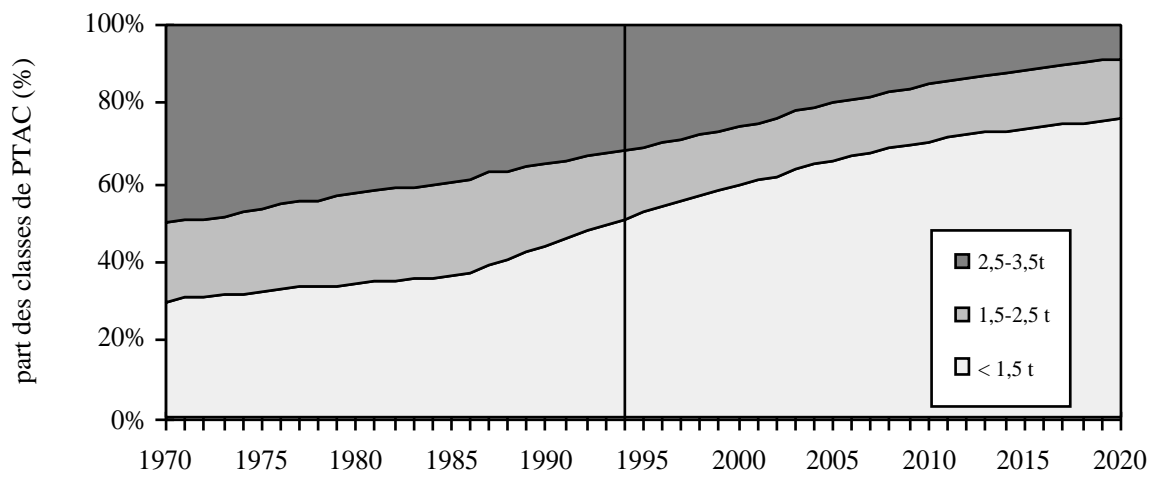


Figure 230 : Répartition des véhicules utilitaires légers (VUL) diesel du parc statique selon leur PTAC (S1).

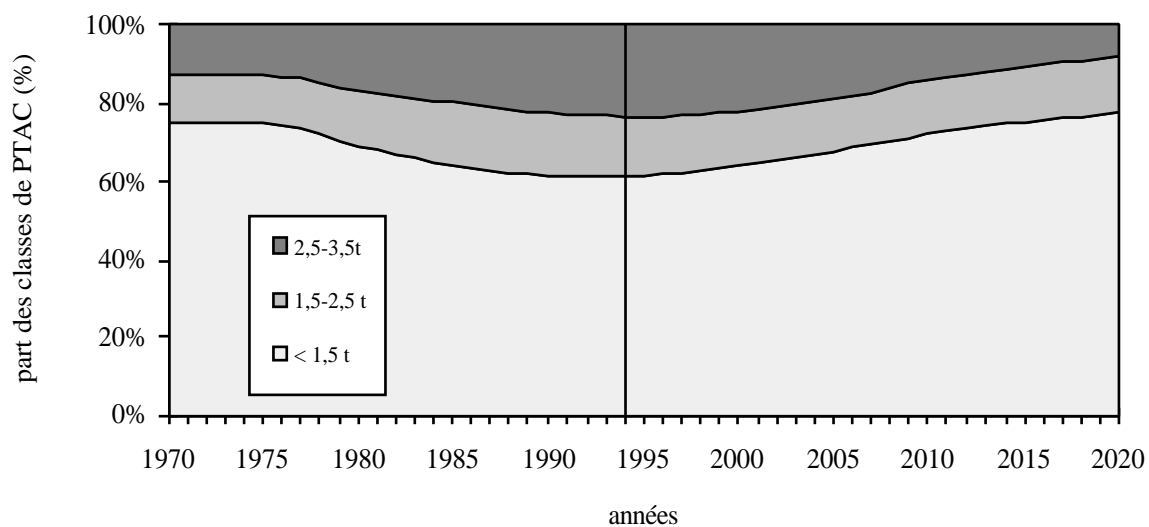


Figure 231 : Répartition des véhicules utilitaires légers (VUL) du parc statique total selon leur PTAC (S1).

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

La répartition essence-diesel des effectifs de véhicules rend bien compte de cette situation de dominance des diesel (fig. 228) à partir de 1989. Ce sont ainsi 6,2 millions d'utilitaires légers diesel qui devraient circuler en 2020 en France, pour un parc total de 6,5 millions.

### **I.2.1.2. Le poids total autorisé en charge des VUL du parc statique**

La répartition des immatriculations neuves essence et diesel selon trois classes de PTAC que nous avons simulée pour le futur (moins de 1,5 t ; 1,5 à 2,5 t, et 2,5 à 3,5 t) est indépendante du taux de diésélisation. Celle des parcs correspondants sera par conséquent la même pour les deux scénarii. La répartition globale (pour l'ensemble du parc tous carburants confondus) est à peine influencée par ce paramètre et la différence n'est pas visible sur le graphique ; il ne sera par conséquent pas présenté. En ce qui concerne les essence, on constate une large prédominance des petits véhicules (moins de 1,5 t de PTAC), qui augmente au cours du temps (75% en 1970, 95% en 2020) (fig. 229). Les deux classes supérieures sont d'importance équivalente en 1970 (environ 12%), mais les gros véhicules s'effacent progressivement au profit de la classe moyenne (respectivement 1,5% et 3,5% en 2020). Tous deux restent cependant très limités (5% seulement du parc). Les tendances de croissance sont les mêmes pour les diesel (fig. 230). Les classes sont cependant mieux réparties et les variations un peu plus franches. Partant d'une répartition mitigée entre les gros véhicules et l'ensemble petits+moyens en 1970, on assiste ici encore au développement des petits véhicules, qui passent de 30% en 1970 à 75% en 2020, aux dépens de la classe supérieure (50% en 1970, 10% en 2020). Les véhicules moyens restent assez stables et constituent un peu moins de 20% du parc. Compte tenu de l'évolution du taux de diésélisation (cf. fig. 227), la composition globale du parc en 2020 devrait être la même qu'en 1970 (fig. 231), en passant tout de même par une longue phase de dépression des petits véhicules et une augmentation des gros. Dans les premières années, le parc est surtout constitué de véhicules à essence qui sont très majoritairement des petits véhicules par rapport aux diesel. Puis, la part des diesel du parc augmente plus vite que le nombre de petits véhicules qui les constituent. On assiste alors à une diminution de ces petits utilitaires au sein du parc total. Puis ils augmentent ensuite beaucoup plus rapidement pour les véhicules diesel que pour les essence, pendant que la diésélisation du parc continue à se développer. Ces véhicules de faibles PTAC recommencent par conséquent à croître, toujours aux dépens des plus gros, et retrouvent la même importance qu'en 1970.

Le PTAC moyen des véhicules diesel et essence du parc statique reflète assez bien cette situation (fig. 232) : en 1970, le parc n'étant constitué que de motorisations essence, la valeur

moyenne globale du parc et celle des essence sont confondues (1,4 t). Puis, la diésélisation du parc provoque une augmentation de la valeur moyenne globale, puisque le PTAC des diesel est supérieur à celui des essence pendant toute la période d'étude. Cependant, le premier diminue alors que le second reste relativement stable et l'écart se réduit (0,9 t en 1970 ; 0,3 t en 2020) ; on assiste par conséquent à partir de 1999 à une décroissance de la valeur globale, qui rejoint celle des diesel en 2020 (1,7 t).

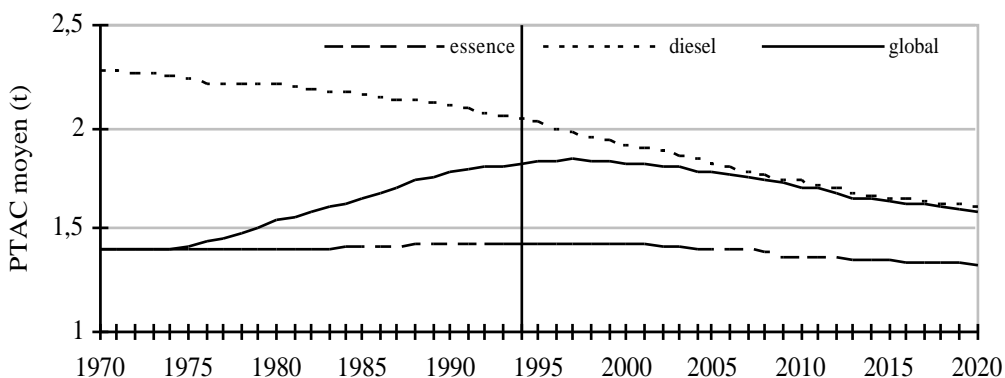


Figure 232 : PTAC moyen des utilitaires légers (VUL) du parc statique (S1).

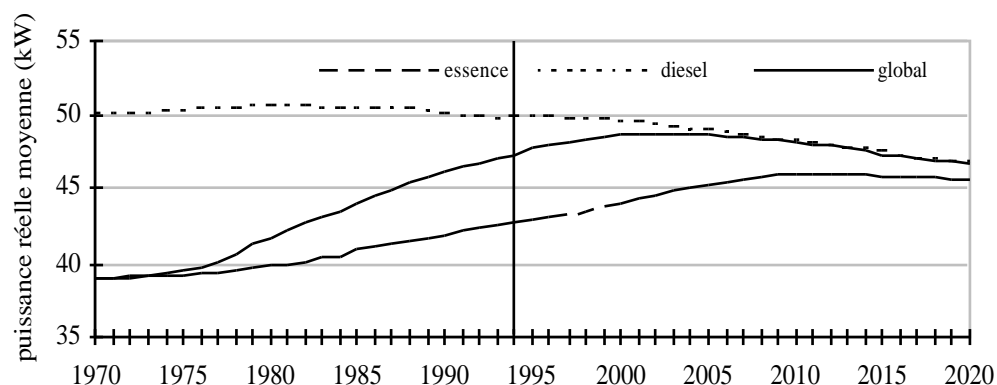


Figure 233 : Puissance réelle moyenne des utilitaires légers (VUL) du parc (S1).

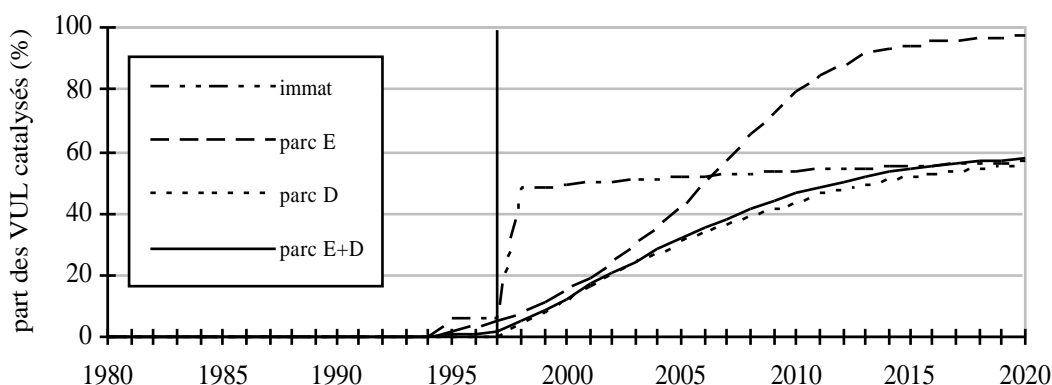


Figure 234 : Développement du pot catalytique sur le marché des utilitaires légers.

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

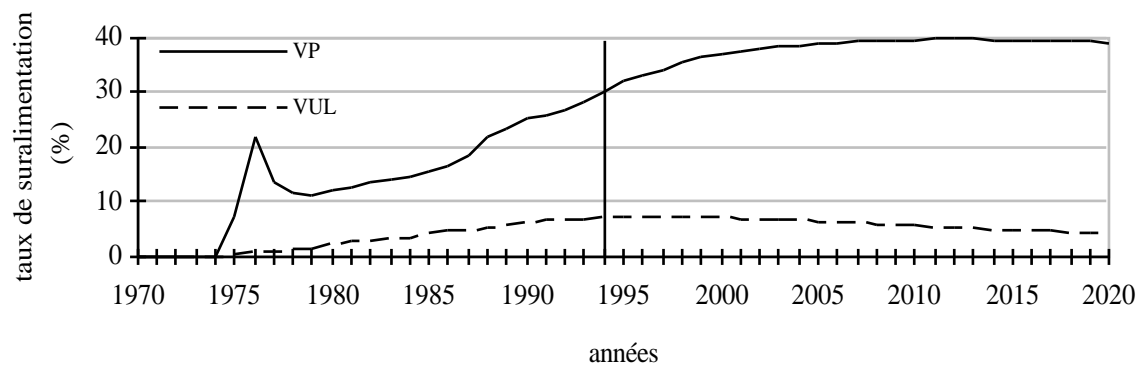


Figure 235 : Taux de suralimentation comparés des véhicules particuliers (VP) et utilitaires légers (VUL) diesel du parc statique (SI pour chacun).

### **I.2.1.3. La puissance réelle des VUL du parc statique**

Le scénario est assez similaire pour la puissance réelle moyenne du parc global (fig. 233), qui est égale à la valeur des essence en 1970 (39 kW) et rejoint progressivement celle des diesel en 2020 (47 kW). La puissance des diesel est supérieure à celle des essence, mais elle décroît faiblement (50 kW en 1970, 47 kW en 2020) alors que celle des essence croit assez fortement entre 1977 et 2009 (39 kW en 1977, 46,5 kW en 2009) puis diminue ensuite très légèrement jusqu'en 2020 (46 kW). Par conséquent, la puissance moyenne globale augmente entre 1970 et 2001, attirée par la valeur des diesel, qui la fait décroître à partir de cette date jusqu'en 2020.

### **I.2.1.4. L'évolution des moteurs des VUL du parc statique**

En premier lieu, nous avons analysé l'évolution de l'équipement du parc statique de ces utilitaires légers. Nous savons que les plus petits des véhicules utilitaires, de masse de référence (poids à vide+100 kg) inférieure à 1,25 t, sont soumis depuis peu à la même réglementation que les véhicules particuliers pour les émissions de gaz d'échappement (cf. § 2P.II.4.) mais avec un décalage dans le temps. N'ayant pas eu accès au poids à vide des véhicules utilitaires, nous avons assimilé ces petits véhicules à ceux dont le PTAC est inférieur à 1,5 t. Tous ces utilitaires légers de petite taille doivent par conséquent être équipés d'un pot catalytique, 3 voies à partir de 1995 pour les essence et catalyseur d'oxydation à partir de 1998 pour les diesel (les utilitaires légers de PTAC supérieur à 1,5 t en étant dispensés). Compte tenu de la distribution des immatriculations essence et diesel en fonction du PTAC (cf. § 2P.I.3.1.1.2.), le taux d'équipement global des immatriculations ne dépasse pas 60% en 2020 (fig. 234). Si l'on distingue le taux d'équipement du parc statique essence de celui du diesel, on constate que le premier augmente très fortement pour atteindre 94% en 2013 puisque les petits véhicules représentent la grande majorité de ce parc. Pour les diesel par contre, le taux augmente plus régulièrement et ne dépasse pas 60% en 2020 ; les petits véhicules sont également majoritaires dans le parc des diesel en 2020 mais sont beaucoup moins représentés dans le passé. Du fait de la très importante croissance du taux de diésélisation du parc total de petits véhicules utilitaires légers, la valeur globale reste très proche de celle des diesel.

En ce qui concerne la suralimentation des moteurs, rappelons que seuls les diesel en sont équipés (cf. § 2P.I.3.1.4.) et que le taux de suralimentation de ces véhicules neufs n'est pas très élevé (6% en 1995). De ce fait, le parc des utilitaires légers turbo diesel ne connaît pas le même essor que celui des véhicules particuliers (fig. 235). Nulle en 1970, il atteint 8% du parc diesel en 1995 puis diminue pour ne plus être que de 4% en 2020.



)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

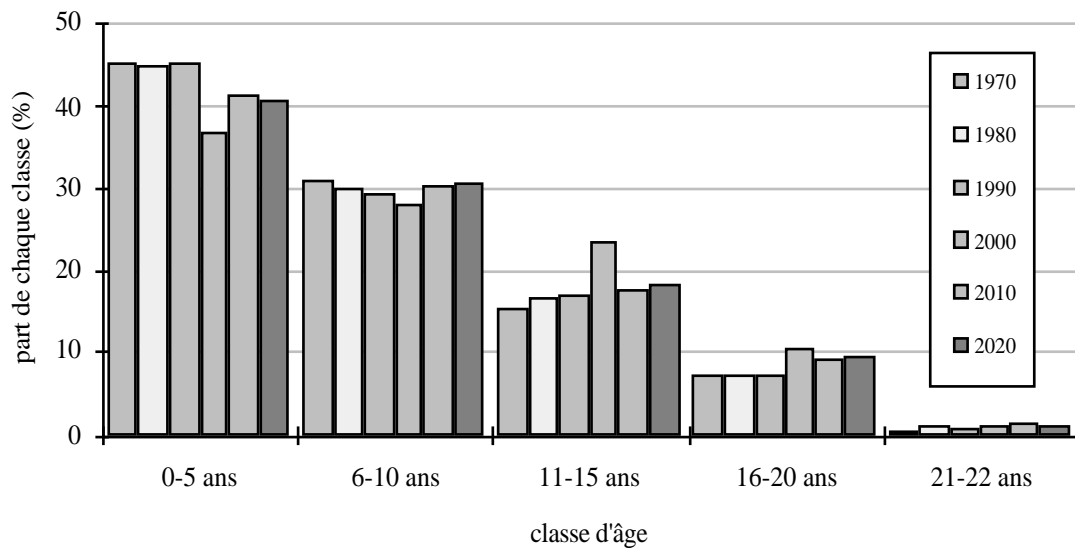


Figure 236 : Répartition du parc statique de véhicules utilitaires légers selon leur âge.

### **I.2.1.5. L'âge et la réglementation européenne des VUL du parc statique**

La distribution des utilitaires légers selon leur âge met en évidence une évolution du parc statique allant vers un vieillissement global au cours du temps (fig. 236). En effet, les véhicules restent présents dans le parc de plus en plus longtemps. L'année 2000 présente une évolution à contre courant des autres, à savoir que les véhicules de 0 à 5 ans sont à peine plus nombreux que les 6-10 ans, l'écart n'étant que de 8% contre 12 à 15% en moyenne pour les autres années. Par contre, les véhicules de plus de 10 ans sont particulièrement nombreux cette année là. Ceci est à mettre en corrélation avec l'évolution des immatriculations de véhicules utilitaires légers neufs ; en effet, les véhicules de plus de 10 ans en 2000 correspondent à une période de très forte croissance des immatriculations (1985 à 1991). Les véhicules plus jeunes sont par conséquent proportionnellement plus réduits.

Si l'on s'intéresse maintenant à la réglementation européenne à laquelle ils sont soumis, rappelons qu'en fonction de leur poids (poids à vide que nous avons traduit en PTAC), ils sont séparés en trois classes qui ne répondent pas aux mêmes normes. La première directive à laquelle ils sont soumis est la directive 93/59 applicable à partir de janvier 1995 pour tous les nouveaux véhicules, ce qui explique que nous ne présenterons le parc qu'à partir de 1990 (fig. 237). En 2000, on trouve encore beaucoup de véhicules non réglementés (60% du parc) qui correspondent à tous les véhicules immatriculés avant 1995. En 2010, ils ne composent plus que 7% du parc statique. Il n'y a quasiment plus en 2020 que des véhicules répondant aux deux projets prévus pour 2000 et 2005. Les distributions respectives des véhicules à essence et diesel montre une répartition à peu près similaire, si ce n'est que les véhicules non réglementés sont plus nombreux en version essence (fig. 238) que diesel (fig. 239).

Les véhicules plus lourds sont répartis en deux classes que nous présenterons conjointement. Ils sont soumis aux mêmes règlements mais avec des valeurs limites différentes. On constate que dans tous les cas, les véhicules de la classe II (PTAC compris entre 1,5 et 2,5 t) sont plus nombreux que ceux de la classe III (PTAC supérieur à 2,5 t - fig. 240) comme nous l'avions déjà précédemment mis en évidence. De nos jours, environ un quart du parc statique de ces véhicules sont soumis à la réglementation européenne, le reste étant encore des vieux véhicules. Les véhicules non réglementés subsistent encore en 2010 (ce sont tous les véhicules immatriculés avant 1995). Comme précédemment, les distributions essence et diesel montrent que l'on trouve plus de véhicules non réglementés à essence (fig. 241) que diesel (fig. 242). Les deux situations deviennent très proches l'une de l'autre en 2010 et similaires en 2020.

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

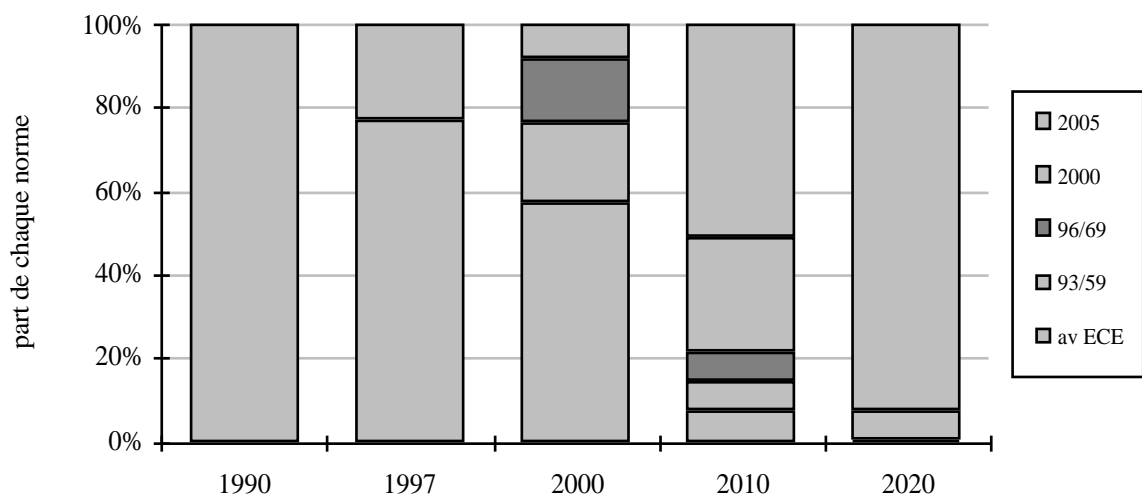
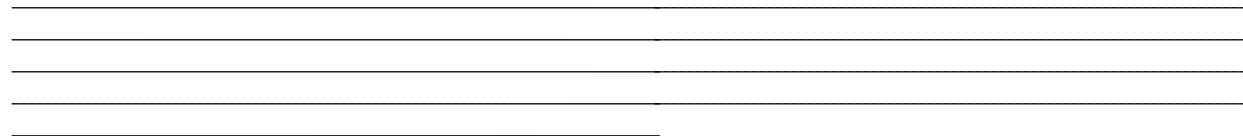


Figure 237 : Répartition du parc statique de véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel selon la réglementation européenne.

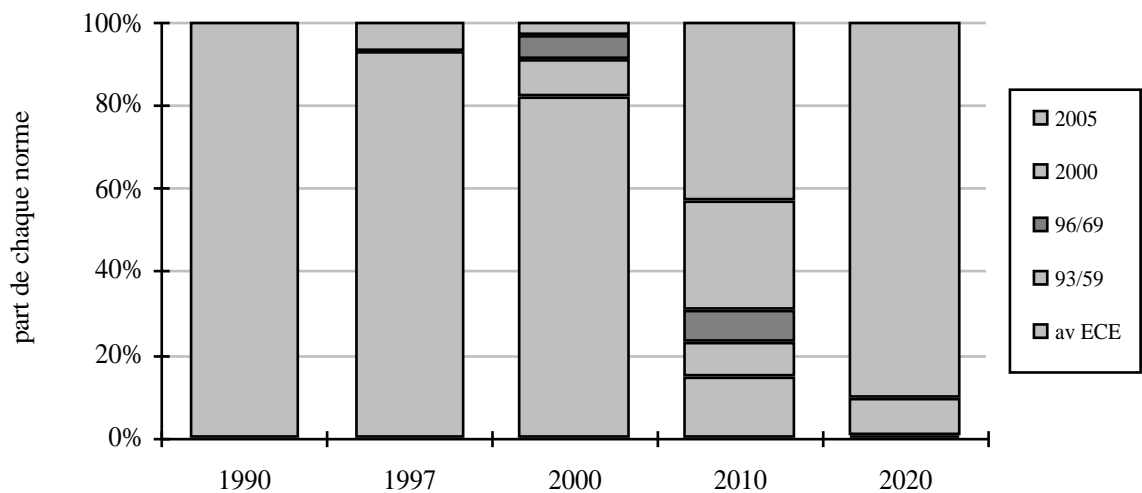


Figure 238 : Répartition du parc statique de véhicules utilitaires légers de classe I à essence selon la réglementation européenne.

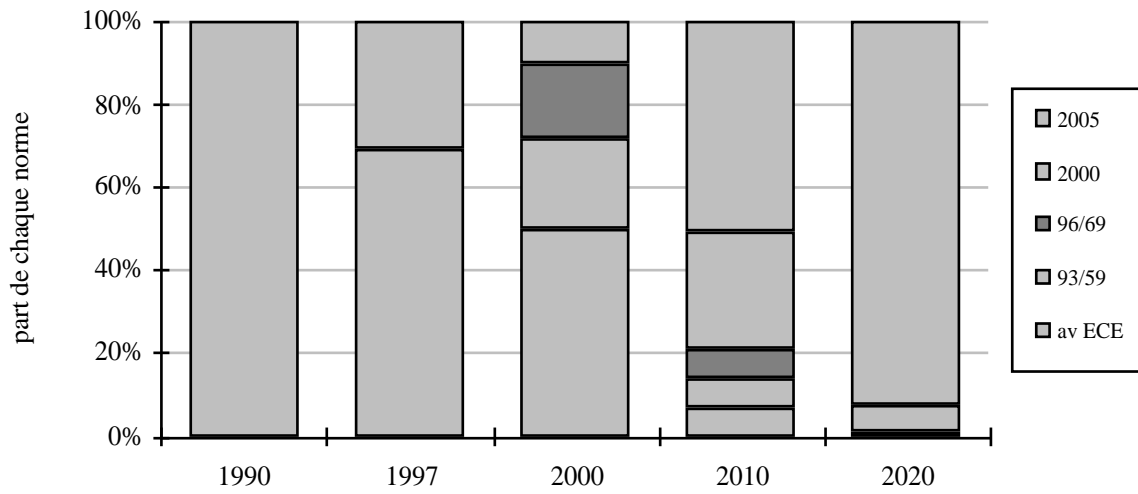


Figure 239 : Répartition du parc statique de véhicules utilitaires légers de classe I diesel selon la réglementation européenne.

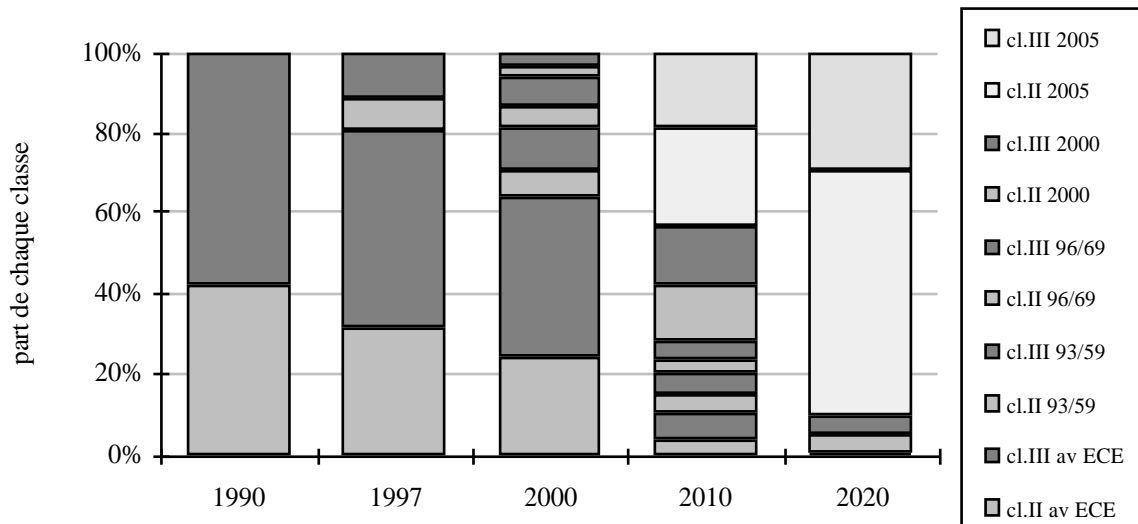


Figure 240 : Répartition du parc statique de véhicules utilitaires légers de classe II et III essence et diesel selon la réglementation européenne.

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

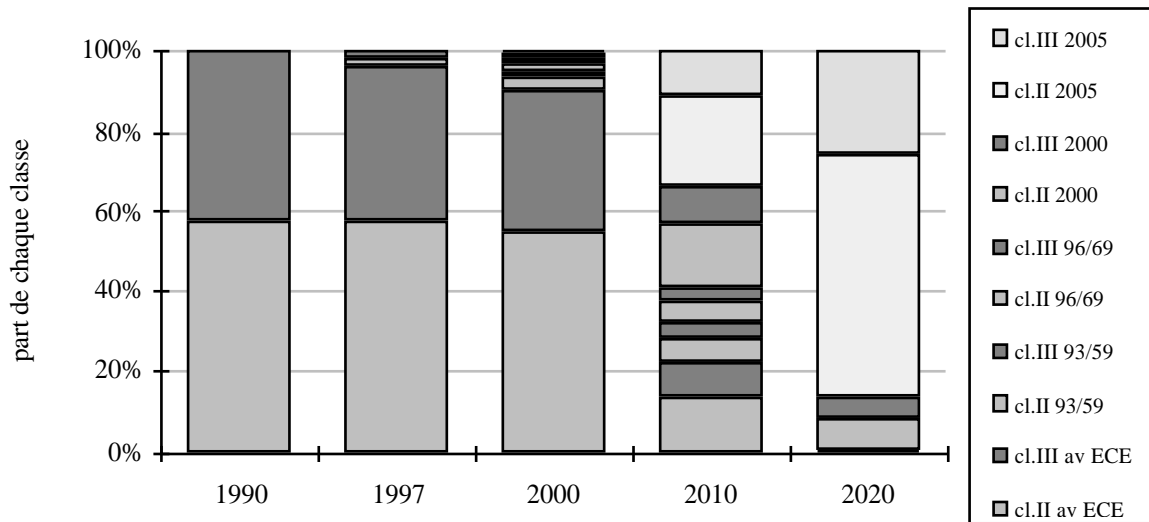
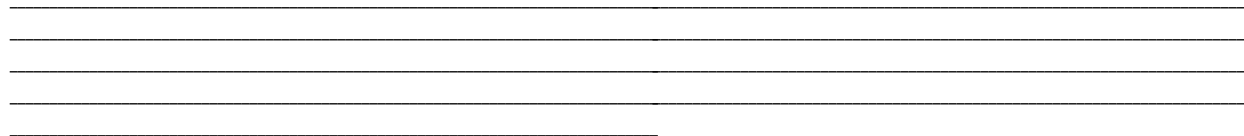


Figure 241 : Même répartition du parc statique de VUL de classe II et III essence.

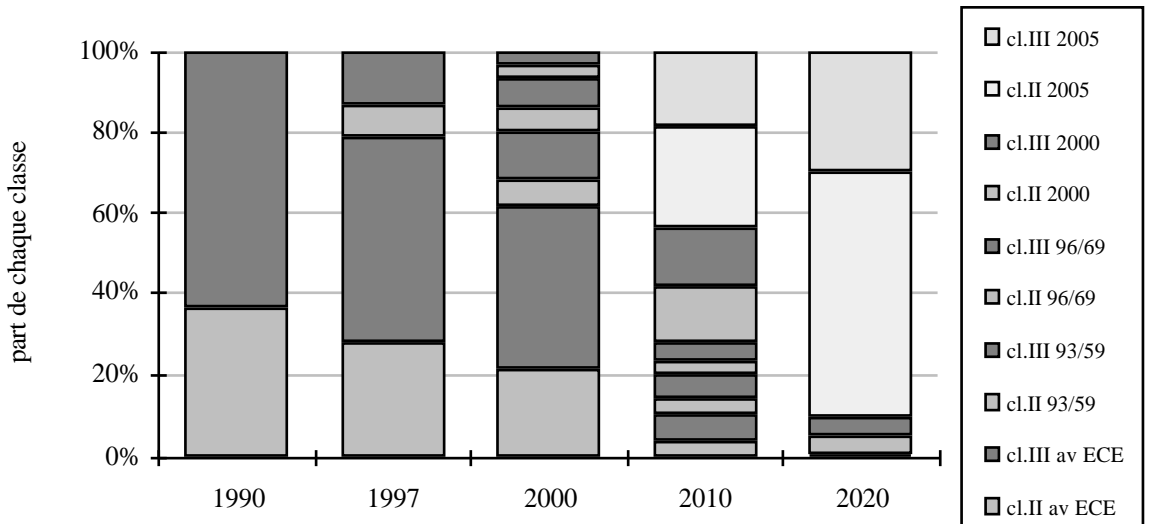


Figure 242 : Même répartition du parc statique de VUL de classe II et III diesel.

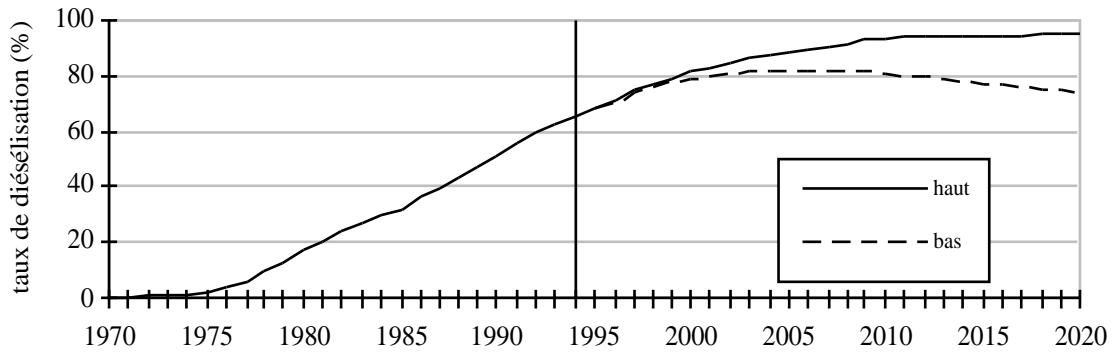


Figure 243 : Évolution comparée de la diésélisation du parc de véhicules utilitaires légers (VUL) selon les deux scénarii de diésélisation des immatriculations neuves.

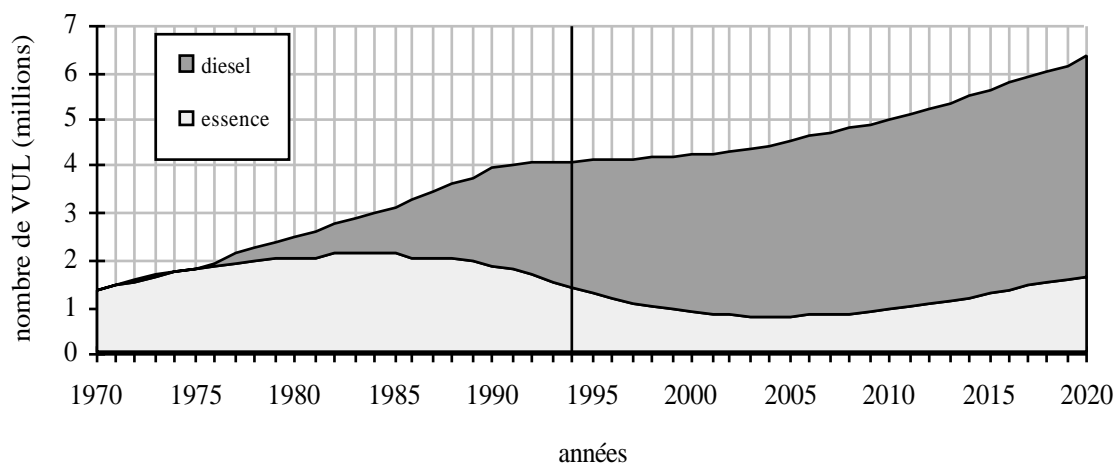


Figure 244 : Répartition essence-diesel des utilitaires légers du parc statique (S2).

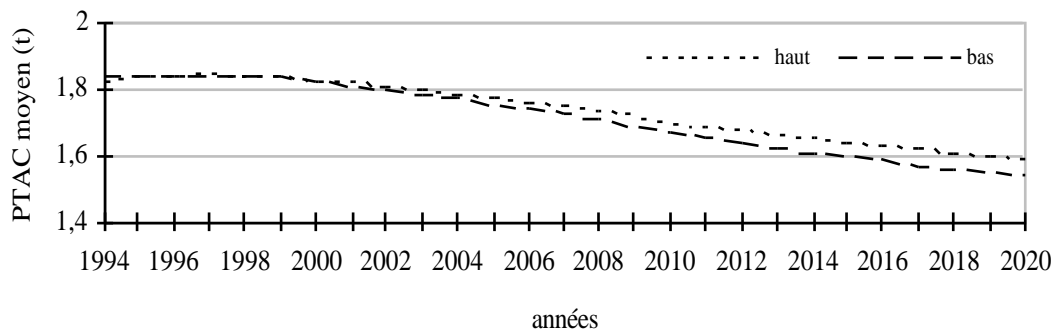


Figure 245 : PTAC moyen des véhicules utilitaires légers du parc statique calculé avec les deux scénarii.

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

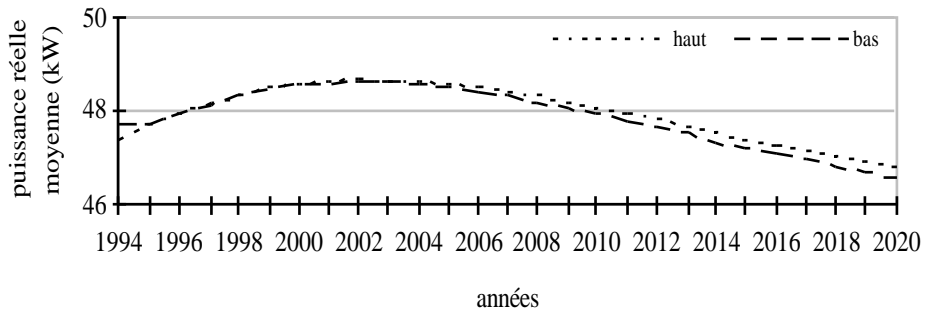


Figure 246 : Puissance réelle moyenne des véhicules utilitaires légers du parc statique calculée avec les deux scénarii.

Aucune estimation concernant la climatisation de ces véhicules n'ayant été réalisée et les véhicules utilitaires légers hors d'usage étant agrégés aux véhicules particuliers hors d'usage, nous présenterons directement l'influence que peuvent avoir sur certains résultats les deux scénarii de diésélisation des immatriculations neuves que nous avons simulés dans la deuxième partie de ce travail.

#### **I.2.1.6. Influence des scénarii d'évolution de diésélisation des VUL**

Si l'on compare les résultats de calcul du parc statique effectués avec les deux scénarii d'évolution de la diésélisation des immatriculations (respectivement 95 et 70% de diesel en 2020, cf. § 2P.I.5.2.1.), on constate que la diésélisation du parc est influencée par le scénario dès 1999, l'écart entre les deux valeurs (fig. 243) se creusant régulièrement jusqu'en 2020 ; alors que le scénario haut provoque une augmentation de la diésélisation du parc statique ininterrompue entre 1970 et 2020, l'hypothèse basse est à l'origine d'une diminution de cette diésélisation à partir de 2009, qui atteint 73% en 2020. Dans les deux cas, on remarquera que le taux de véhicules diesel du parc statique en 2020 est très proche du taux des immatriculations neuves (respectivement 95% et 95% pour le scénario haut, 73% et 70% pour le bas). La répartition essence-diesel évolue différemment de la première simulation à partir de 1998 (fig. 244), année à partir de laquelle les versions à essence commencent à croître pour atteindre 1,6 millions en 2020, alors qu'elles diminuaient pour n'être plus que 0,3 million en 2020 avec le scénario haut.

Le PTAC moyen et la puissance réelle moyenne sont très peu modifiés par le changement de scénario de diésélisation des immatriculations neuves. Dans la mesure où les véhicules à essence, dont les PTAC et puissance sont inférieurs à ceux des diesel sont plus nombreux avec ce second scénario (bas), il semble logique que les valeurs moyennes de ces deux paramètres pour le parc total soient inférieures à celles du premier scénario (haut) (fig. 245 et 246).



)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

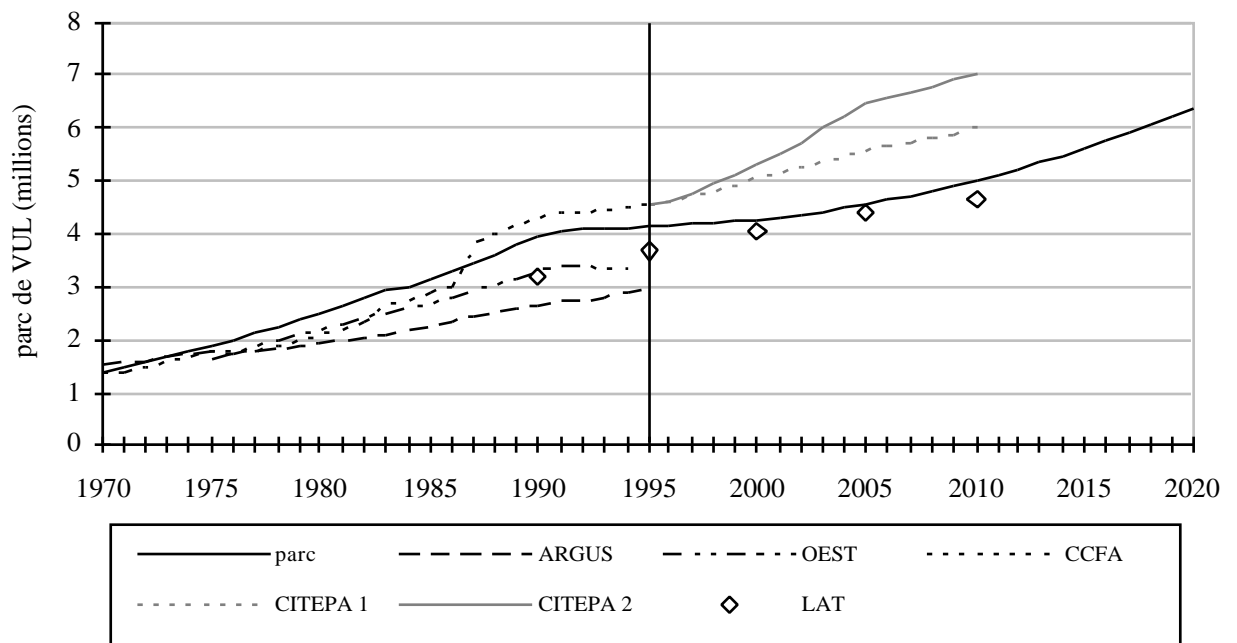


Figure 247 : Comparaison des estimations françaises du parc statique total de véhicules utilitaires légers.

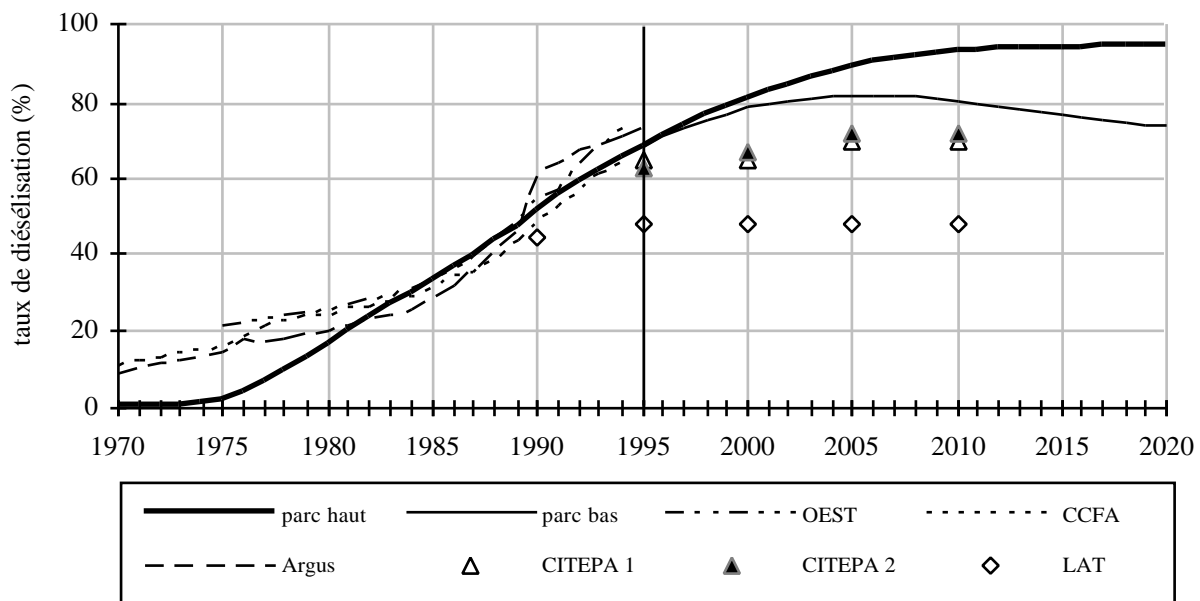


Figure 248 : Comparaison des estimations françaises du parc statique diesel de véhicules utilitaires légers.

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

### **I.2.1.7. Confrontation de nos résultats avec d'autres sources statistiques.**

Les sources statistiques étant moins nombreuses que pour les voitures, nous avons rassemblé les comparaisons du parc statique passé, présent et futur, mais séparé le parc total et le parc diesel. Les estimations présentées ici restent cependant assez obscures dans la mesure où les méthodes de calcul employées pour les obtenir ne font l'objet d'aucune publication explicative.

#### **I.2.1.7.1. Le parc statique total des VUL**

Les estimations de parc des véhicules utilitaires légers en France sont moins nombreuses que celles concernant les voitures : ces véhicules ne concernant pas (ou très peu) l'équipement des ménages, les études basées sur des modèles démographique ou économique ne prennent en compte que ceux qui sont mis à disposition des foyers (environ 50% du parc total, d'après de Castelnaud, 1995-1996) . Les seules données annuelles auxquelles nous avons pu confronter nos résultats sont celles qui ont été évaluées à partir des cartes grises (Argus de l'automobile, 1971-1996 ; OEST, 1988-1995 ; CCFA, 1986-1996). Notre parc est très proche de celui de l'Argus et du CCFA jusqu'en 1975 (fig. 247), puis s'en éloigne régulièrement pour devenir supérieur (4,2 millions contre 2,7 et 2,8 millions en 1985). Mais en 1986 le parc estimé par le CCFA dépasse le nôtre et lui reste supérieur jusqu'en 1995 (environ 10% de plus à partir de 1987). Entre 1975 et 1994, l'évolution de notre parc est relativement semblable à celle de l'OEST mais nos effectifs sont supérieurs (16% de plus en 1975, 22% en 1994). Après 1995, les seules projections de parc statique dont nous ayons connaissance sont celles effectuées par le Citepa (Citepa, 1994) et les simulations effectuées par le LAT (Kyriakis et coll. 1997). Pour le Citepa, deux scénarii sont simulés : un correspondant à une croissance faible du parc total (Citepa 1) et l'autre à une croissance plus forte (Citepa 2). Tous deux sont dans la continuité des résultats du CCFA puisque ce sont entre autres ces chiffres qui ont servi de base aux deux simulations. Les valeurs sont bien supérieures à notre évaluation (respectivement 1,3 et 2,5 millions d'écart, soit 26 et 50% de plus), partant d'un parc en 1995 plus volumineux que le nôtre et suivant des pentes plus fortes. Nous sommes par contre beaucoup plus en accord avec les chiffres du LAT pour le futur (à partir de 2000 surtout) mais un peu supérieur pour le passé.

#### **I.2.1.7.2. Le parc statique de VUL diesel**

En ce qui concerne les taux de diésélisation, on constate que nos résultats sont très inférieurs à toutes les autres évaluations jusqu'en 1982 (Argus de l'automobile, 1971-1996 ; OEST, 1988-1995 ; CCFA, 1986-1996) (fig. 248), ce qui pourrait éventuellement traduire une légère sous estimation des immatriculations de véhicules utilitaires diesel neufs que nous avons dû extrapoler avant 1987 (cf. § 2P.I.3.1.). Mais ne sachant pas de quelle façon les parcs et leur taux de diésélisation sont évalués par ces organismes, nous n'avons en aucun cas la possibilité de remettre nos calculs en doute.

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

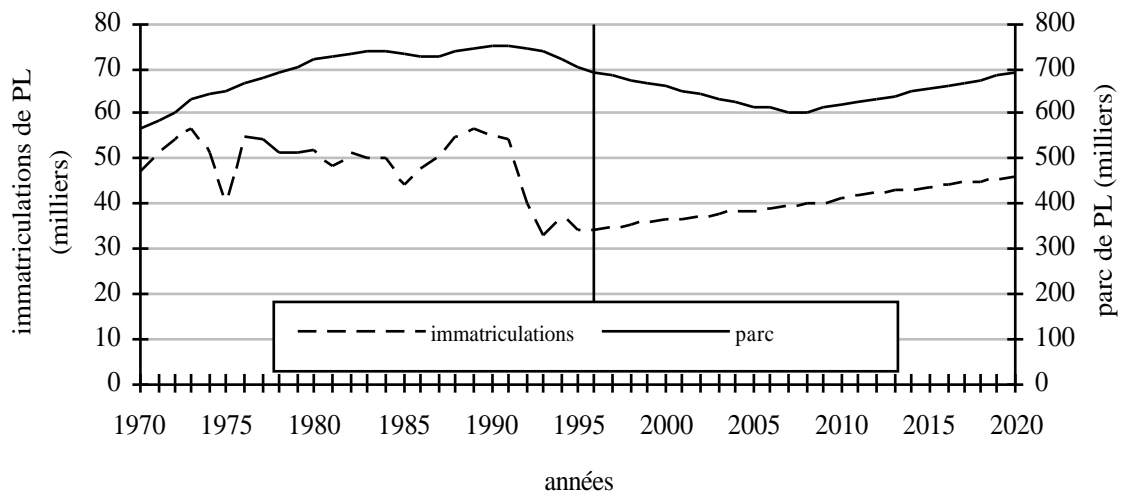
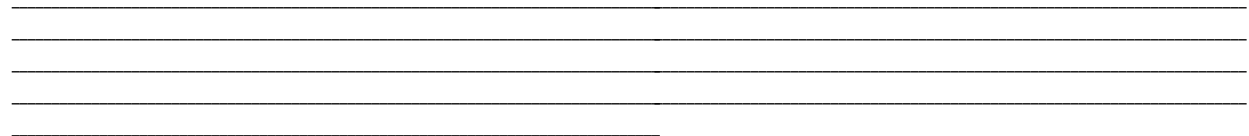


Figure 249 : Parc statique et immatriculations de poids lourds neufs entre 1970 et 2020.

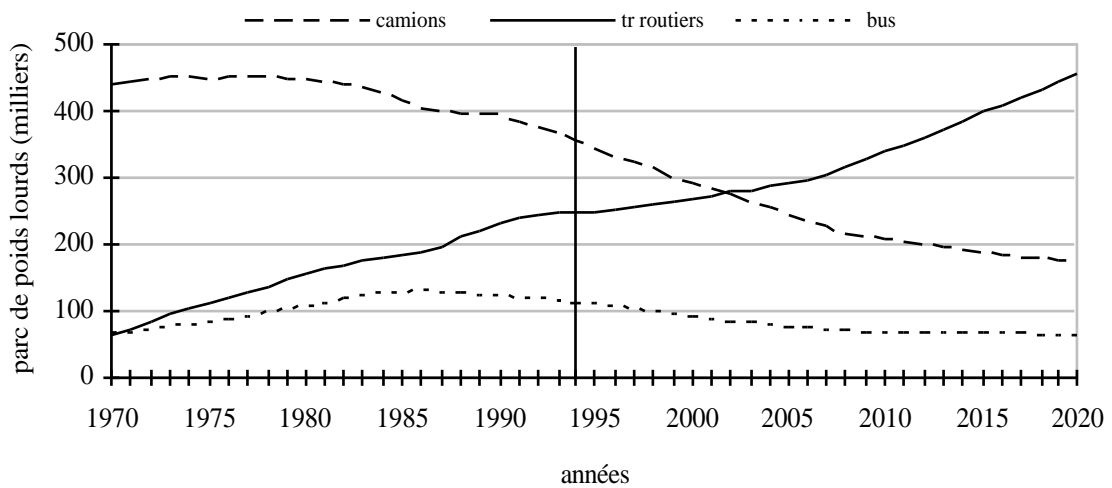


Figure 250 : Parcs statiques respectifs des 3 catégories de poids lourds.

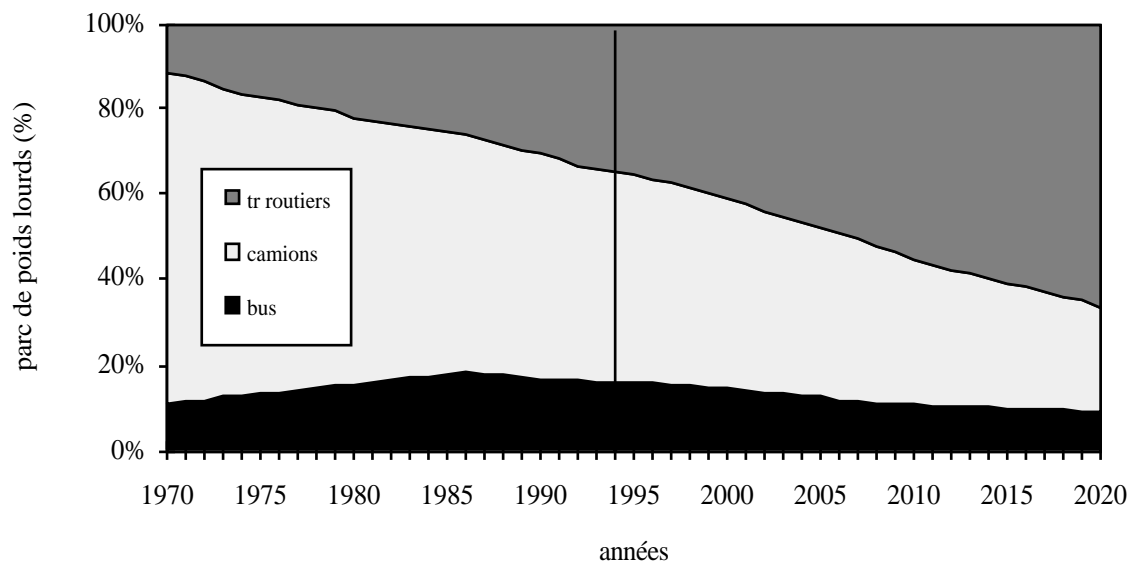


Figure 251 : Répartition des poids lourds du parc statique selon leur catégorie.

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

Les chiffres de l'OEST correspondent aux véhicules de moins de 3 t de charge utile, ce qui n'est pas exactement équivalent au PTAC inférieur à 3,5 t ; nous savons que ce parc est légèrement supérieur à celui des moins de 3,5 t de PTAC, mais le taux de diésélisation de ce dernier n'est pas disponible. Entre 1983 et 1994, nos résultats sont très proches de ceux de l'OEST, de l'Argus et du CCFA. Après 1995, le Citepa a simulé deux scénarii de diésélisation du parc statique d'utilitaires légers : un bas (Citepa 1) régit par une faible croissance du total des véhicules et un haut (Citepa 2) correspondant à une forte croissance des mêmes véhicules (Citepa, 1994). Les valeurs des deux taux de diésélisation sont très proches l'une de l'autre et inférieures à notre plus basse estimation (parc bas) d'environ 10%. Les travaux effectués par le LAT sur les parcs européens (Kyriakis et coll., 1997) font état d'un taux de diésélisation des véhicules utilitaires légers stable à 48% pour le futur à partir de 1995.

### **I.2.2. Le parc statique des poids lourds (PL)**

Rappelons qu'il s'agit des véhicules de PTAC supérieur à 3,5 t ou de PTR de plus de 5 t. Nous avons distingué les camions, les tracteurs routiers et les bus et cars. Contrairement aux immatriculations, nous ne consacrons pas ici un chapitre à chaque catégorie de poids lourds mais présentons les résultats de façon à pouvoir les comparer entre eux. Au cours des recherches que nous avons menées pour retrouver les caractéristiques technologiques des poids lourds immatriculés neufs (cf. § 2P.I.3.2.5.), nous avons considéré que tous étaient équipés de moteurs diesel. En comparant nos résultats avec les quelques estimations de parc auxquelles nous avons eu accès, il s'avère que cette hypothèse est peut être un peu exagérée. En effet, il a existé, et existe encore, quelques poids lourds à essence, notamment pour les camions et les bus. Leur nombre est cependant actuellement négligeable et nous n'avons pas estimé nécessaire, compte tenu du temps qui nous était imparti, de recommencer toutes nos estimations d'immatriculations et de refaire nos calculs de parc. Nous ne présenterons par conséquent aucun résultats et aucune comparaison concernant la diésélisation des poids lourds.

Les immatriculations totales de poids lourds sont globalement stables jusqu'en 1990 puis s'effondrent entre 1991 et 1993, pour rester très faibles jusqu'en 1996 (fig. 249). Le parc, qui avait commencé par croître en suivant cette évolution des véhicules neufs, commence à diminuer dès 1993. La croissance que nous avons simulée pour les immatriculations après 1996 (surtout pour les tracteurs routiers) partant d'un niveau très faible, elle n'influence pas le parc avant 2007 (600 000 véhicules), année à partir de laquelle il recommence à croître sans toutefois retrouver sa valeur

maximale de 1992 (750 000 véhicules). Le parc statique des tracteurs routiers augmente très nettement (400 000 unités entre 1970 et 2020, fig. 250) alors que celui des camions diminue avec une pente pratiquement similaire (mais de signe inverse), passant de 450 000 véhicules en 1970 à 170 000 seulement en 2020. Les bus augmentent entre 1970 et 1986, puis diminuent régulièrement jusqu'en 2020 pour finalement retrouver une valeur proche de celle de 1970 (près de 170 000 unités). Le cas de ces véhicules est un peu particulier, puisque depuis 1987, les bus de moins de 10 places ne sont plus comptabilisés avec les immatriculations de bus mais avec celles des véhicules particuliers dans la catégorie breaks. Cependant, nos données détaillées d'immatriculations ne comportant pas de critères de places, nous avons pris tous les véhicules en compte pour le calcul du parc détaillé.



)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

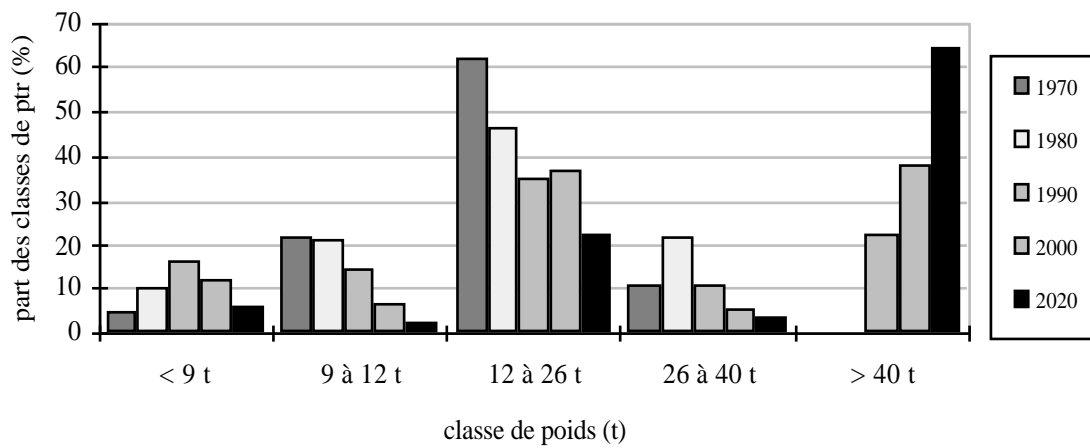
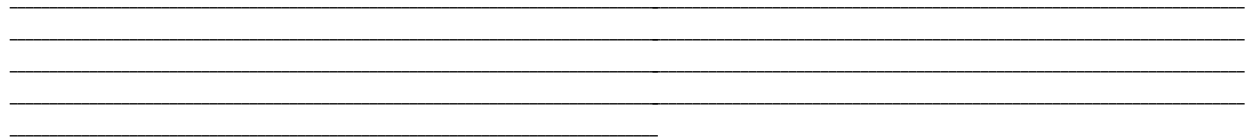


Figure 252 : Répartition des poids lourds du parc statique selon leur poids.

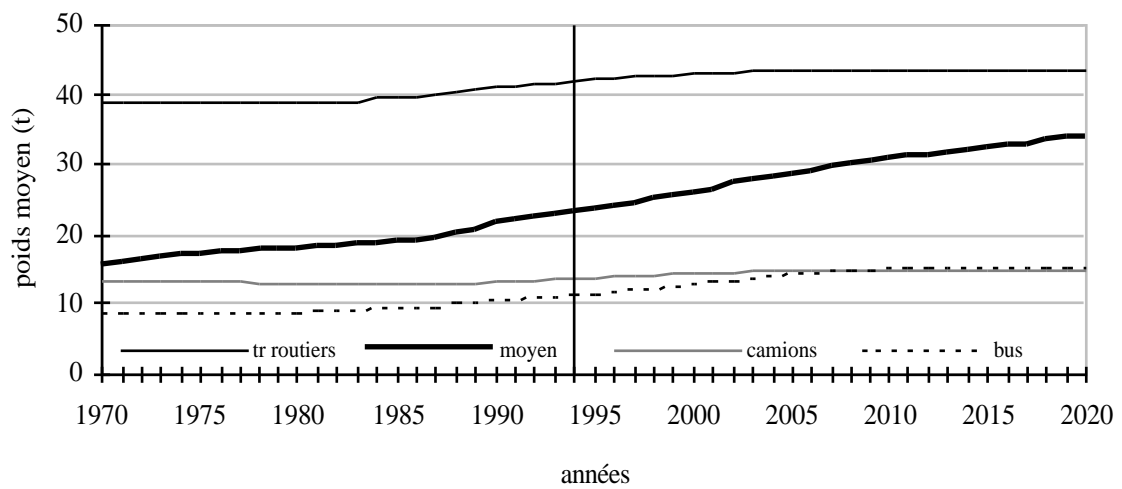


Figure 253 : Évolution du poids total (PTAC ou PTR) des poids lourds du parc statique.

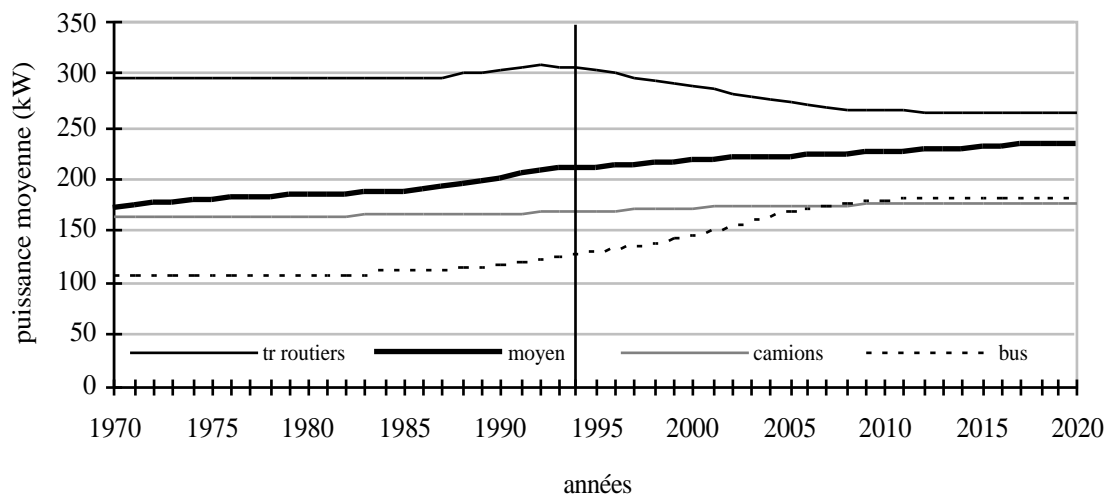


Figure 254 : Évolution de la puissance réelle des poids lourds du parc statique.

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

La distribution du parc total selon les trois catégories de véhicules rend bien compte de ces diverses évolutions (fig. 251). On constate une certaine continuité entre le futur et le passé ; les tracteurs routiers augmentent et deviennent majoritaires en 2007 aux dépens des bus mais surtout des camions, qui ne représentent plus que 15% du parc statique de poids lourds (80% en 1970).

### **I.2.2.1. Le poids total autorisé des PL du parc statique**

Dans la mesure où nous n'avons pas établi de scénario d'évolution des immatriculations futures qui soient fonction des paramètres techniques des véhicules (cf. § 2P.I.5.3.), les évolutions de ces paramètres ne sont fonction que des tendances passées des immatriculations auxquelles s'appliquent simplement les coefficients de survie. On trouvera en annexe X une répartition détaillée de chacun des types de poids lourds selon 9 classes de poids. Nous avons choisis de ne présenter ici que les 5 classes qui pourront servir de base aux inventaires d'émissions de polluants (fig. 252).

Les évolutions respectives du poids moyen des trois catégories de véhicules sont assez limitées, les tracteurs routiers étant les plus lourds (c'est leur PTR qui est pris en compte alors que les autres sont représentés par leur PTAC, forcément inférieur puisqu'il ne prend pas en compte une éventuelle remorque) et les bus les plus légers en 1970 (fig. 253) ; ce n'est plus vrai en 2020, puisqu'à partir de 2007, ceux-ci rejoignent puis dépassent très légèrement le PTAC des camions, les deux valeurs restant stables (15 t) les 13 dernières années d'étude. Compte tenu du fort développement des tracteurs routiers, la valeur moyenne pour l'ensemble des poids lourds augmente nettement, passant de 16 t en 1970 à 34 t en 2020.

### **I.2.2.2. La puissance moyenne des PL du parc statique**

Seules les puissances des bus et tracteurs routiers varient, celle des camions restant pratiquement stable, passant de 160 kW en 1970 à 175 kW en 2020 (fig. 254). La puissance des tracteurs routiers a tendance à diminuer. Cependant, ces résultats sont plutôt représentatifs d'une réalité passée : en effet, la pente de croissance que nous avons appliquée aux immatriculations des tracteurs routiers (comme aux autres poids lourds d'ailleurs) en 1994 pour estimer les immatriculations futures ne dépend ni du poids ni de la puissance. Après 1994, les immatriculations nouvelles ainsi calculées gardent donc les mêmes caractéristiques techniques que celles de cette année. De plus, la puissance des tracteurs routiers neufs a légèrement diminué entre 1991 et 1994

(cf. § 2P.I.3.2.7.), l'application des coefficients de survie à ces immatriculations ne fait qu'amplifier ce phénomène, ajoutant chaque année au parc statique toujours un peu plus de véhicules un peu moins puissants. La puissance décroissante des tracteurs routiers dans le futur ne nous paraît pas logique, compte tenu de l'essor que connaît le transport routier de marchandise et de l'importance de plus en plus grande que prennent ces véhicules au sein du parc de poids lourds.

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

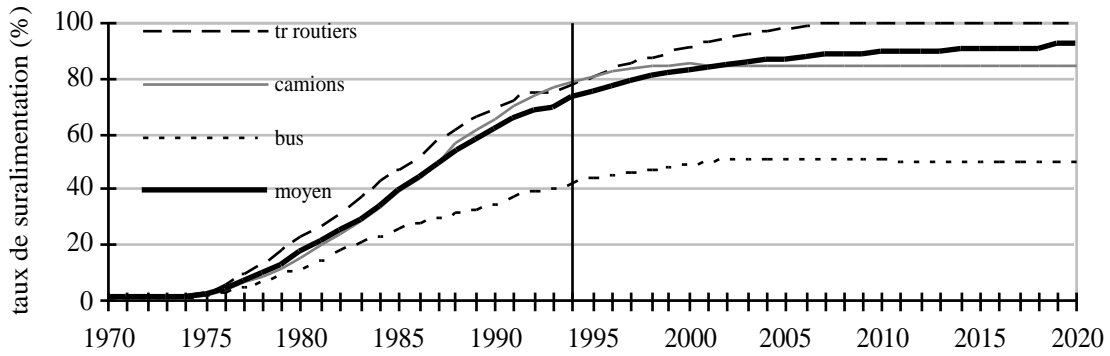


Figure 255 : Taux de suralimentation des poids lourds du parc statique.

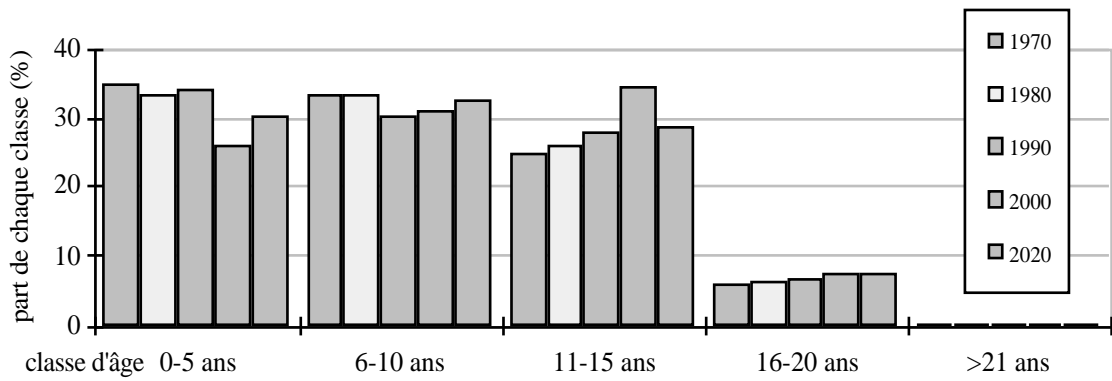


Figure 256 : Répartition du parc statique de camions selon leur âge.

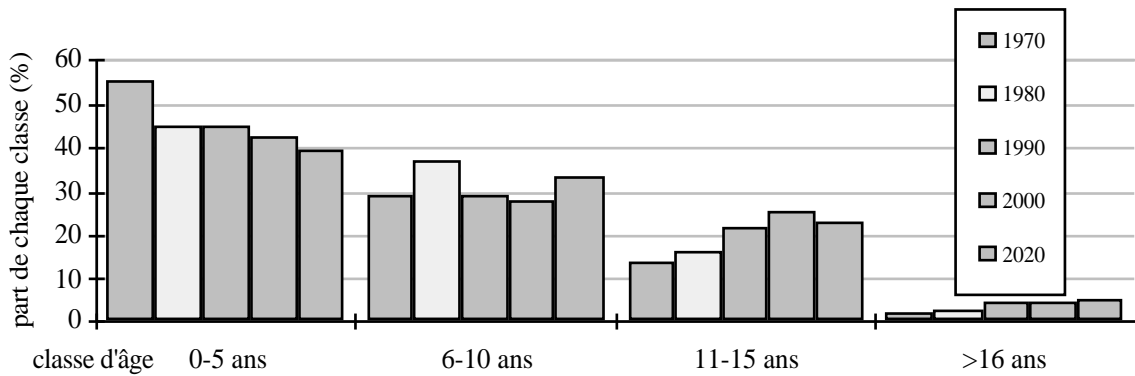


Figure 257 : Répartition du parc statique de tracteurs routiers selon leur âge.

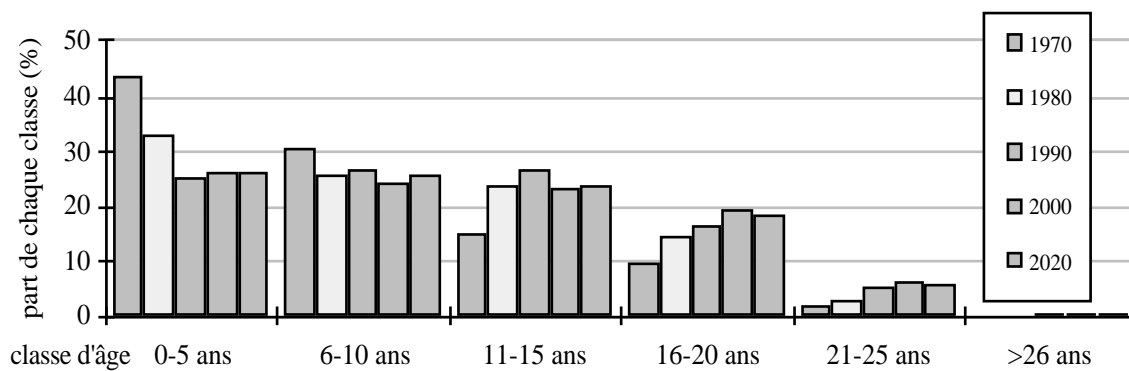


Figure 258 : Répartition du parc statique de bus et cars selon leur âge.

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---

Celle du parc des bus augmente mais leur part au sein du parc diminue légèrement ; celle des camions reste stable, mais comme leur importance diminue fortement dans le parc des poids lourds entre 1970 et 2020, la puissance moyenne augmente tout de même, suite à l'essor des tracteurs routiers qui sont les poids lourds les plus puissants du marché. L'évolution décennale de la répartition des trois types de véhicules en 7 classes de puissance est présentée en annexe XI.

### **I.2.2.3. L'évolution des moteurs des PL du parc statique**

Les poids lourds n'étant pas concernés par la réglementation européenne visant à obliger les véhicules à être équipés d'un pot catalytique, la seule évolution technologique à laquelle nous nous sommes intéressés concerne la suralimentation des moteurs. La suralimentation des moteurs de poids lourds neufs ayant connu un fort développement depuis 1973 (cf. § 2P.I.3.2.5.), il semble logique que les tendances de croissance soient les mêmes pour le parc, toujours avec une légère atténuation (fig. 255). Comme pour le poids et la puissance, les moteurs de véhicules immatriculés après 1994 conservent les mêmes caractéristiques que ceux de cette année. Les taux de suralimentation restent donc les mêmes pour les véhicules neufs postérieurs à 1994 (100% des tracteurs routiers, 84% des camions et 48% des bus). Compte tenu des coefficients de survie respectifs, on aboutit au bout d'un moment à une stagnation de ce taux pour le parc. Notons que les tracteurs routiers ont de toute façon déjà atteint le taux de suralimentation maximal puisqu'ils sont tous équipés de turbo.

### **I.2.2.4. L'âge et la réglementation des PL du parc statique**

Ce calcul est réalisé à partir de l'historique des immatriculations totales auxquelles s'appliquent les coefficients de survie pour chaque type de véhicule. On trouvera en annexe (XII, XIII et XIV) la distribution détaillée des trois types de poids lourds en fonction de leur âge pour 1970, 1980, 1990, 2000 et 2020. Pour ces mêmes années, nous avons regroupé ces véhicules par tranche d'âge de 5 ans. On constate que les camions de moins de 15 ans sont encore très nombreux au sein du parc (fig. 256), alors que la part des plus âgés est négligeable, devenant presque nulle pour les plus de 20 ans. Les véhicules sont assez équitablement répartis sur les trois premières classes d'âge. En 2000, la part des camions de 11 à 15 ans est particulièrement importante ; en 2020, elle diminue au profit des véhicules plus jeunes (notamment les moins de 5 ans). La distribution des tracteurs routiers diminue plus régulièrement avec l'âge (fig. 257) et évolue dans le sens d'un

vieillissement global entre 1970 et 2020. Les véhicules de plus de 15 ans sont là encore très réduits, à peu près aussi peu nombreux que les camions du même âge. Les bus représentés ici sont les bus de plus de 10 places dont nous connaissons les immatriculations totales à partir des extrapolations faites sur celles des breaks (cf. § 2P.I.3.2.3.). Comme pour les tracteurs routiers, le parc évolue vers un vieillissement général (fig. 258) entre 1970 et 2020, les bus de 6 à 10 ans et ceux de 11 à 15 ans étant globalement équivalents. Les plus de 20 ans chutent brusquement et la dernière tranche d'âge est pratiquement inexistante pour les 5 années d'étude.



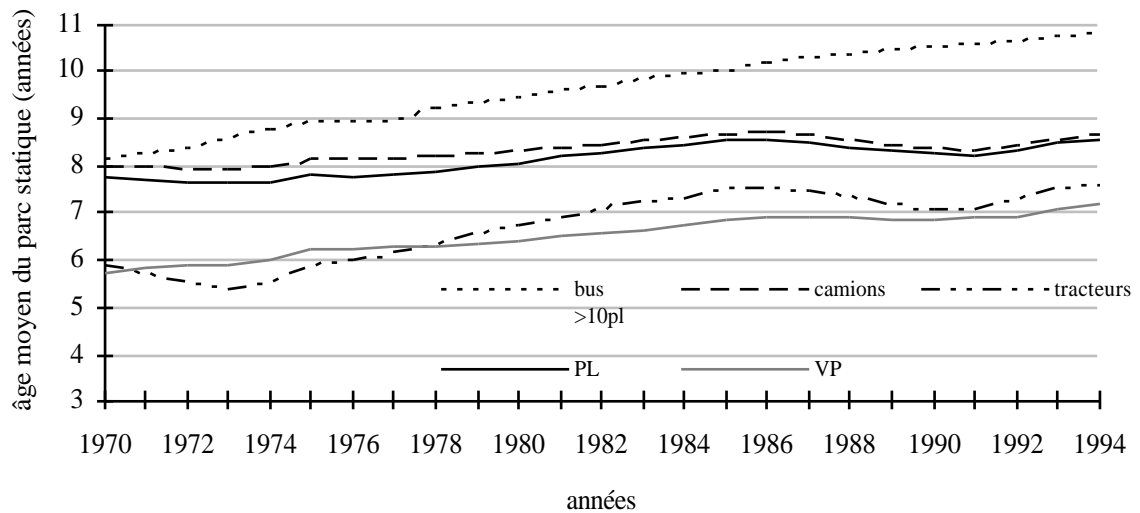


Figure 259 : Ages moyens comparés des parcs statiques de poids lourds.

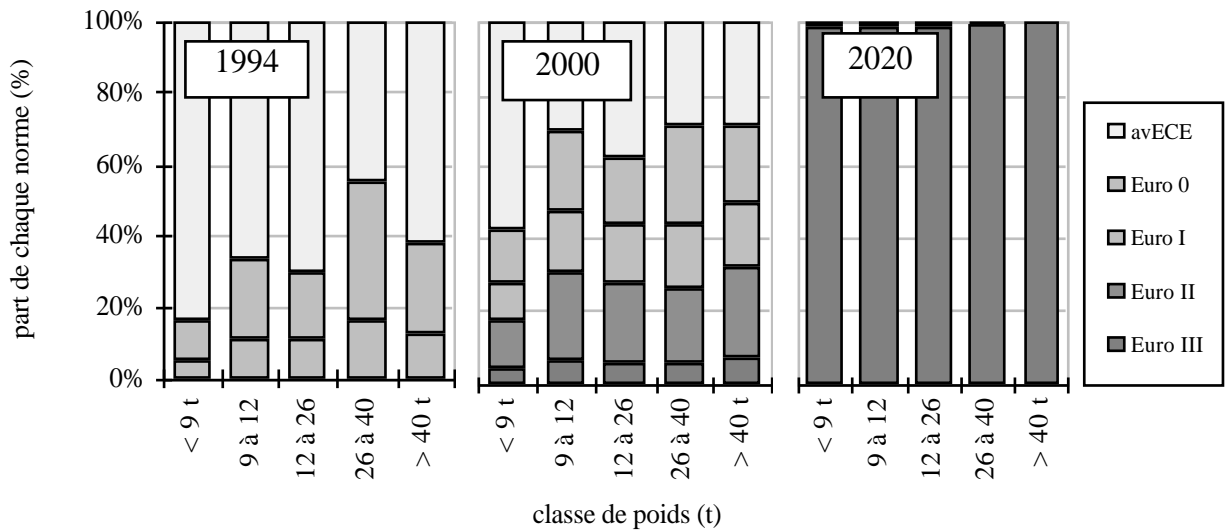


Figure 260 : Répartition du parc statique de poids lourds selon leur poids et la réglementation Européenne.

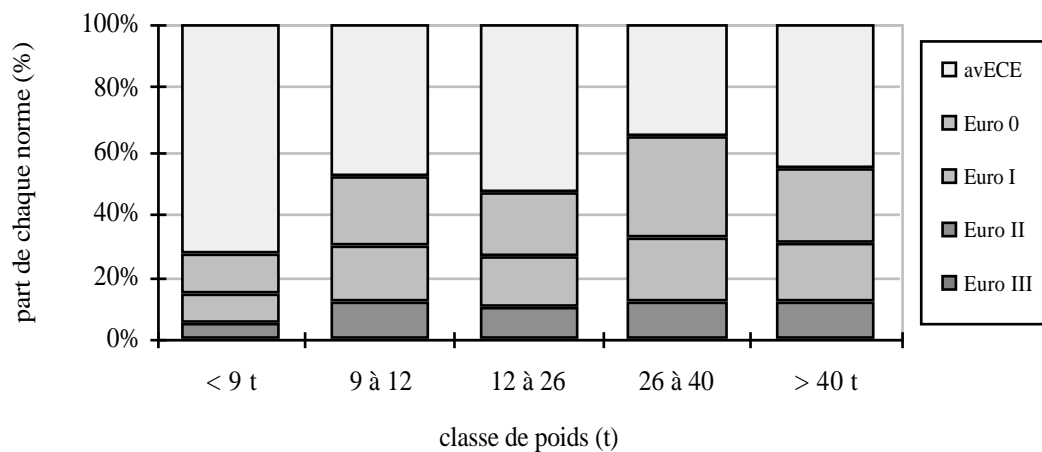
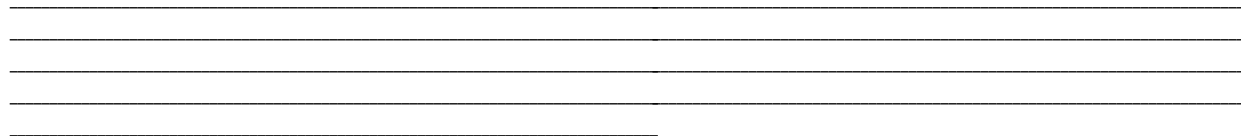


Figure 261 : Répartition du parc statique de poids lourds en 1997 selon leur poids et la réglementation Européenne.

)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*



En ce qui concerne l'âge moyen du parc statique des poids lourds, on constate un accroissement globale pour tous les véhicules et par conséquent pour la valeur globale qui passe de 7,8 ans en 1970 à 8,5 en 1994 (fig. 259). L'âge moyen des bus (> de 10 places) est celui qui augmente le plus régulièrement (atteignant 11 ans en 1994 contre 8 en 1970) : ce phénomène est la conséquence directe de la diminution régulière des immatriculations de bus neufs au cours de ces 24 dernières années. Les tracteurs connaissent une évolution plus irrégulière. Deux fois au cours de la période présentée l'âge moyen de ces véhicules diminue de façon significative (1970-1975 et 1988-1992) suite à l'accroissement des immatriculations neuves durant ces mêmes années (cf. § 2P.I.3.2.2). La même remarque peut être faite pour les camions entre 1988 et 1992.

Dans la mesure où tous les poids lourds de plus de 5 t de PTR (ou 3,5 t de PTAC) sont soumis à la même réglementation européenne, la répartition de l'ensemble du parc par âge nous permet de savoir à quelle réglementation ils sont soumis par une simple correspondance de date. Cependant, si les limites sont les mêmes pour tous les véhicules, les émissions unitaires réelles augmentent avec le poids et la puissance de chacun.

La répartition des poids lourds par âge pour nos 5 classes de poids nous permet de connaître la distribution du parc par réglementation (fig. 260), par exemple pour les années 1994, 2000 et 2020. Il n'y a en 1994 aucun véhicules de réglementation postérieure à Euro 1, Euro 2 ne prenant effet qu'à partir de 1996. En 2000, toutes les normes sont représentées puisque c'est l'année de mise en place du dernier règlement actuellement prévu Euro 3. Enfin en 2020, seules Euro 1, Euro 2 (toutes deux négligeables et invisibles sur le graphique) et Euro 3 sont encore représentées au sein du parc statique de poids lourds. Pour l'année en cours (1997), les poids lourds obéissant à la dernière norme (Euro II) constituent environ 10% du parc (fig. 261), ce qui correspond aux immatriculations neuves (puisque cette norme s'applique depuis fin 1996). Les véhicules non réglementés (immatriculés avant 1991) sont encore nombreux (plus de 30% pour les plus petits poids lourds (PTAC inférieur à 9 tonnes). En fonction des différents âges maximum des poids lourds déjà évoqués dans le chapitre précédent (29 ans pour les bus), il faudra attendre au moins 2019 (1990+29) pour qu'ils disparaissent totalement.

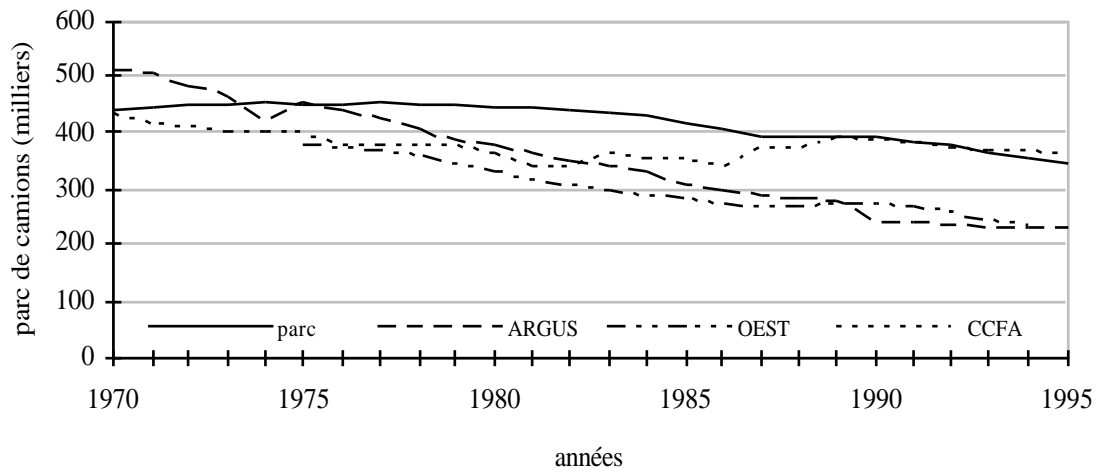


Figure 262: Comparaison des estimations françaises du parc statique des camions.

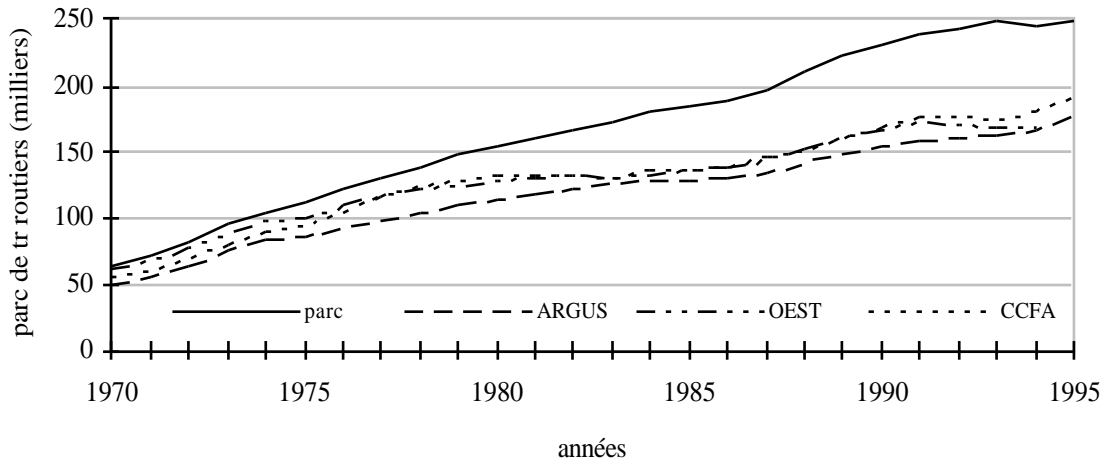


Figure 263 : Comparaison des estimations françaises du parc statique des tracteurs routiers.

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

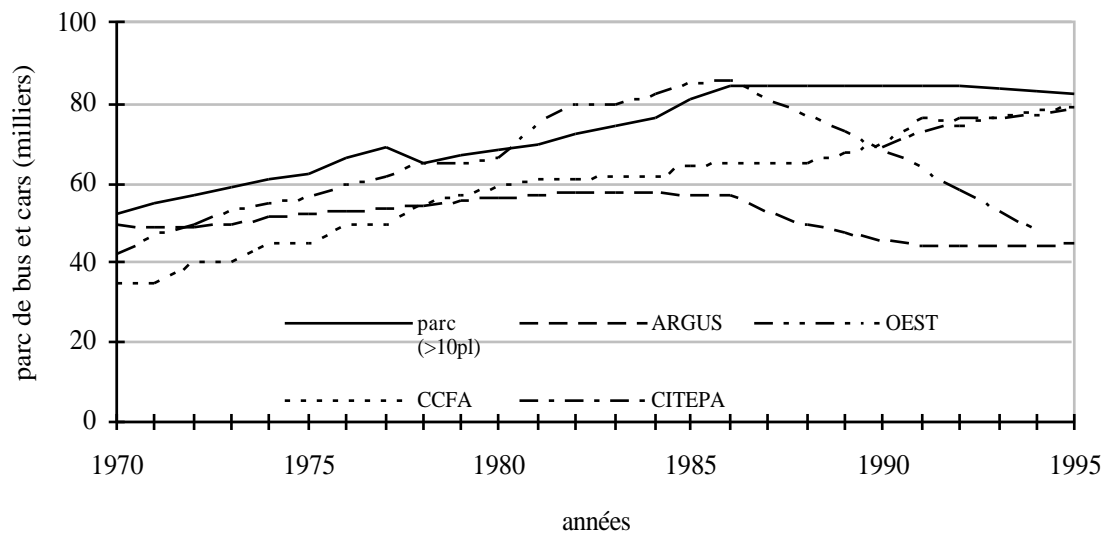
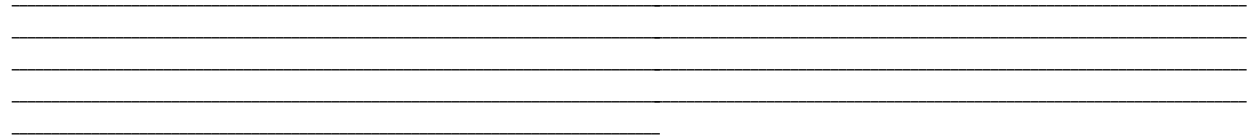


Figure 264: Comparaison des estimations françaises du parc statique des bus et cars.

### **I.2.2.5. Confrontation de nos résultats avec d'autres sources statistiques**

Les sources auxquelles nous avons pu comparer nos résultats sont les mêmes que pour les véhicules utilitaires légers (Argus de l'automobile, 1971-1996 ; OEST, 1988-1995 ; CCFA, 1986-1996). Nous ne pouvons cependant comparer que les chiffres bruts et non les méthodologies de calcul pour les obtenir. Les estimations de l'OEST ne concernent que les véhicules de moins de 10 ans. N'ayant eu accès à des projections de parc futur que pour le parc total des poids lourds (Citepa, 1994), nous présenterons tout d'abord les estimations passées et présentes pour chaque type de véhicules puis les comparaisons passées, présentes et futures pour l'ensemble du parc statique des poids lourds.

#### **I.2.2.5.1. Le parc statique des camions**

Dès 1973, notre parc de camions est l'estimation la plus élevée jusqu'en 1989, où il est rejoint par les chiffres du CCFA (fig. 262). Le parc de l'OEST ne prenant en compte que les camions de moins de 10 ans, il est logique qu'il soit bien inférieur au nôtre, compte tenu de la distribution de notre parc de camions en fonction de l'âge ; nous ne savons pas ce qu'il en est pour les autres parcs dont les limites, si elles existent, ne sont pas indiquées dans les résultats. Les évaluations de l'Argus comme de l'OEST ont tendance à décroître franchement alors que celle du CCFA sont plutôt croissantes, dépassant même nos résultats à partir de 1992.

#### **I.2.2.5.2. Le parc statique des tracteurs routiers**

Pour les tracteurs routiers par contre, nos données sont très largement supérieures à toutes les autres estimations qui sont très proches les unes des autres (fig. 263). L'écart maximum est de 78 000 véhicules (avec l'Argus) en 1993, ce qui représente environ 30% de notre parc. Ne pouvant éprouver les méthodologies respectives de comptabilisations, nous ne pouvons déterminer d'où proviennent ces écarts. Les seules données "fragiles" qui pourraient éventuellement être remises en cause dans nos calculs sont les coefficients de survie et les immatriculations de tracteurs neufs que nous avons dues extrapolées avant 1987.

#### **I.2.2.5.3. Le parc statique des bus et cars**

Les estimations sont ici plus éloignées les unes des autres (fig. 264). Le parc des bus tels que nous l'avons calculé à partir des immatriculations détaillées est très élevé. Rappelons qu'il s'agit de l'ensemble des véhicules (dont certains ont jusqu'à 29 ans), breaks compris, avant 1987. Il ne figure par conséquent pas sur le graphique puisque le champs des véhicules concernés n'est pas le même.

)

Troisième partie : Les résultats

Chapitre 1 : Le parc statique

---

---

---

---

---

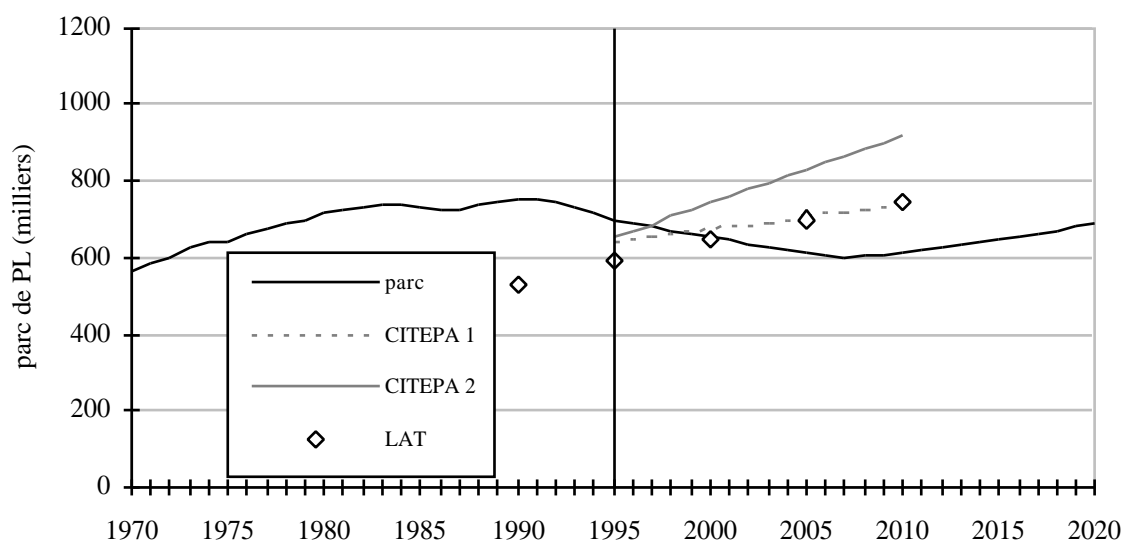


Figure 265: Comparaison des projections de parc statique de poids lourds en France.

Par contre, si l'on ne considère plus que les "grands" bus (plus de 10 places), nos estimations sont proches des autres. Nous avons la valeur la plus élevée jusqu'en 1980 puis à nouveau à partir de 1986, le parc de l'OEST étant légèrement supérieur pendant ces quelques années.

D'une manière générale, le parc croît assez régulièrement entre 1970 et 1986. À partir de cette date, le parc de l'OEST diminue franchement pour rejoindre la valeur de l'Argus en 1994. Nos estimations et celles de l'Argus restent à peu près stables, à environ 20 000 bus d'écart, jusqu'en 2020.

#### **I.2.2.5.4. Comparaisons des projections futures de parc de PL**

Les seules projections futures qui aient été réalisées concernant les poids lourds sont à notre connaissance celle du Citepa (Citepa, 1994). Comme pour les véhicules particuliers et les utilitaires légers, deux scénarii ont été simulés, un de faible croissance (Citepa 1) et un de forte croissance (Citepa 2) (fig. 265). Tous deux sont très supérieurs à nos résultats de calculs, dont la décroissance amorcée en 1991 continue jusqu'en 2007, alors que les estimations du Citepa sont toutes deux croissantes à partir de 1995 bien qu'inférieures aux nôtres en 1995 et 1996. La modélisation du LAT (Kyriakis et coll., 1997) est très proche du scénario bas du Citepa, notamment à partir de l'an 2000.



)

*Troisième partie : Les résultats*

*Chapitre 1 : Le parc statique*

---

---

---

---

---



Après avoir présenté les résultats du calcul du parc statique en France, largement dominé par les véhicules particuliers, nous allons maintenant aborder le parc roulant, qui nous permettra de connaître la répartition des véhicules qui le constituent en fonction de l'intensité de leurs usages respectifs. Nous verrons que même si les véhicules particuliers restent les véhicules les plus répandus, la prise en compte des utilisations peut introduire quelques modifications au niveau de la répartition générale des véhicules au sein du parc roulant. Rappelons que le parc roulant est une distribution de véhicules, exprimé pourcentage (parc statique pondéré par les intensités respectives d'usage) et représente la distribution des véhicules qui roulent. Nous aborderons plus loin les circulations correspondant au total des kilométrages parcourus par l'ensemble des véhicules du parc roulant en les comparant avec d'autres sources statistiques.

## II. Le parc roulant

Basé sur le même principe de calcul que le parc statique, le parc roulant est représentatif de l'usage qui est fait des différents types de véhicules (légers et lourds) grâce aux coefficients d'utilisation présentés au cours du chapitre 2P.IV. mais rend également compte de l'évolution des effectifs de ces mêmes véhicules. Au contraire du parc statique, nous ne présenterons pas les résultats par type de véhicules ce qui serait une redite des coefficients d'utilisation, mais par type de voie de circulation, en y décrivant la répartition des véhicules en terme de carburant, de taille et d'âge ou de réglementation. Les effectifs absolus de ce parc roulant n'ayant pas grande signification, nous n'exposerons que des répartitions relatives (en pourcentage) en fonction du total de chaque année ou de 1970 pour pouvoir apprécier l'évolution globale des trafics en circulation. Certains graphiques ne présentent qu'un nombre réduit d'années et non une progression annuelle qui serait trop lourde ; n'y sont alors visibles que les variations à grande échelle, tout ce qui se passe entre temps n'y figurant pas. Cependant les évolution du parc, qu'il soit statique ou roulant, ont une certaine inertie et sont généralement assez progressives, aucune rupture ponctuelle ne venant perturber cette régularité. Nous commencerons par le parc roulant total toutes voies confondues puis décrirons successivement chacun des trois réseaux (ville, route, autoroute). Les résultats présentés ci-dessous ne concernent que les scénarii de diésélisation des immatriculations de véhicules légers qui nous semblent les plus réalistes, à savoir 95% de diesel pour les utilitaires légers en 2020 et 25% de diesel pour les voitures cette même année.

### II.1. Le parc roulant total

Il représente la répartition des véhicules sur l'ensemble du territoire français sans distinction de voie de circulation empruntée. Il rend compte de l'usage qui est fait des véhicules en fonction de leurs âge, carburant et taille. Nous commencerons par analyser la répartition des différentes catégories de véhicules, puis les véhicules légers diesel et essence toutes tailles confondues et par classe de taille, pour finir par les poids lourds répartis selon leur poids, puis leur âge. Nous évoquerons également les valeurs moyennes des cylindrées et poids moyens pour chaque catégorie de véhicules du parc roulant.

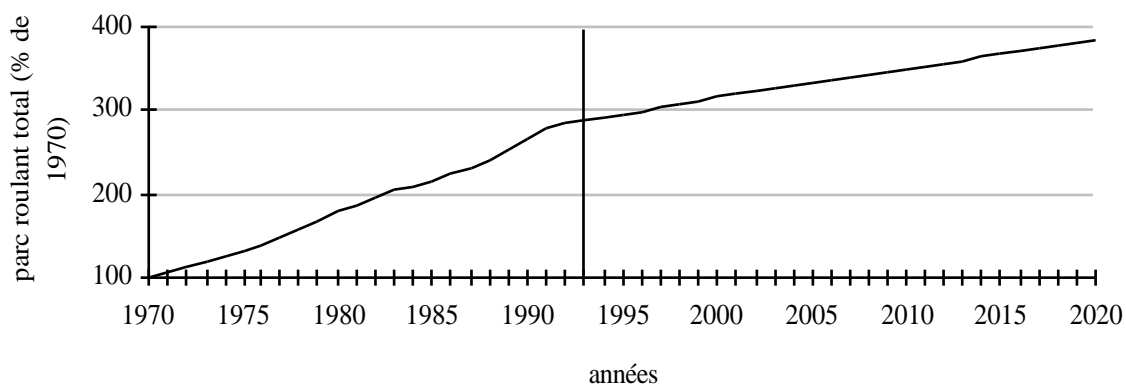


Figure 266 : Évolution du parc roulant total en France par rapport à 1970 (100%).

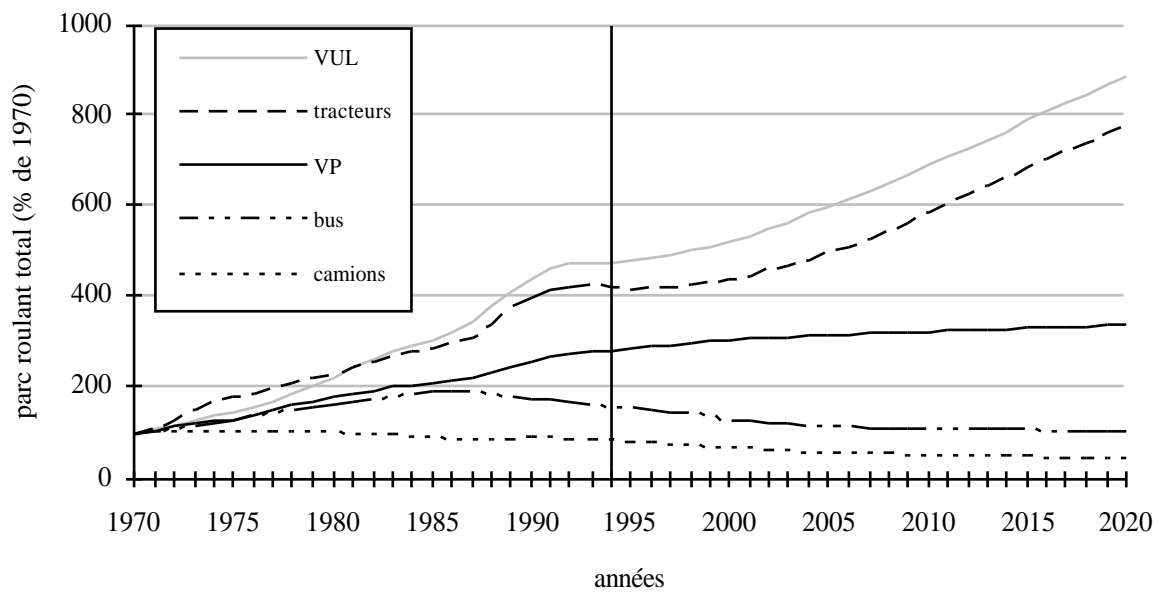


Figure 267 : Évolution du parc roulant global en France par rapport à 1970 (100%) réparti par catégorie de véhicules.

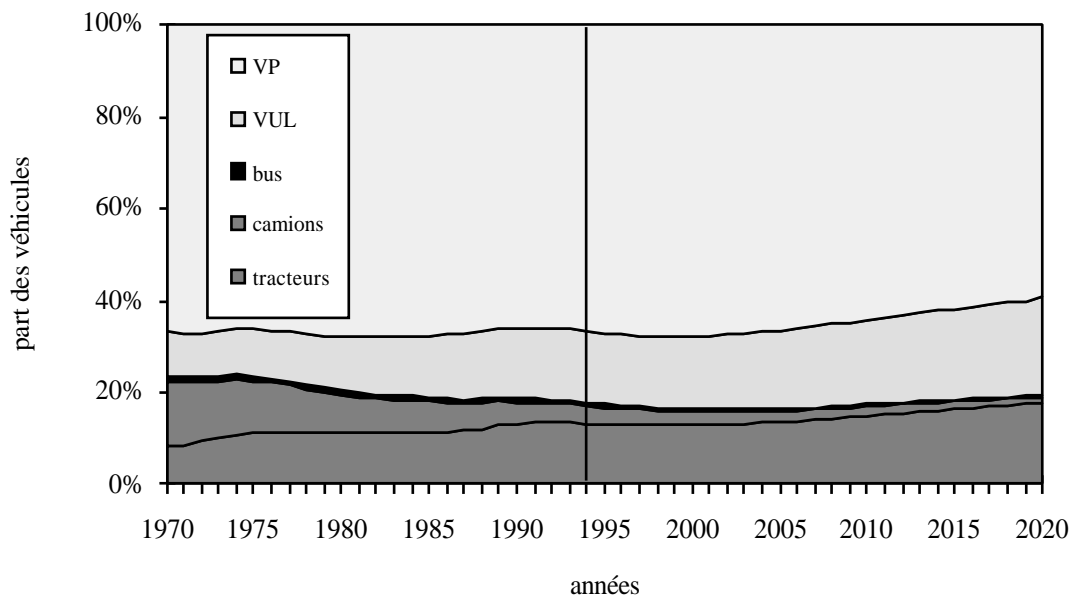


Figure 268 : Parc roulant global en France réparti par catégorie de véhicules.

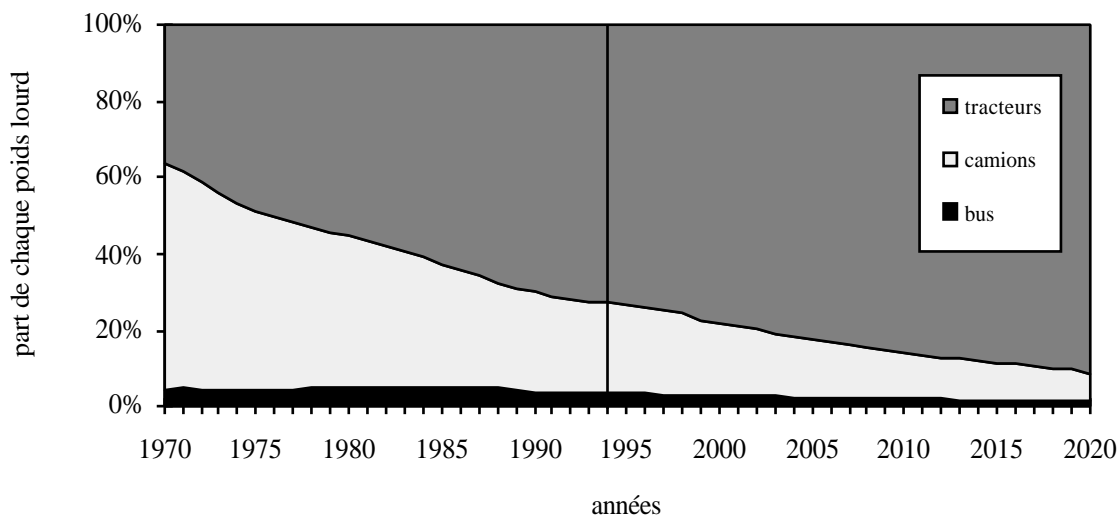


Figure 269 : Parc roulant global de poids lourds en France réparti par catégorie.

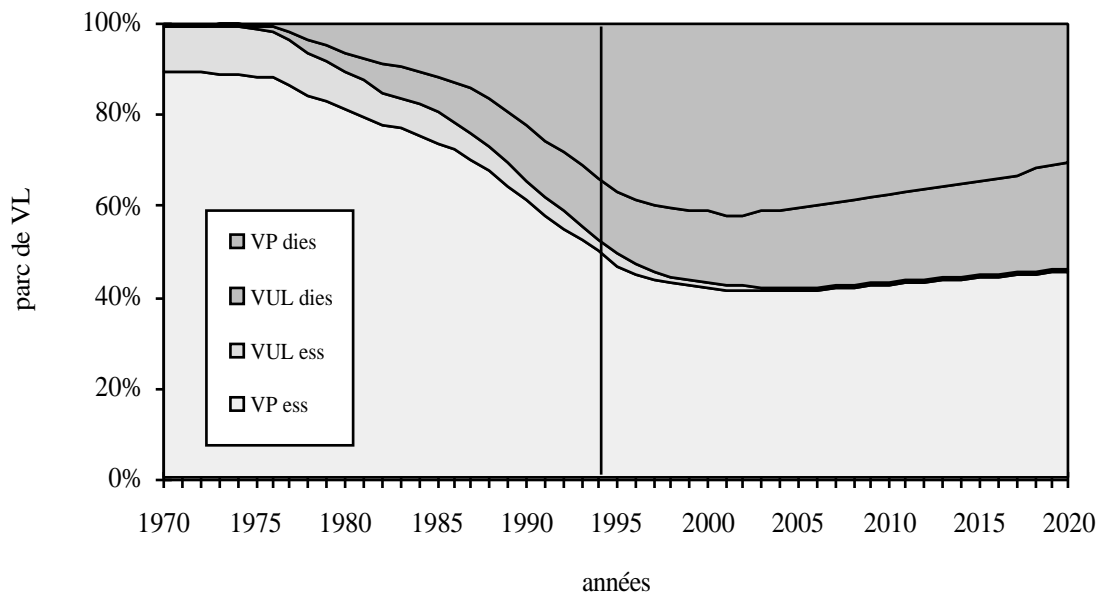


Figure 270 : Parc roulant global essence/diesel des véhicules légers (VL=VP+VUL).

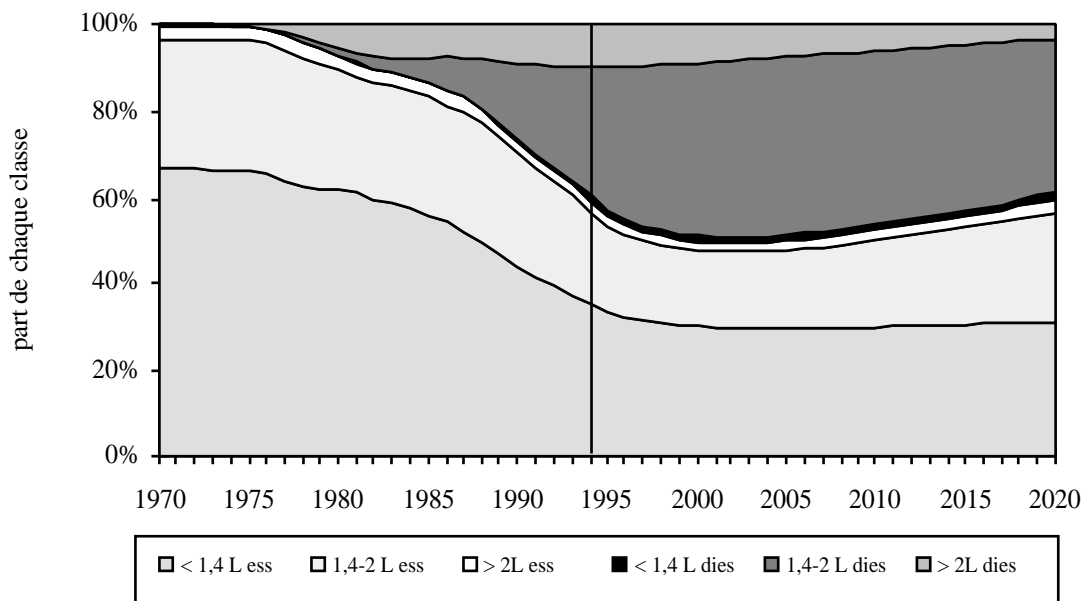


Figure 271 : Parc roulant global des véhicules particuliers réparti par classe de cylindrée et carburant.

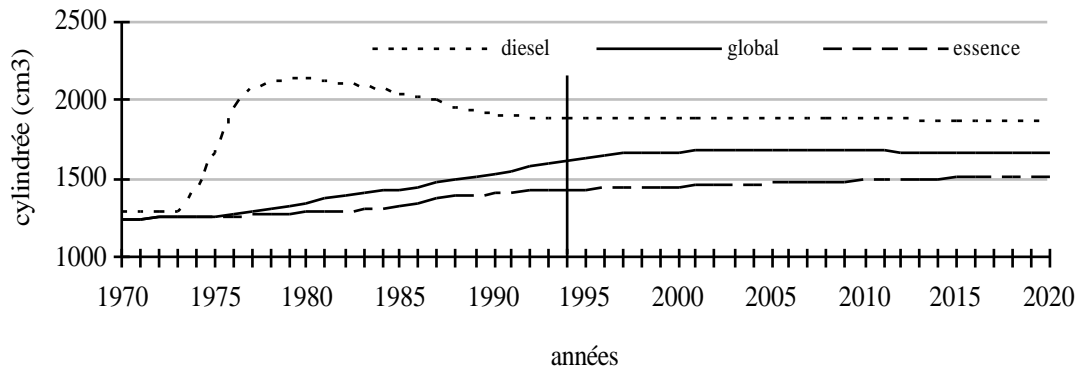


Figure 272 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers du parc roulant global.



Le parc roulant total tous véhicules confondus augmente presque régulièrement au cours du temps, affecté tout de même d'un ralentissement à partir de 1993 (fig. 266), conséquence directe du fort affaiblissement des immatriculations de cette période et des croissances futures de ces mêmes immatriculations que nous avons simulées en général un peu plus limitées que par le passé. L'évolution du parc roulant global de chaque type de véhicule montre un accroissement net des circulations (fig. 267). Ce sont les utilitaires légers qui connaissent le développement le plus fort, suivis des tracteurs routiers puis des véhicules particuliers, les bus augmentant entre 1970 et 1987 pour ensuite rejoindre progressivement leur valeur de 1970. Les camions quant à eux diminuent régulièrement au cours du temps.

La répartition de l'ensemble des véhicules du parc roulant, compte tenu de leurs usages respectifs, met en évidence une forte dominance des véhicules légers et notamment des particuliers, qui roulent moins que les poids lourds mais sont beaucoup plus nombreux (fig. 268). Ensuite viennent dans l'ordre les véhicules utilitaires légers, dont les usages se rapprochent fortement des véhicules particuliers mais qui sont moins importants en termes d'effectifs, puis les poids lourds, dont le parc diminue jusqu'en 2004, puis augmente légèrement jusqu'en 2020. La part des utilitaires légers est en plein développement aux dépens des voitures particulières et poids lourds depuis 1970. Ils devraient ainsi atteindre 20% du parc roulant total en 2020 contre seulement 10% en 1970. Compte tenu des effectifs très importants des véhicules légers (voitures et petits utilitaires), la figure 268 ne nous permet pas d'apprécier la répartition des trois catégories de poids lourds, que nous retrouvons figure 269. Comme pour le parc statique, on note une très forte progression des tracteurs routiers aux dépens des camions, d'autant plus importante pour le parc roulant puisque leurs kilométrages moyens sont plus élevés. Les pourcentages de 1970 pour ces deux catégories de poids lourds (respectivement 35% et 60%) s'éloignent radicalement en 2020 (90% de tracteurs routiers contre seulement 7% de camions). Les bus connaissent une très légère croissance entre 1970 et 1987 puis diminuent faiblement mais régulièrement jusqu'en 2020, suite à la diminution de leurs immatriculations et à l'élimination des véhicules de moins de 10 places de cette catégorie à partir de 1987.

### **II.1.1. Le parc roulant total des véhicules légers (VL)**

#### **II.1.1.1. Le parc roulant des VL par carburant**

Les seuls véhicules à essence que nous trouvons dans le parc roulant sont des véhicules légers (particuliers et utilitaires légers). En associant leurs répartitions respectives, on peut évaluer la diésélisation pour l'ensemble de ces véhicules (fig. 270). On constate que les diesel, quasiment inexistants en 1970, deviennent majoritaires dès 1994, augmentent jusqu'en 2003 où ils atteignent un maximum de 58% des véhicules légers, puis diminuent légèrement jusqu'en 2020 (55%) suite à la décroissance des véhicules particuliers diesel amorcée dès 2002. Les utilitaires légers qui n'étaient, comme les voitures, constitués que de motorisations à essence en 1970, ne sont pratiquement plus composés que de diesel à partir de 2004. Les véhicules particuliers à essence compensent la diminution de leurs homologues diesel et redeviennent majoritaires dès 2001.

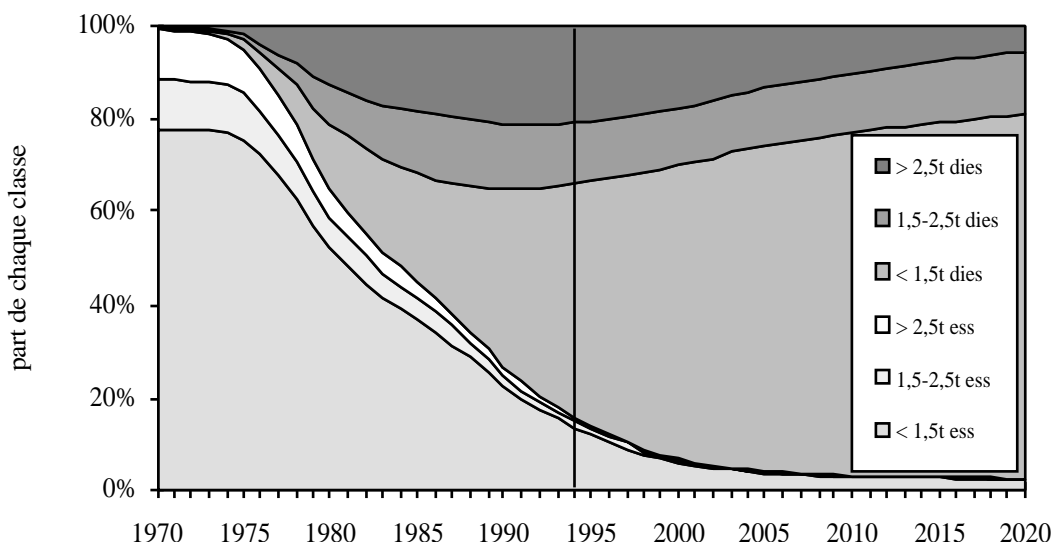


Figure 273 : Parc roulant global des véhicules utilitaires légers réparti par classe de poids et carburant.

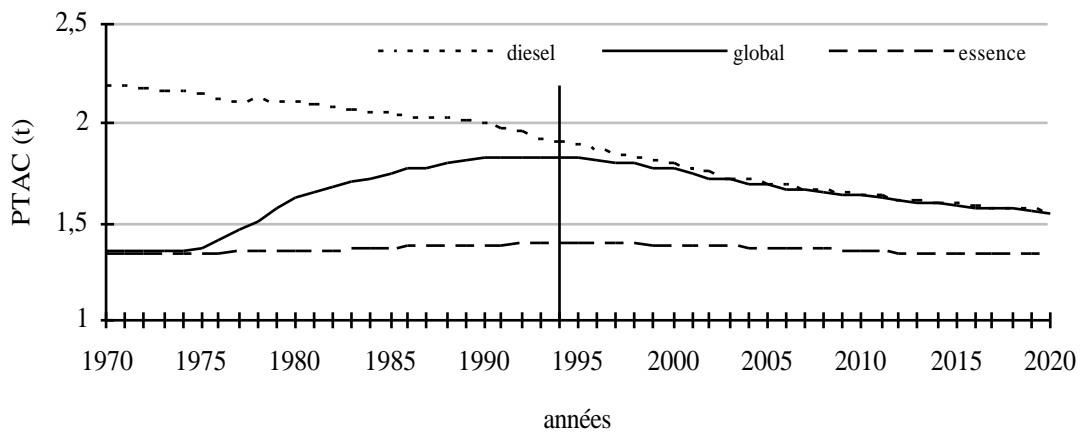


Figure 274 : PTAC moyen des véhicules utilitaires légers du parc roulant global.

### II.1.1.2. Le parc roulant des VL par carburant et classe de taille

Là encore il ne s'agit que des véhicules légers, les poids lourds n'étant constitués que de diesel. En 1970, les véhicules particuliers circulant le plus étaient les versions essence de petite cylindrée (inférieure à 1,4 l - fig. 271). Elles diminuent cependant régulièrement jusqu'en 1998 puis restent stables jusqu'en 2020 (28%), remplacées principalement par les diesel de cylindrée moyenne (comprise entre 1,4 et 2 l) qui deviennent dès 1996 les véhicules les plus utilisés et le restent jusqu'à la fin de la période d'étude (35% en 2020) malgré une légère diminution à partir de 2009. Les diesel de petite cylindrée connaissent un développement plus que confidentiel et sont à peu près à égalité avec les essence de grosse cylindrée (supérieure à 2 l) depuis 1989 (environ 2% chacun). Les seuls véhicules dont l'utilisation relative croît dans le futur sont les véhicules à essence de cylindrée intermédiaire, qui, après avoir été les deuxièmes plus utilisés de 1970 à 1982 malgré une légère décroissance, recommencent à croître à partir de 2003 et restent en troisième position en 2020 en terme d'usage (25% du total).

La cylindrée moyenne des véhicules particuliers est plus élevée pour les diesel que pour les essence tout au long de la période d'étude (fig. 272). Cependant, alors que celle des véhicules particuliers à essence est régulièrement croissante, celle des diesel, après avoir augmenté brusquement suite à l'apparition (non significative) dans le parc de véhicule de grosse cylindrée, diminue assez fortement tout d'abord entre 1980 et 1990 puis plus faiblement jusqu'en 2020 pour atteindre un peu moins de 1900 cm<sup>3</sup>. Suite à l'évolution de la répartition du parc roulant essence/diesel en terme d'effectifs, la cylindrée moyenne commence par croître jusqu'en l'an 2000, pour ensuite légèrement diminuer jusqu'en 2020.

En ce qui concernent les utilitaires légers (fig. 273), dont la taille est caractérisée par le poids total autorisé en charge (PTAC), les plus utilisés en 1970 sont les plus petites versions essence (PTAC inférieur à 1,5 t), suivi de loin mais à égalité par les moyens (PTAC compris entre 1,5 et 2,5 t) et gros véhicules (PTAC supérieur à 2,5 t), toujours à essence. Les diesel sont alors quasiment inexistant, quelque soit leur taille. Cependant, ils se développent très rapidement, notamment les véhicules les plus légers qui sont largement majoritaires en 2020 (78%), de sorte que les essence ne roulent pratiquement plus en 2020, les seuls survivants étant ceux de la classe inférieure. Cet ordre est en fait établi dès 1997. Les diesel de taille intermédiaire, après un développement timide jusqu'en 1987, restent stables à 15% jusqu'en 2020. Après un essor plus important que ces derniers, les gros diesel diminuent à partir de 1992 (22%) régulièrement jusqu'en 2020 de sorte qu'ils deviennent à peu près aussi peu utilisés que les essence.

Le PTAC moyen des véhicules diesel est supérieur à celui des essence (fig. 274) mais diminue de façon non négligeable tout au long de la période d'étude (2,2 t en 1970, 1,6 t en 2020), alors que le second reste à peu près stable (1,3 t). La valeur moyenne pour l'ensemble des deux carburants commence par augmenter jusqu'en 1998, attirée (suite au fort développement de la diésélisation du parc roulant) par un PTAC des diesel assez élevé, puis diminue ensuite en même temps que celui-ci pour le rejoindre en 2002.

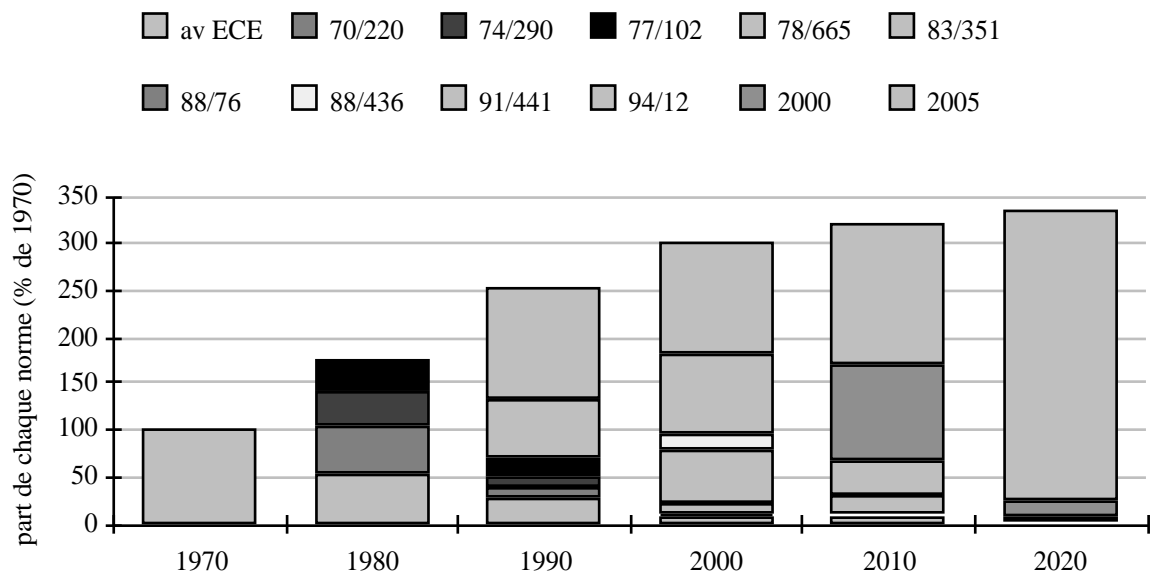
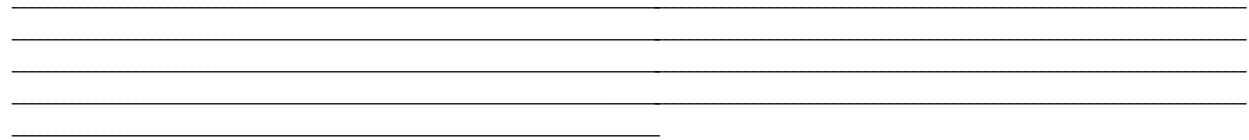


Figure 275 : Répartition du parc roulant total des véhicules particuliers essence et diesel confondus en fonction de la réglementation européenne.

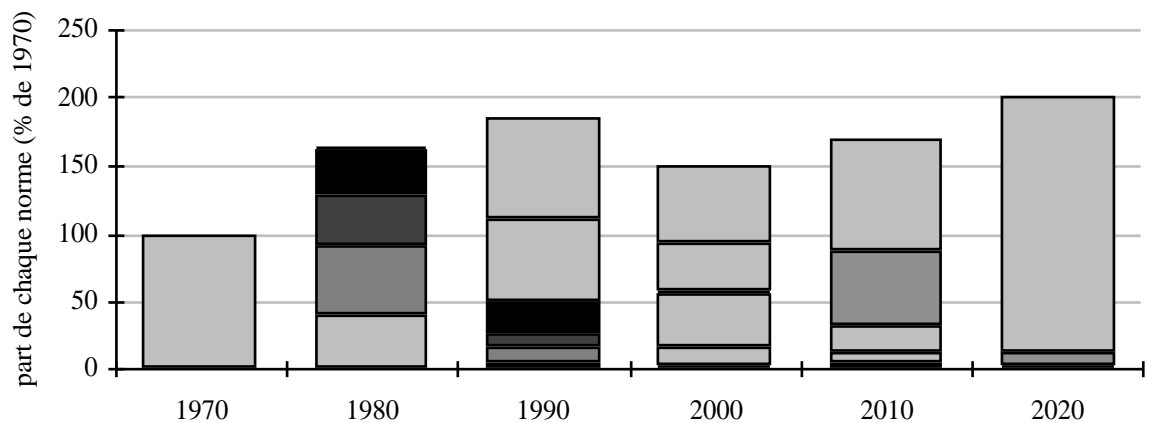


Figure 276 : Répartition du parc roulant total des véhicules particuliers à essence en fonction de la réglementation européenne.

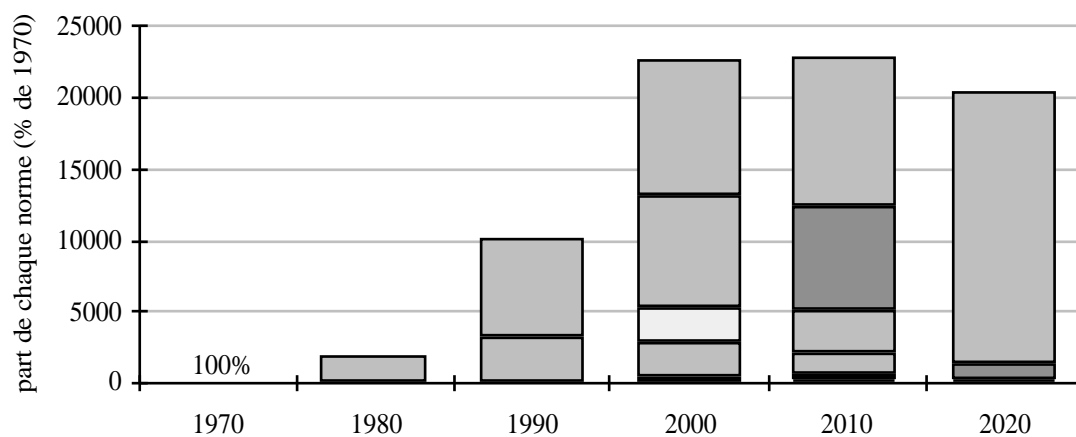


Figure 277 : Répartition du parc roulant total des véhicules particuliers diesel en fonction de la réglementation européenne.

### II.1.1.3. Le parc roulant des VL par carburant et réglementation

Le parc roulant total des véhicules particuliers tous carburants confondus augmente assez rapidement dans les premières décennies (environ 70% de 1970 tous les 10 ans) puis plus faiblement à partir de l'an 2000 (en moyenne 25% par an - fig. 275). Le parc roulant total des voitures à essence augmente jusqu'en 1990 (fig. 276), puis diminue sous l'impact de la diésélisation croissante pour réaugmenter ensuite puisque cette diésélisation est amenée à s'affaiblir dans le futur. Le parc roulant total des voitures diesel quant à lui se développe très vite jusqu'en 2000 (fig. 277) puis stagne pour ensuite commencé à diminuer suite à cette diésélisation faiblissante. En ce qui concerne l'évolution des réglementations des voitures à essence, on notera que le parc roulant en 1970 n'est encore constitué que de véhicules non réglementés, la première norme prenant effet fin 1972 pour les voitures neuves. Ces véhicules ne circulent pratiquement plus en 1990 pour disparaître totalement en 2000. En 2020, on ne trouve plus que des véhicules répondant aux normes actuellement en projet (2000 et 2005), qui sont déjà très nombreux en 2010. Entre 1970 et 2020, la distribution évolue au gré des apparitions successives des règlements qui remplacent systématiquement le précédent. Le phénomène est évidemment le même pour les voitures diesel mais celles-ci n'étant soumises à la réglementation européenne que depuis la fin de l'année 1984, on ne trouve en 1970 et en 1980 que des véhicules non réglementés qui survivent encore en grande quantité en 1990 contrairement à leurs homologues à essence.

En ce qui concerne les véhicules utilitaires légers, nous ne présenterons ici que les véhicules de classe I (PTAC > 1,5 t), les autres restant très discrets au sein du parc roulant. Nous présentons cette fois les résultats en les ramenant au total de 1990 et non 1970, les véhicules utilitaires légers de classe I n'étant pas réglementés avant cette date. Le parc roulant total tous carburants confondus croît régulièrement (fig. 278), étant près de 3 fois plus volumineux en 2020 qu'en 1990. Les véhicules non réglementés subsistent encore en 2000 (un tiers du parc roulant total) mais plus du tout en 2020. Les véhicules neufs en 2000 étant considérés comme étant soumis à la nouvelle norme (2000), ils sont cette année environ 10% (immatriculations neuves) du parc roulant total. En 2010 on ne trouve déjà presque plus de véhicules répondant aux normes anciennes, qui ont totalement disparu en 2020. Si l'on analyse les distributions respectives des utilitaires légers de classe I essence et diesel, on constate en premier lieu que le parc roulant des essence (fig. 279) diminue fortement suite à la diésélisation croissante de ces petits utilitaires. La différence est surtout remarquable entre 1990 et 2000 puis plus atténuée ensuite. Une très légère augmentation de ces petits utilitaires légers à essence est à noter en 2020. De nos jours, les véhicules essence non

réglementés sont plus nombreux que les diesel (80% du parc roulant essence contre un peu plus de 50% du parc roulant diesel - fig. 280). De même en 2000, les anciens véhicules subsistent en plus grand nombre en version essence qu'en diesel. Suite à la diésélisation croissante de ces petits utilitaires légers, le parc de 2010 comporte plus de véhicules diesel répondant à la norme future 2005 que leurs homologues à essence. En 2020, on ne trouve dans les deux cas presque plus que des véhicules répondant au projet de norme 2005.

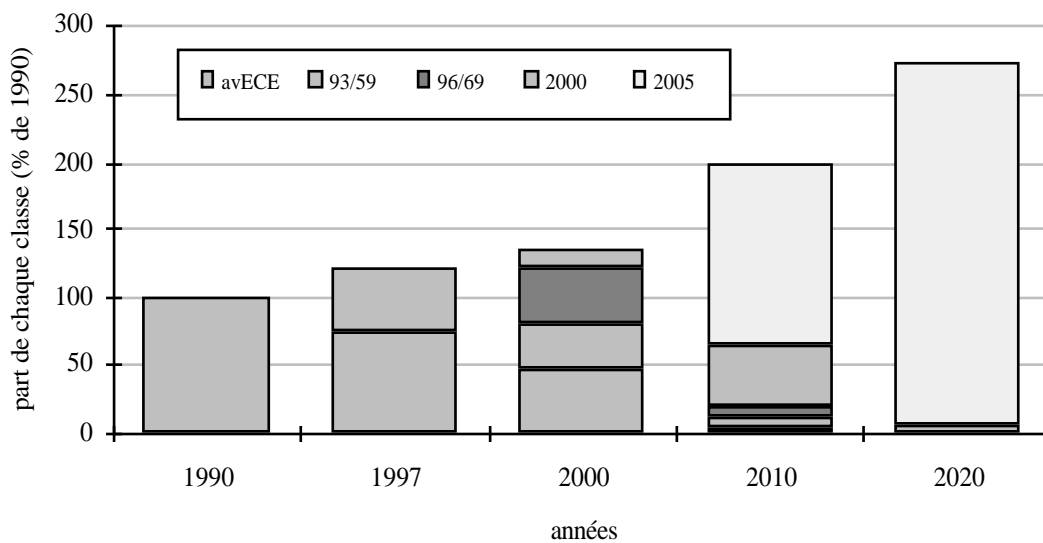


Figure 278 : Répartition du parc roulant total des véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel en fonction de la réglementation européenne.



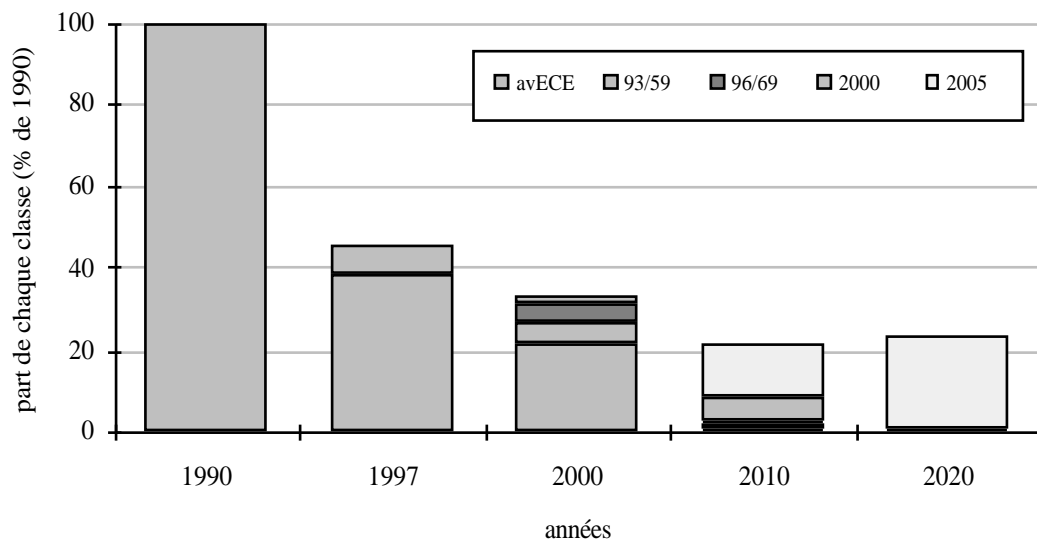


Figure 279 : Répartition du parc roulant total des véhicules utilitaires légers de classe I essence en fonction de la réglementation européenne.

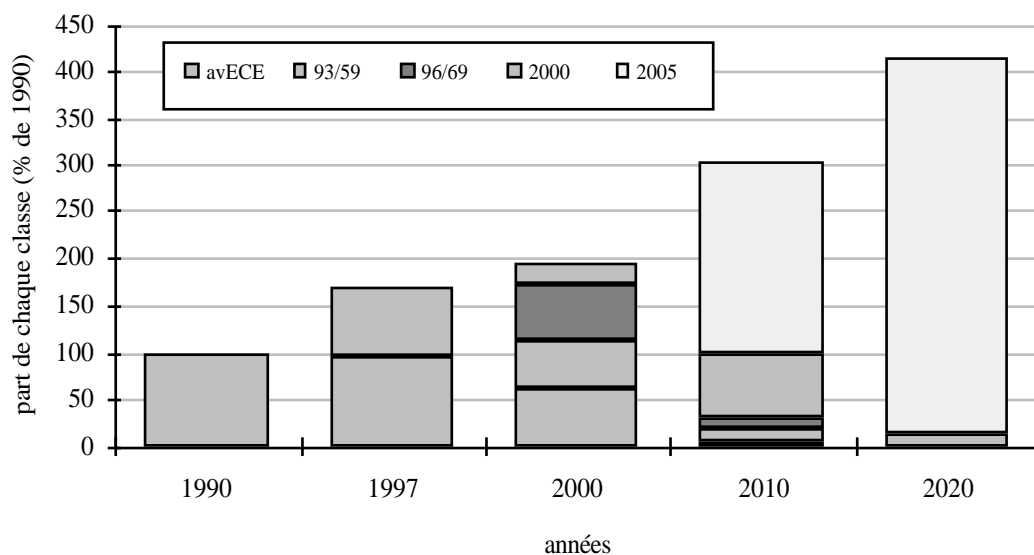


Figure 280 : Répartition du parc roulant total des véhicules utilitaires légers de classe I diesel en fonction de la réglementation européenne.

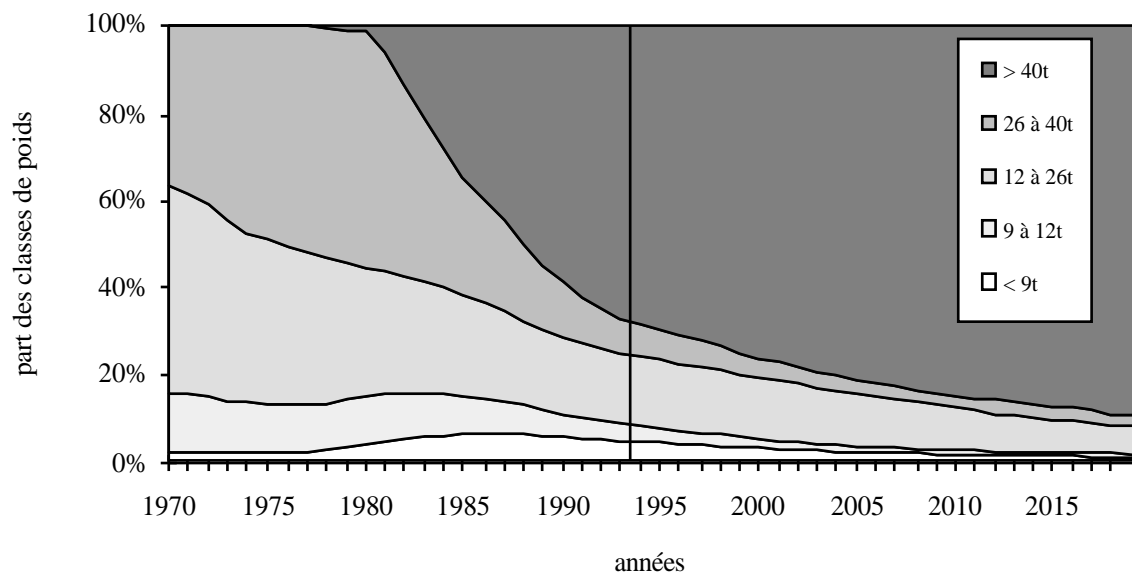
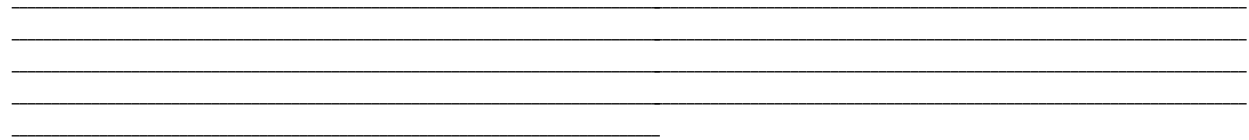


Figure 281 : Parc roulant global des poids lourds réparti par classe de poids.

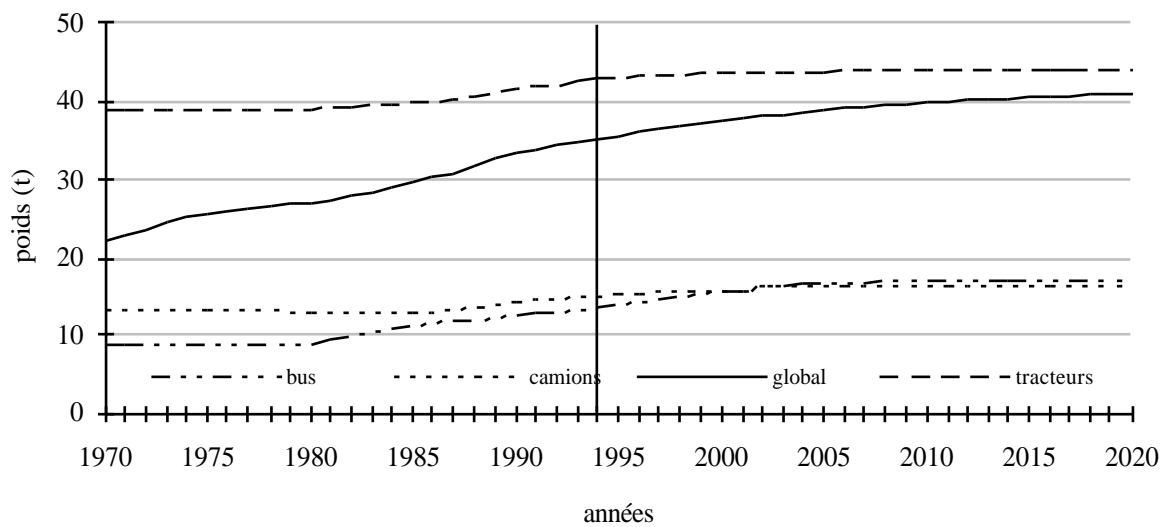


Figure 282 : Poids moyen des poids lourds du parc roulant global.

## **II.1.2. Le parc roulant total des poids lourds (PL)**

### **II.1.2.1. Le parc roulant des PL en fonction du poids**

Les plus utilisés en 1970 sont les poids lourds de poids compris entre 12 et 26 t (fig. 281), suivis par les 26-40t puis par les moins de 12 t ; les plus de 40 t n'apparaissant qu'en 1980. Les véhicules compris entre 3,5 et 9 t sont assez restreints et constants entre 1970 et 1977 ; il s'agit avant cette date des seuls bus, les camions de cette classe de poids ne faisant leur apparition qu'en 1978. Cette classe inférieure prend alors un peu plus d'importance, qu'elle perd cependant dès 1986 suite à la diminution du parc des camions, puis à la disparition des petits bus à partir de 1987. À partir de 1980, les véhicules de plus de 40 t font leur apparition dans le parc roulant (la majorité des tracteurs routiers font partie de cette classe), aux dépens de toutes les autres classes de poids, et deviennent majoritaires dès 1988. La classe intermédiaire (12 à 26 t) est celle qui résiste le mieux à ce développement puisqu'elle correspond à la classe la plus représentée pour les camions et les bus ; elle devient la seconde la plus utilisée en 1985 bien qu'elle ait perdu beaucoup de son importance depuis 1970, suite à la diminution dans le parc roulant de ces deux catégories de véhicules (cf fig. 268).

Les poids moyens de tous les poids lourds du parc roulant augmentent entre 1970 et 2020 (fig. 282). Rappelons cependant qu'ils n'ont pas grande signification après 1994 puisque les immatriculations estimées après cette date restent, en terme de poids, à l'image des immatriculations de 1994. De plus, nous verrons qu'ils ne varient pas en fonction des zones de circulation puisque les coefficients d'utilisation propres à ces zones ne sont pas fonction de ces poids. Le poids moyen de l'ensemble des véhicules lourds augmente régulièrement tout au long de la période d'étude suite au développement des tracteurs routiers au sein du parc dont le poids moyen est le plus élevé de tous les poids lourds, les valeurs des camions et les bus étant très proches l'une de l'autre et très inférieures à la moyenne entre 1970 et 2020.

### **II.1.2.2. Le parc roulant des PL selon l'âge et le règlement.**

Nous ne présentons la répartition par âge des poids lourds (pour les seules 6 mêmes années) que pour le parc statique. Compte tenu de la diminution de l'usage avec l'âge pour tous les poids lourds, les véhicules de moins de 5 ans sont évidemment les plus utilisés, et ce pour toutes les

années d'études (fig. 283). Cet usage diminue assez régulièrement jusqu'à 15 ans, les poids lourds ayant dépassé cet âge ne circulant pratiquement plus. On note une différence importante en ce qui concerne l'an 2000 où les véhicules de 11 à 15 ans correspondent à des années de forte croissance des immatriculations neuves (notamment de 1987 à 1991) et sont donc particulièrement nombreux par rapport aux 5 autres années.

---

---

---

---

---

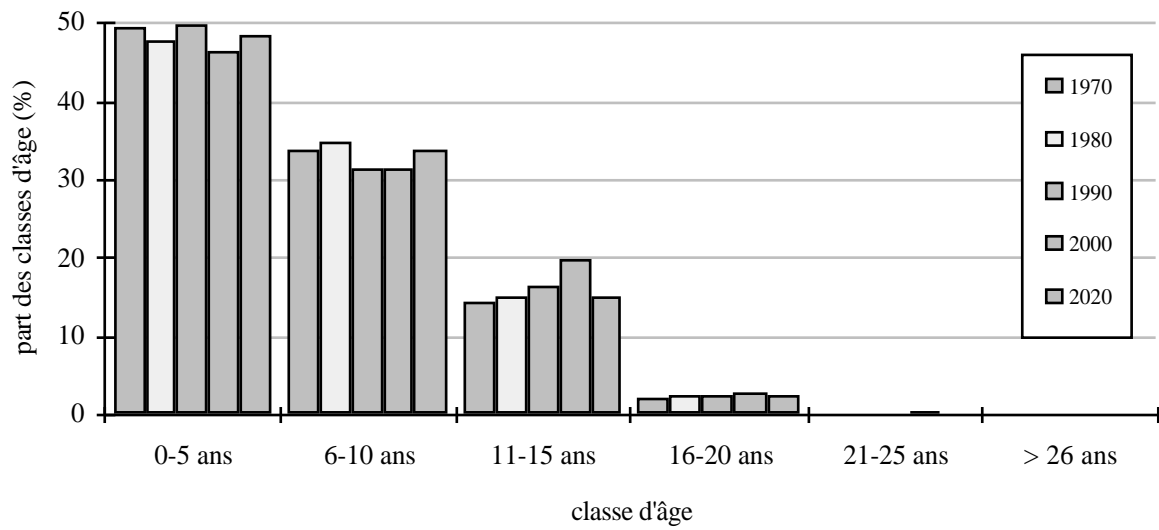


Figure 283 : Parc roulant global des poids lourds réparti par classe d'âge.

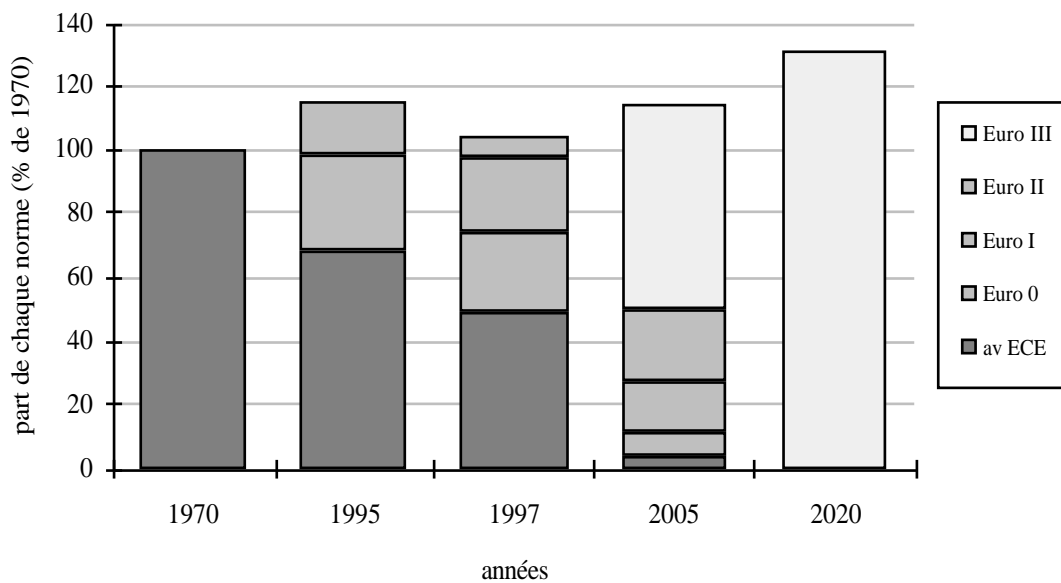


Figure 284 : Parc roulant global des poids lourds réparti par règlement européen.



---

---

---

---

---

En ce qui concerne la répartition des poids lourds circulant sur l'ensemble du territoire français, nous avons choisi comme pour les autres véhicules d'exprimer les résultats de chaque année sélectionnée en fonction du parc roulant total de 1970 afin de mettre en évidence les progression ou régression de la circulation au cours du temps. Compte tenu de l'historique de la réglementation européenne concernant les gaz d'échappement des poids lourds, nous présentons cette répartition pour 5 années assez irrégulièrement réparties mais qui montrent un éventail de toutes les réglementations. Comme nous l'avions précédemment constaté, la circulation générale des poids lourds augmente dans un premier temps (fig. 284), puis diminue légèrement (la valeur de 1997 est un peu plus faible que celle de 1995) et enfin réaugmente jusqu'en 2020. La réglementation étant apparue assez tardivement pour les poids lourds (Euro 0, directive 88/77 à partir d'octobre 1990 pour les véhicules neufs), ceux qui ont été immatriculés hors règlement sont encore en circulation en 2005 et représentent près de 70% des poids lourds du parc roulant en 1997. En 2005, plus de la moitié des véhicules sont ceux qui sont soumis à la future norme actuellement en projet (Euro III en l'an 2000), et en 2020, plus aucun véhicule plus ancien ne subsiste.

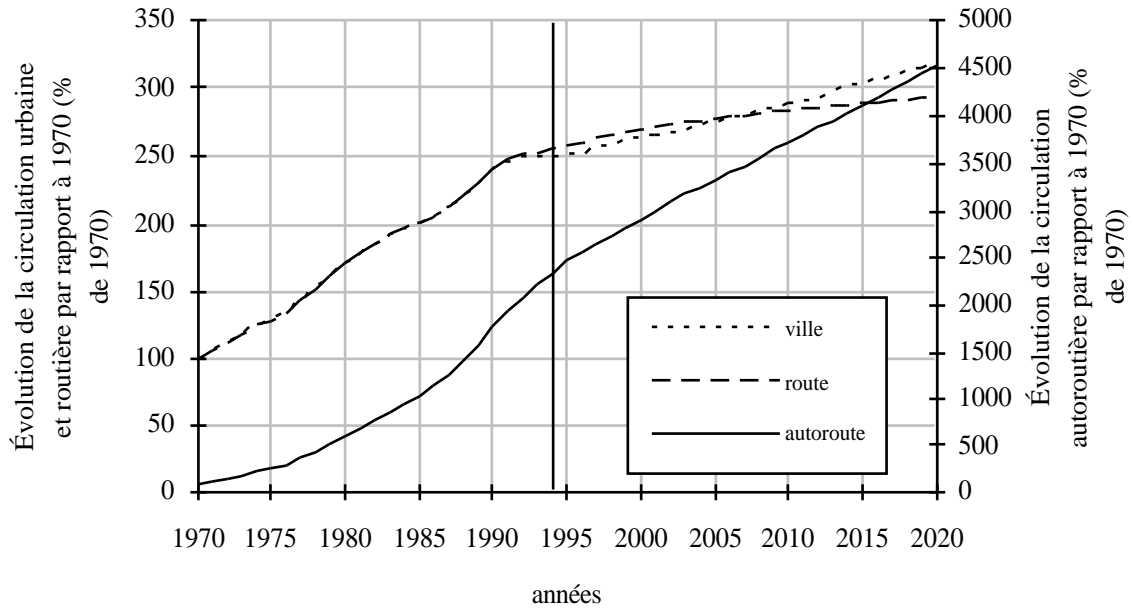


Figure 285 : Parc roulant tous véhicules confondus réparti par zone en pourcentage des parcs urbain, routier et autoroutier de 1970.

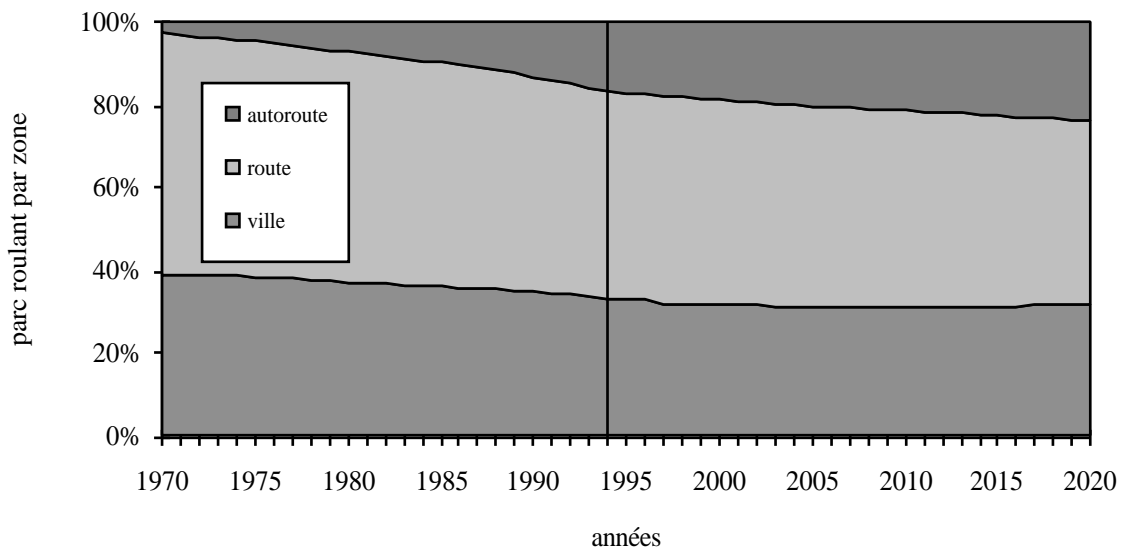


Figure 286 : Parc roulant tous véhicules confondus réparti par zone.

### **II.1.3. Le parc roulant par voie de circulation**

Avant d'aborder le parc roulant caractéristique de chaque voie de circulation, nous présenterons tout d'abord brièvement la répartition de l'ensemble du parc, puis de chacun des types de véhicules selon les trois voies. Les véhicules particuliers comme les utilitaires légers sont utilisés différemment sur les trois types de réseaux en fonction de leur taille et carburant, ce qui n'est pas le cas des poids lourds, chaque type de véhicules étant utilisé de la même façon sur chaque réseau qu'il emprunte quelque soit son poids. De ce fait, nous constaterons que la part de la ville, que nous avons fixée pour toute la période d'étude à sa valeur de 1994 quelques soient les véhicules envisagés, variera tout de même pour les véhicules légers compte tenu de l'évolution de leur répartition dans le parc roulant au cours du temps.

Si l'on regarde l'évolution au cours du temps des circulations par rapport à celles de 1970, on constate que les trois réseaux ont largement augmenté (fig. 285), à peu près dans les mêmes proportions en ce qui concerne la ville et la route (en moyenne 300% de 1970 en 2020) et de façon fulgurante pour l'autoroute qui atteint en 2020 4 500% de la circulation autoroutière de 1970, alors très réduite il est vrai. Cet essor est entre autre la conséquence de la croissance du réseau qui a été multiplié par 8 entre 1970 et 1995 et devrait atteindre 12 fois la longueur initiale (1970) en 2020.

Pour le "véhicule moyen" l'utilisation annuelle de la ville à diminuée entre 1970 et 2003 (fig. 286) puis se stabilise jusqu'en 2020, tandis que la part de la route à tendance à décroître au profit de l'autoroute qui prend de plus en plus d'importance.

#### **II.1.3.1. Le parc roulant des véhicules légers par type de voie**

Les véhicules particuliers (fig. 287) et les utilitaires légers (fig. 288) ont des répartitions ville/route/autoroute très proches puisque ce sont les données d'usage issues d'enquête concernant les premières qui nous ont aussi servi pour les seconds. Cependant, la structure des parcs n'étant pas tout à fait la même en terme de taille et carburant, on note tout de même quelques écarts quant à l'utilisation de ces véhicules, notamment pour le réseau urbain, légèrement plus emprunté par les véhicules particuliers que par les utilitaires légers, et pour les autoroutes sur lesquelles les véhicules particuliers roulent plus que les utilitaires légers.

### **II.1.3.2. Le parc roulant des poids lourds par type de voie**

Contrairement aux véhicules légers, nous n'avons pas eu la possibilité d'avoir accès à de quelconques informations sur la circulation des poids lourds par zone en fonction du poids, les données d'usage étant très restreintes pour ces véhicules. La répartition des trafics de chacun des poids lourds par type de voie empruntée correspond par conséquent aux coefficients que nous avons mis en évidence au chapitre 2P.IV.

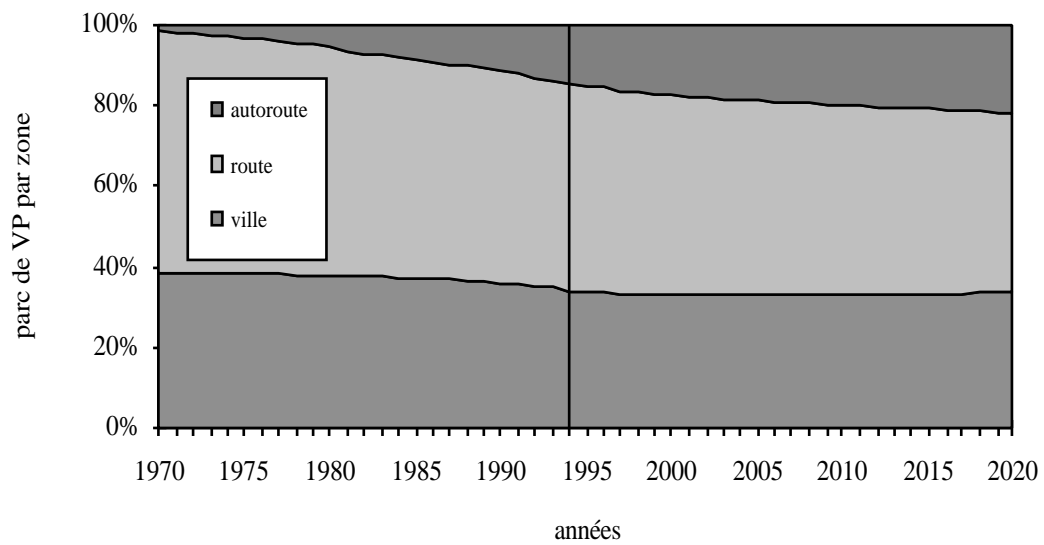
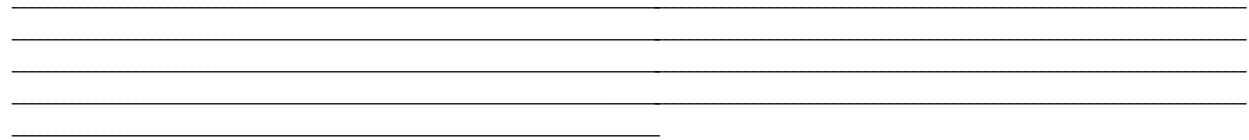


Figure 287 : Parc roulant des véhicules particuliers réparti par zone.

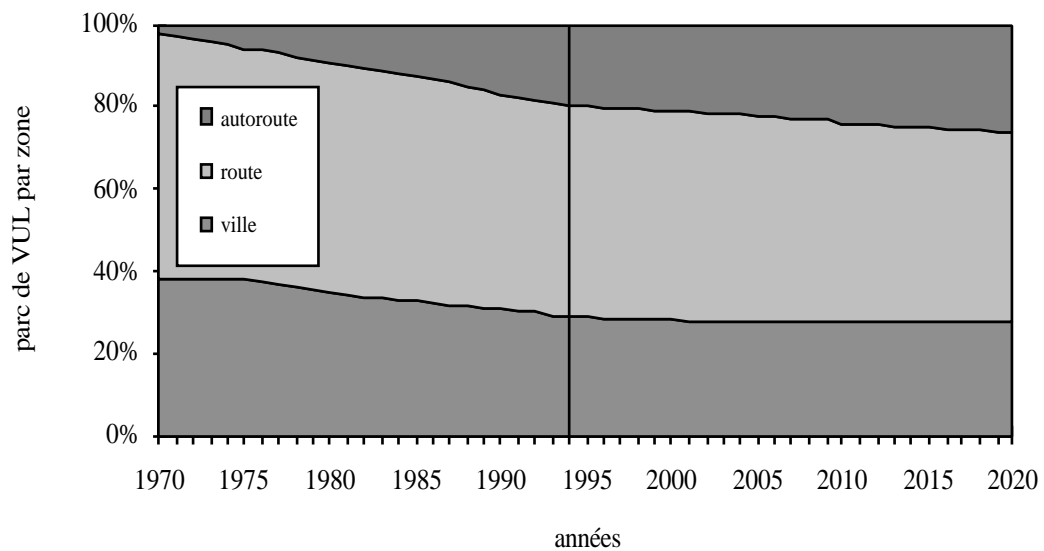


Figure 288 : Parc roulant des véhicules utilitaires légers réparti par zone.

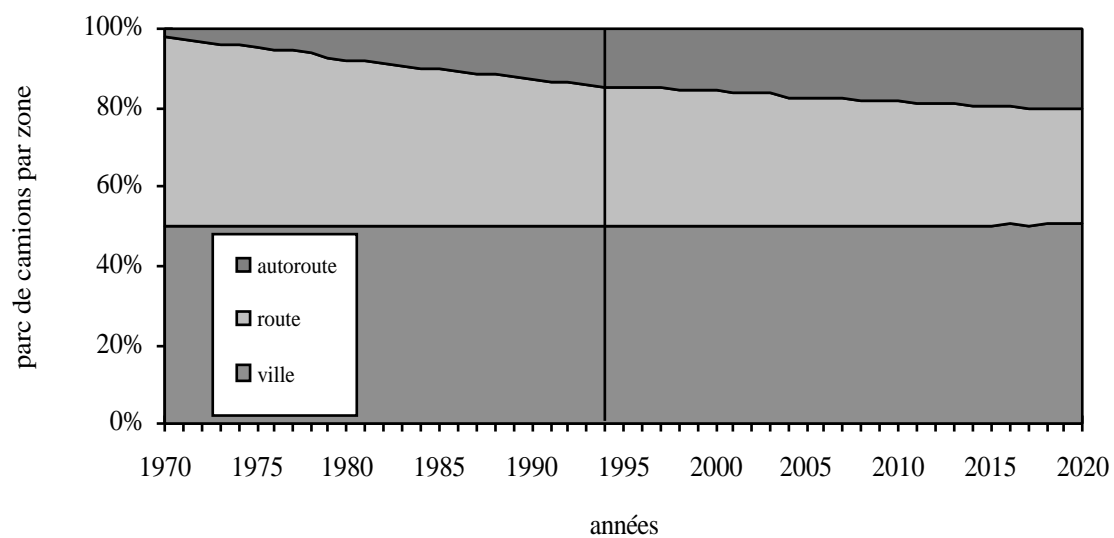


Figure 289 : Parc roulant des camions réparti par zone.

Les camions sont, parmi les poids lourds, ceux qui sont les plus utilisés en ville (50% de leur parc roulant - fig. 289), devant les bus (36% - fig. 291) et les tracteurs routiers (15% - fig. 290). Compte tenu de l'usage très courant qui est celui des autobus en ville, ce résultat peut paraître inattendu ; cependant, rappelons que lors de la saisie des immatriculations, la distinction entre les autobus et les autocars n'a pas été possible ; les parcs calculés (statique et roulant) pour les bus comportent donc à la fois les autocars, qui sont plutôt utilisés sur les réseaux routier et autoroutier, et les autobus qui ne roulent presque exclusivement qu'en ville. Les camions et les bus (et cars) empruntent assez peu le réseau autoroutier, qui ne représente que 20% de leurs parcs roulants respectifs en 2020 (contre moins de 2% en 1970) par rapport aux tracteurs routiers, qui l'utilisent à 20% en 1970 et presque autant que la route (environ 40%) en 2020. Les bus circulent sur route autant que les tracteurs routiers alors que les camions, qui y sont presque aussi utilisés qu'en ville en 1970 (un peu moins de 50%), ne sont plus que 25% à l'utiliser en 2020.

Après avoir passé en revue le parc roulant total et les distributions des parcs roulants de tous les véhicules par type de voie empruntée, nous allons maintenant détailler séparément les parcs roulants urbain, routier et autoroutier.

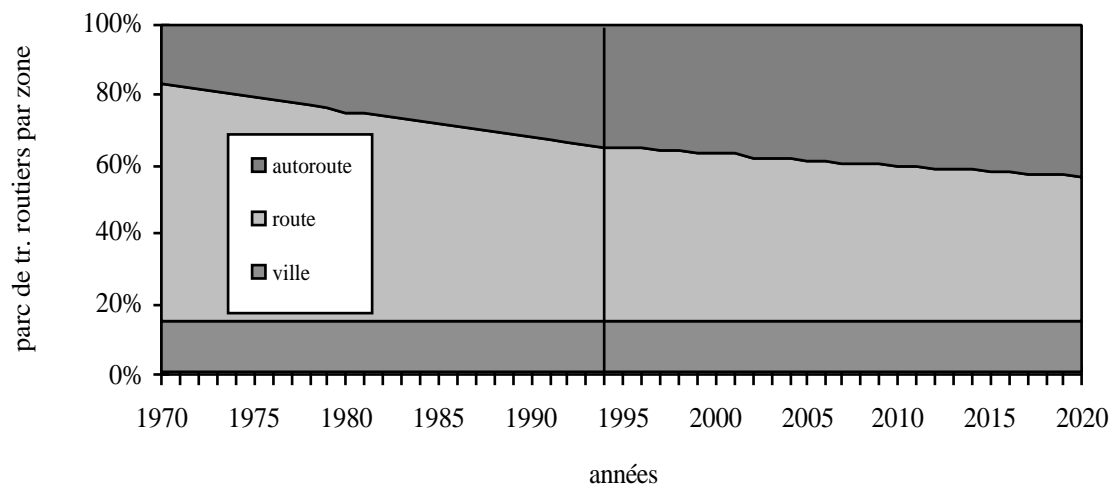


Figure 290 : Parc roulant des tracteurs routiers réparti par zone.

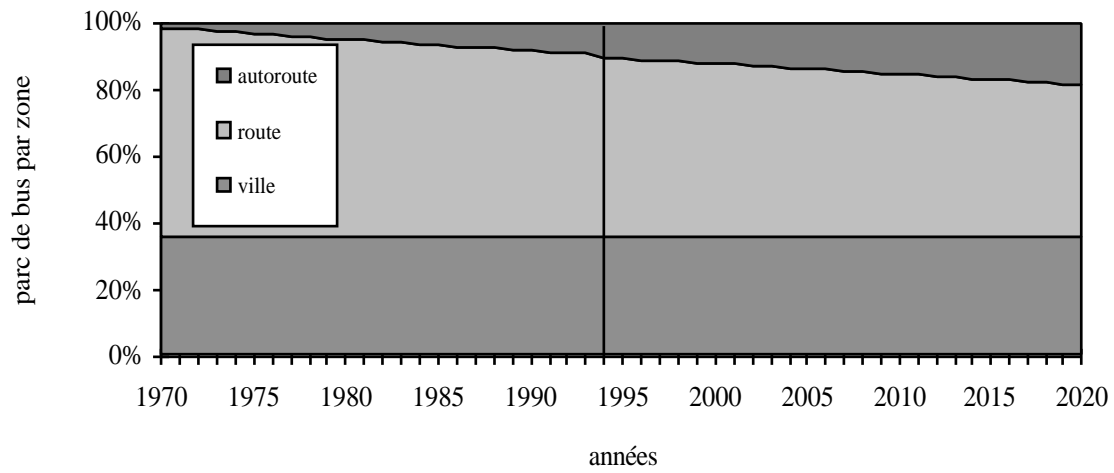


Figure 291 : Parc roulant des bus et cars réparti par zone.

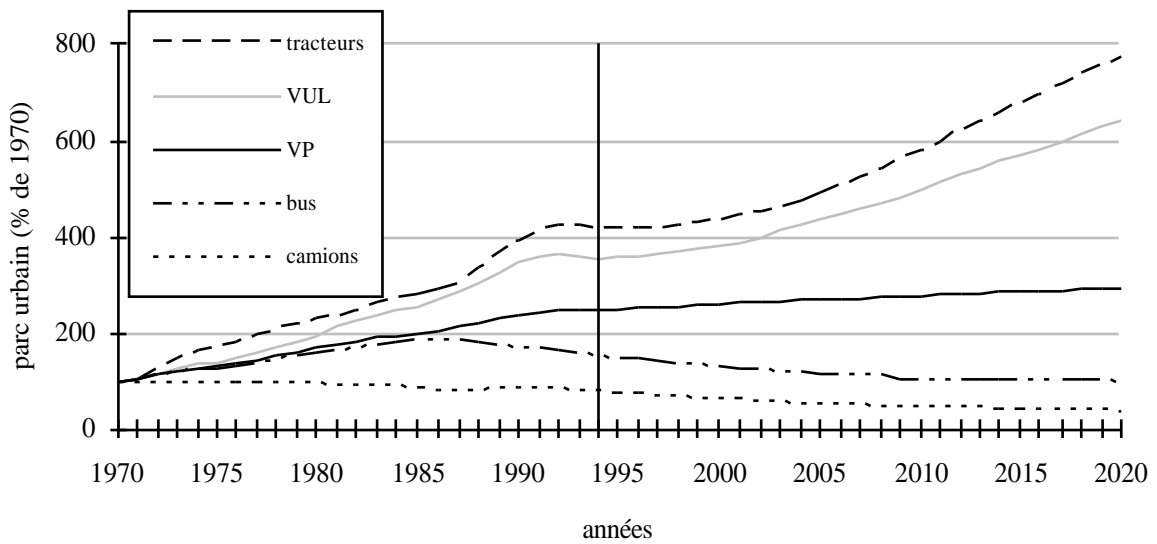


Figure 292 : Évolution du parc roulant urbain en France par rapport à 1970 (100%) réparti par catégorie de véhicules.



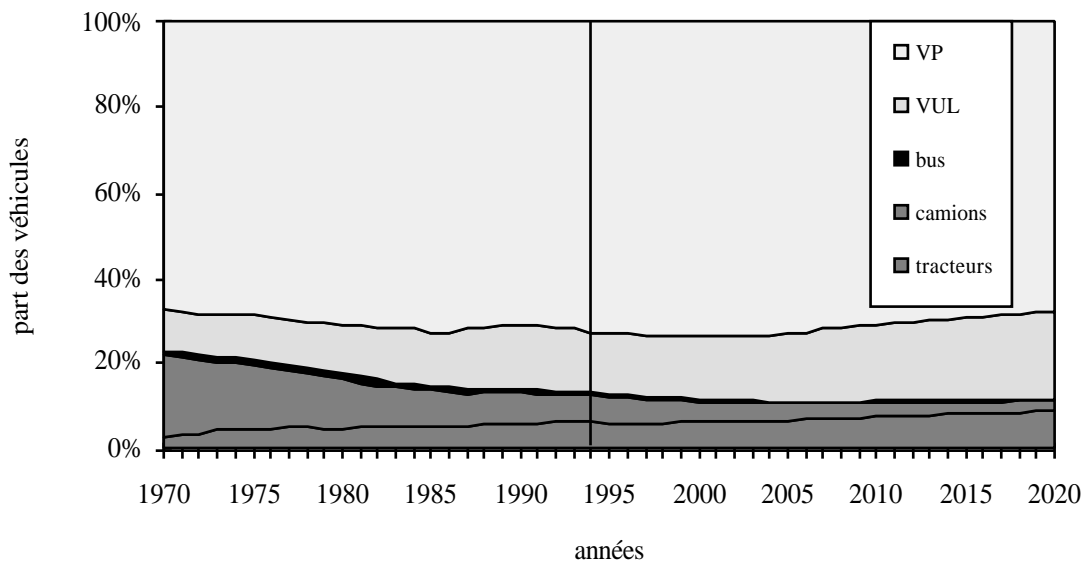
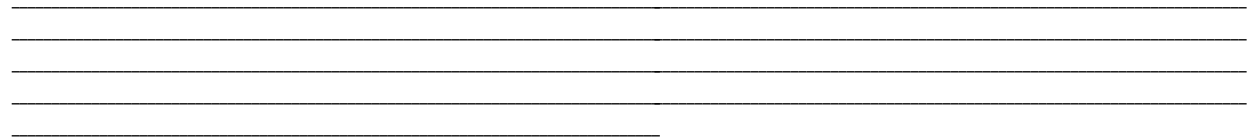


Figure 293 : Parc roulant urbain en France réparti par catégorie de véhicules.

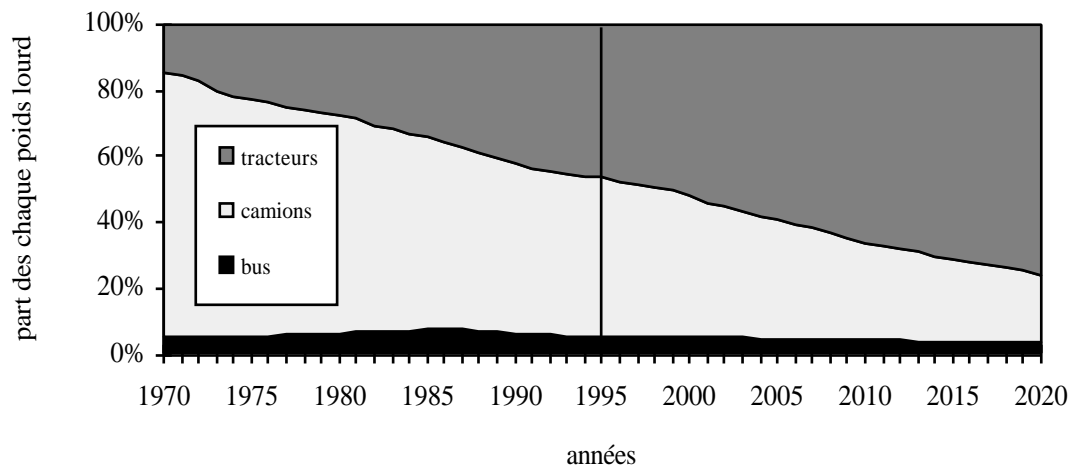


Figure 294 : Parc roulant urbain en France réparti par catégorie de poids lourds.

## **II.2. Le parc roulant urbain**

Nous l'avons vu, le parc roulant en ville a globalement augmenté, fortement entre 1970 et 1991 puis plus lentement jusqu'en 2020, atteignant alors 300% de celui de 1970 (fig. 292). Les véhicules qui se sont le plus développés sur ce type de réseau depuis 1970 sont les tracteurs routiers, suivis de près par les véhicules utilitaires légers. Le parc roulant des véhicules particuliers a augmenté assez rapidement entre 1970 et 1993 puis un peu moins par la suite. Les bus ont également augmenté dans les premières années mais diminuent depuis 1987, les camions quant à eux n'ayant cessé de perdre de leur importance tout au long de la période d'étude.

La répartition annuelle des différentes catégories de véhicules nous permet d'apprécier les importances respectives dans ce contexte urbain. Comme pour les parcs statique et roulant global, les véhicules particuliers sont également majoritaires en ville par rapport aux véhicules utilitaires (fig. 293), restant globalement stables (aux alentours de 70%) tout au long de la période concernée. Parmi les véhicules utilitaires, les camions sont particulièrement présents en milieu urbain dans les premières années (20% en 1970) mais perdent régulièrement leur prédominance au profit des utilitaires légers, qui prennent de plus en plus d'importance (10% en 1970, près de 20% en 2020) et des tracteurs routiers qui constituent dès 1999 la moitié des poids lourds circulant en ville (fig. 294). Les bus et cars restent discrets par rapport aux deux catégories précédentes, ne dépassant jamais les 10% qu'ils atteignent en 1986.

### **II.2.1. Le parc roulant urbain des véhicules légers (VL)**

#### **II.2.1.1. Le parc urbain des VL par carburant**

Dans les premières années (1970 à 1976 - fig. 295), les seuls véhicules légers circulant en ville sont les essence, largement dominés par les véhicules particuliers (88% en 1970 contre 12% pour les utilitaires légers). À partir de 1976, les diesel font leur apparition très rapidement, remplaçant totalement les essence dès 1986 en ce qui concerne les utilitaires légers, dont seuls les versions diesel circulent encore en 2020. Les véhicules particuliers à essence diminuent également mais restent très utilisées, sans être jamais inquiétées par les diesel, qui atteignent 37% du parc roulant urbain de véhicules légers en 2000 pour diminuer ensuite et ne plus représenter que 30% en 2020.

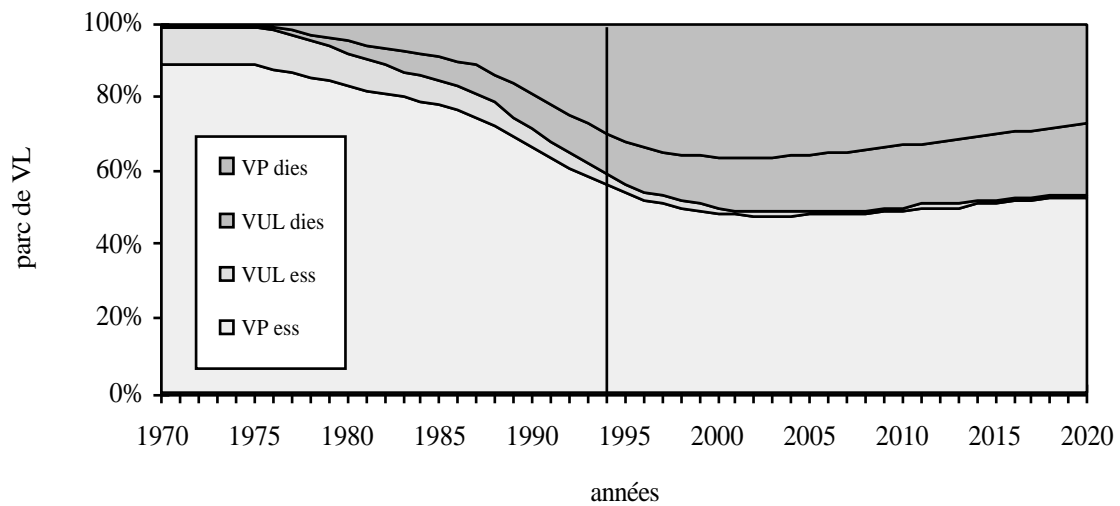


Figure 295 : Parc roulant urbain essence/diesel des véhicules légers (VL=VP+VUL).

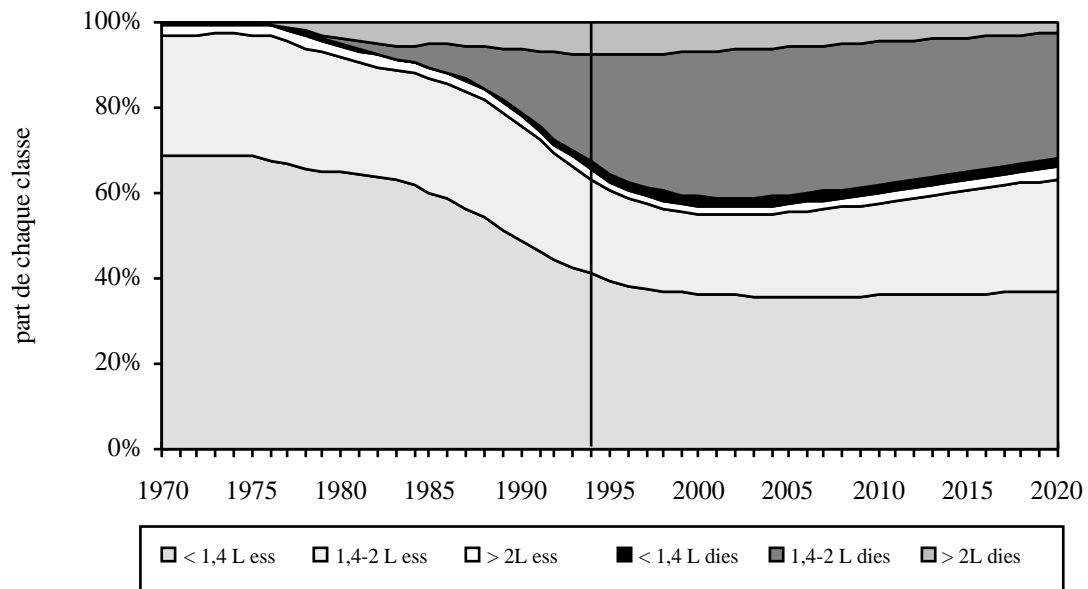


Figure 296 : Parc roulant urbain des véhicules particuliers réparti par classe de cylindrée et carburant.

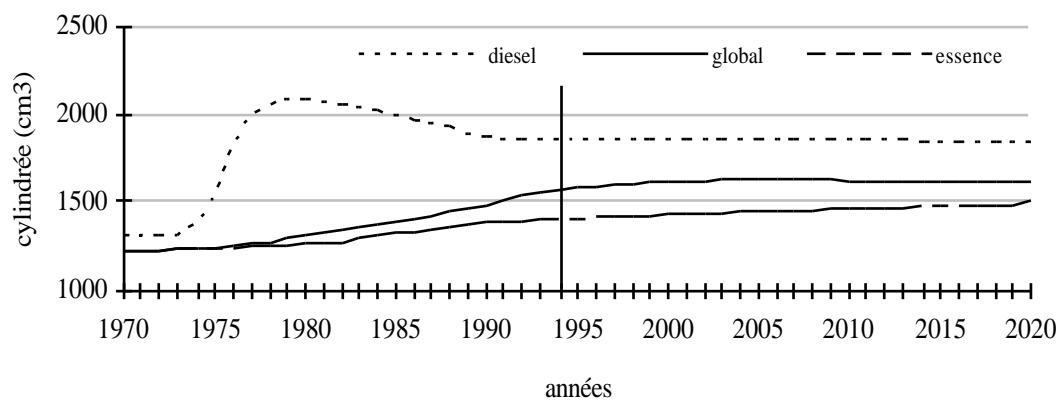


Figure 297 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers du parc roulant urbain.

### II.2.1.2. Le parc urbain des VL par carburant et classe de taille

En ce qui concerne les véhicules particuliers, il n'est pas étonnant de constater que les plus utilisés en ville sont les essence de petite cylindrée (70% en 1970 - fig. 296), en perte d'importance cependant, rapidement rattrapées par les diesel de cylindrée moyenne qui circulent finalement autant qu'elles en l'an 2000, diminuant ensuite très faiblement pour rester les secondes voitures les plus employées en ville en 2020, très proche des petites essence. Les essence de taille moyenne restent à peu près constantes en terme d'usage urbain sur toute la période d'étude, perdant un peu de leur importance entre 1995 et 2005. Les grosses voitures à essence restent assez limitées tout comme les diesel de même taille qui, après avoir augmenté entre 1970 et 1999, sont de moins en moins utilisées jusqu'en 2020, date à laquelle elles rejoignent les plus petits diesel qui ont très légèrement augmenté mais restent plus que discrets (2% du parc urbain de voitures).

La cylindrée moyenne des véhicules particuliers diesel reste supérieure à celle des essence en ville tout au long de la période d'étude mais diminue rapidement dès 1979 puis plus lentement à partir de 2009 après être restée constante pendant près de 20 ans (fig. 297). La cylindrée moyenne des essence augmente quant à elle régulièrement (1250 cm<sup>3</sup> en 1970, 1500 cm<sup>3</sup> en 2020. Suite à la diésélisation croissante des 30 premières années, la cylindrée moyenne pour l'ensemble du parc urbain de véhicules particuliers augmente également jusqu'en 2000, puis reste stable à 1600 cm<sup>3</sup> et commence à diminuer très légèrement suite au retour des motorisations à essence.

En ce qui concerne les véhicules utilitaires légers, ceux qui circulent le plus en ville dans les premières années sont les essence de plus petite taille (fig. 298), les classes intermédiaire et supérieure étant utilisées toutes deux de façon équivalentes. Les diesel n'apparaissent pas avant 1974 et se développent très rapidement, de sorte qu'ils circulent plus que les essence dès 1984 et sont pratiquement les seuls en 2020, les quelques véhicules à essence subsistants encore (3% du parc urbain d'utilitaires légers) étant ceux de PTAC inférieur à 1,5 t. Au sein des diesel, ceux qui profitent le plus de ce développement sont les plus petits véhicules puisqu'ils représentent 77% de tout le parc urbain d'utilitaires légers en 2020. La classe intermédiaire reste stable (15%) après une croissance très mitigée entre 1970 et 1987, alors que les plus gros véhicules diesel atteignent leur usage maximum entre 1991 et 1997 (près de 20% du parc) puis diminuent ensuite pour ne plus en constituer que 5% en 2020.

Le PTAC moyen de ces utilitaires légers est relativement constant pour les versions à essence (1,35 t - fig. 299), augmentant très faiblement entre 1970 et 2010 pour diminuer tout aussi faiblement jusqu'en 2020. Les véhicules diesel sont en moyenne plus lourds mais leur poids moyen est en décroissance régulière depuis 1970 (2,2 t en 1970, 1,5 t seulement en 2020). De ce fait et suite à l'essor constant des diesel dans le parc urbain, la valeur moyenne pour l'ensemble des utilitaires légers commence par augmenter entre 1970 et 1998, puis accompagne la diminution du poids des diesel pour les rejoindre dès 2001 et ne plus les quitter jusqu'en 2020.

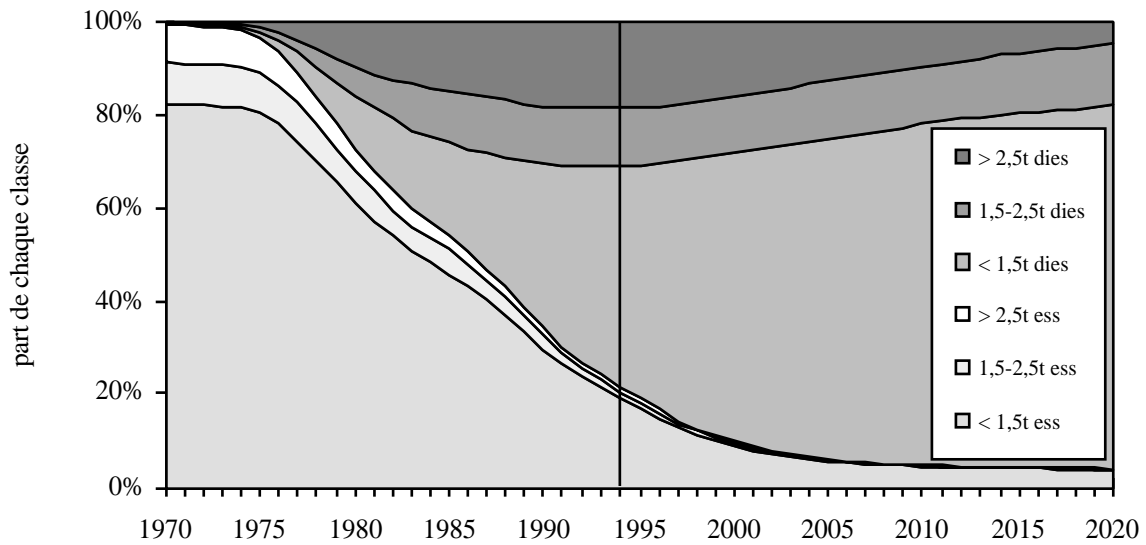


Figure 298 : Parc roulant urbain des véhicules utilitaires légers réparti par classe de poids et carburant.

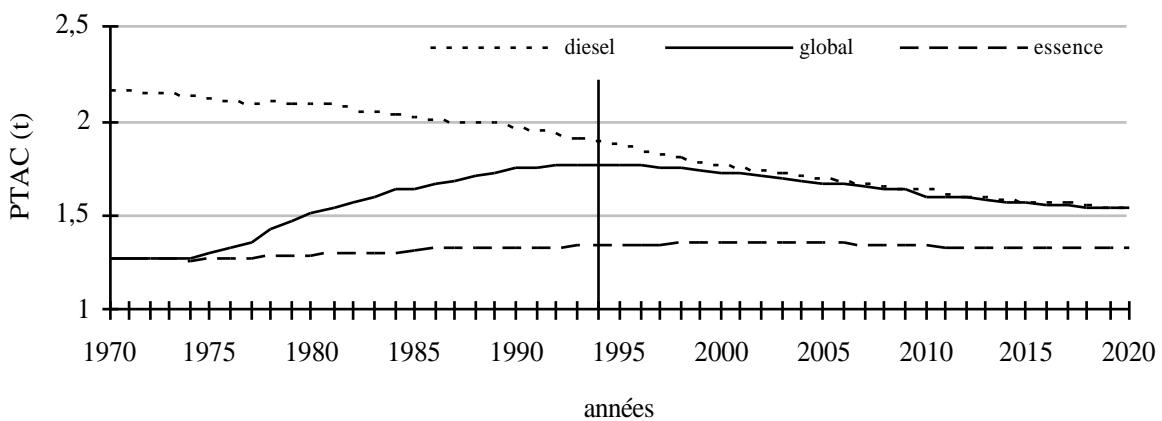


Figure 299 : PTAC moyen des véhicules utilitaires légers du parc roulant urbain.

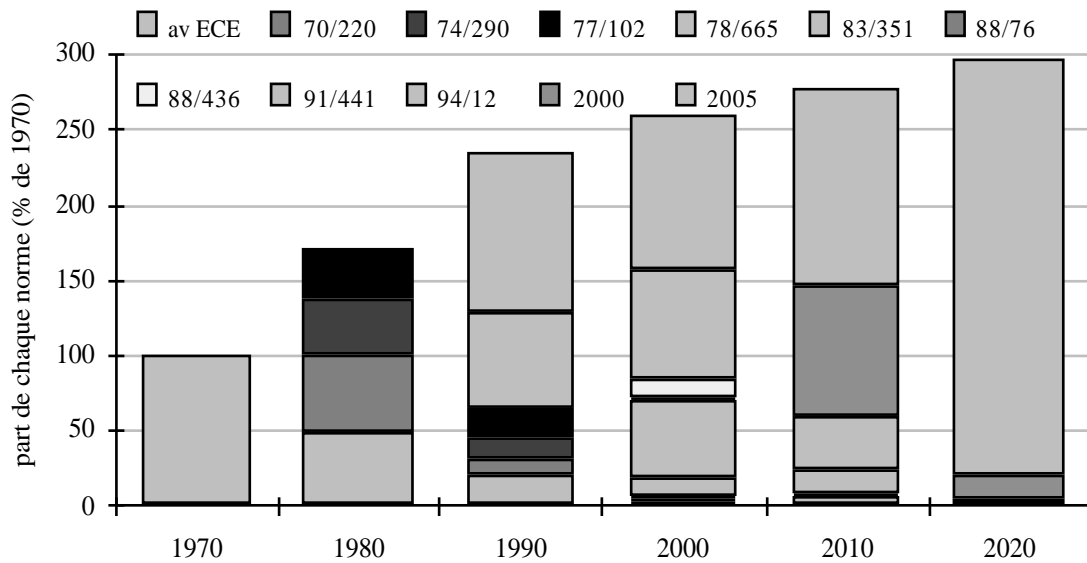


Figure 300 : Répartition du parc roulant urbain des véhicules particuliers essence et diesel en fonction des réglementations européennes.

### **II.2.1.3. Le parc urbain des VL par règlement**

Nous ne présenterons pour les parcs roulants partiels que les distribution par règlement tous carburants confondus, sous la même forme que celle du parc roulant total (cf. § II.1.2.3). Comme nous l'avons déjà remarqué à propos du parc roulant total, l'augmentation de la circulation des véhicules particuliers en ville est forte entre 1970 et 1990 (fig. 300) puis plus modérée par la suite, atteignant en 2020 300% de la circulation de 1970. Les véhicules immatriculés avant 1972/1973 ne sont pas réglementés et sont donc les seuls en circulation en 1970. Ils sont encore nombreux en 1980 (plus de 25% des voitures utilisées en ville en 1980), puis plus réduits en 1990 (environ 10%) pour ne plus rouler du tout en 2000. En 2020, ne sont plus présents en ville que des véhicules soumis aux normes actuellement en projet (pour 2000 et 2005). Ces projets de règlements constituent déjà les deux tiers de la circulation urbaine de 2010.

La circulation urbaine des véhicules utilitaires légers de classe I (PTAC < 1,5 t) augmente au cours du temps (fig. 301), moins fortement tout de même que la circulation sur tout le territoire. Elle est en 2020 2,5 fois plus importante que celle de 1990. La répartition des petits utilitaires légers circulant en ville en fonction des normes est relativement proche de la structure du parc roulant total, les véhicules non réglementés circulant encore en 2010 mais plus en 2020. Aujourd'hui, plus de la moitié des utilitaires légers qui circulent en ville ne sont soumis à aucune réglementation. En 2000, ils n'en représentent plus qu'un tiers. En 2010, on trouve encore des véhicules datant des normes essence et diesel de 1995 et 1998 (93/59 et 96/69), quelques rares véhicules non réglementés, mais la plupart des utilitaires légers circulant en ville sont soumis aux normes prévues pour 2000 et 2005 (80% à elles deux). En 2020, ils ne subsistent pratiquement plus que des véhicules réglementés par le projet 2005.

## **II.2.2. Le parc roulant urbain des poids lourds (PL)**

### **II.2.2.1. Le parc urbain des PL en fonction du poids**

Dans les premières années d'étude, les poids lourds qui roulent les plus sont ceux de moins de 26 tonnes (fig. 302), correspondant essentiellement aux camions et représentant également une grande majorité des bus. Les véhicules de moins de 9 t sont très discrets jusqu'en 1976 (date à laquelle les camions de cette classe font leur apparition) où ils commencent à augmenter (aux dépens surtout des véhicules de 12 à 40 t), pour diminuer par la suite (1987) consécutivement à la décroissance des camions en ville par rapport aux tracteurs routiers, plus lourds, et à la disparition du parc des bus de moins de 10 places, qui se situent essentiellement dans cette catégorie de poids. La classe des véhicules de 12 à 26 tonnes continue à beaucoup circuler en ville et ne perd sa prépondérance qu'en 2009 au profit des véhicules de plus de 40 tonnes que sont les tracteurs routiers qui se développent sans cesse depuis 1970 dans le contexte urbain comme ailleurs (cf. fig. 283). Les véhicules de 26 à 40 tonnes sont à peu près à égalité avec les 9-12 tonnes.



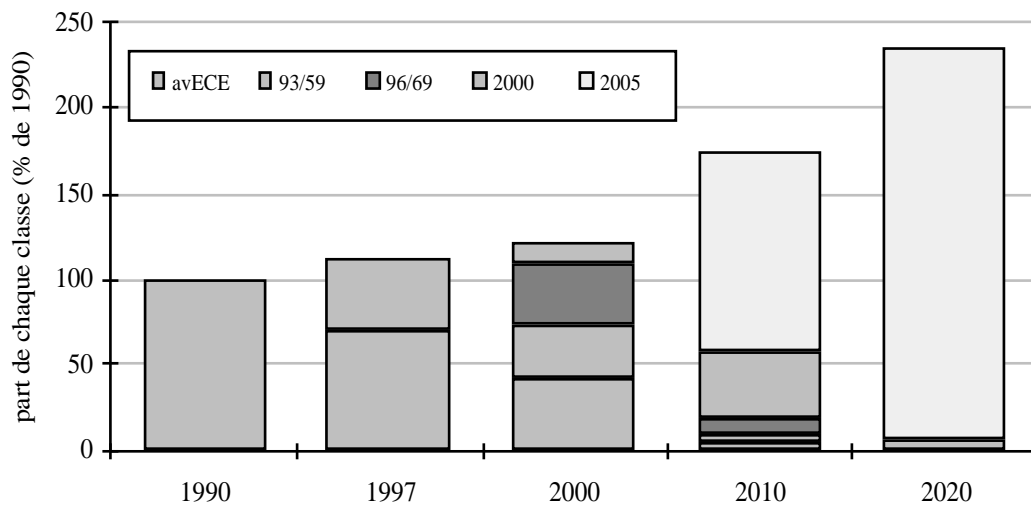


Figure 301 : Répartition du parc roulant urbain des véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel en fonction des réglementations européennes.

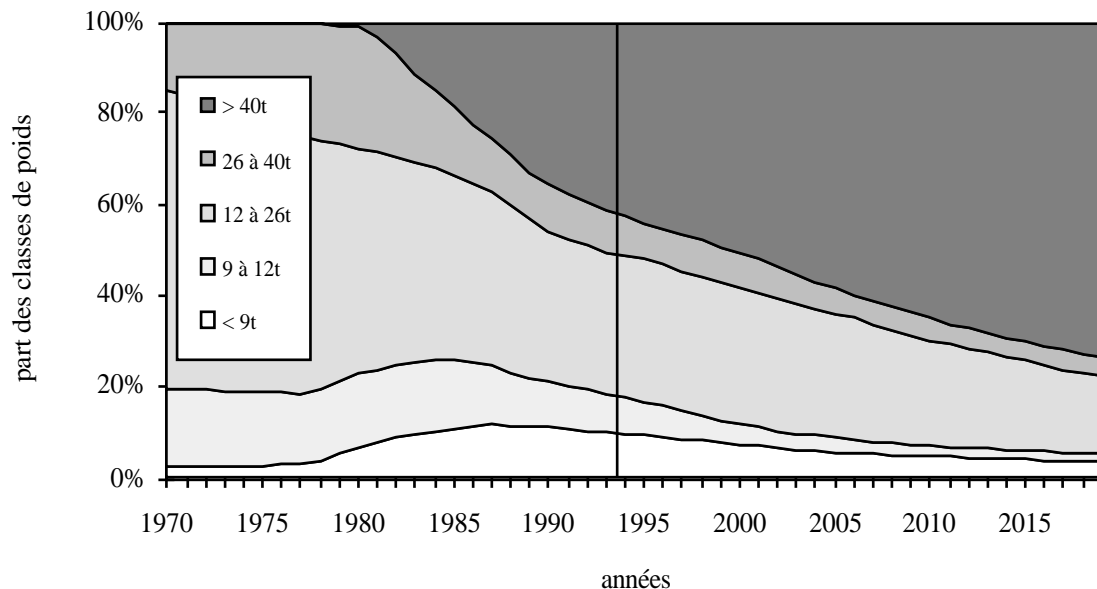


Figure 302 : Parc roulant urbain des poids lourds réparti par classe de poids.

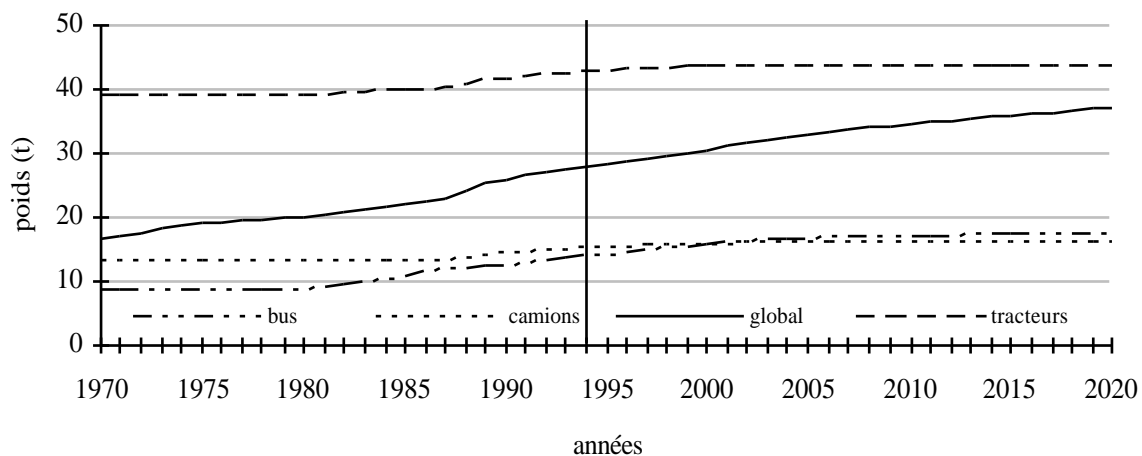


Figure 303 : Poids moyen des poids lourds du parc roulant urbain.

Le poids moyen des poids lourds évolue de façon assez régulière pour chaque catégorie de véhicules (fig. 303). Les tracteurs routiers étant logiquement les plus lourds, leur développement au sein du parc provoque l'augmentation du poids moyen de l'ensemble du parc, faiblement tout d'abord entre 1970 et 1986 puisque tout au long de cette période les poids de tous les véhicules sont constants ; il n'est alors régi que par le seul essor des véhicules les plus lourds ; puis il croit plus fortement de 1986 jusqu'en 2020, influencé alors à la fois par l'augmentation des poids moyens et le développement des tracteurs routiers.

#### **II.2.2.2. Le parc urbain des PL selon l'âge et le règlement**

Comme nous l'avons déjà abordé lors de l'étude des usages annuels des différents poids lourds, et constaté pour le parc roulant total toutes voies confondues, les véhicules jeunes (0 à 5 ans) circulent plus que leur congénères plus anciens (fig. 304), frôlant le seuil des 50% du parc roulant urbain de poids lourds. Les poids lourds de 6 à 10 ans représentent encore en moyenne 35% de ce parc, mais ceux qui dépassent 10 ans passent sous la barre des 20%, hormis en l'an 2000 où ces véhicules de 11 à 15 ans correspondent à une phase de forte croissance des immatriculations neuves passées. À partir de 15 ans, on peut pratiquement considérer que les poids lourds en circulation sont négligeables en ville (moins de 3% pour les 16-20 ans, moins de 1% pour les plus de 20 ans).

La distribution du parc urbain de poids lourds par réglementation met en évidence la diminution nette de la circulation de ces véhicules en ville (fig. 305) comme nous l'avons déjà constaté en II.2.1, puisqu'elle n'est plus en 2020 que l'équivalent de 65% de celle de 1970. Jusqu'en 1990, on ne trouve en ville que des poids lourds immatriculés avant la première réglementation européenne sur les émissions de polluants. En 1995, deux réglementations successives ont déjà été édictées (Euro 0 et Euro I), mais les poids lourds non réglementés sont encore nombreux (plus de 50% de leur parc urbain). Ils le sont un peu moins en 1997 puisqu'une ultime norme vient de faire son apparition, concernant tous les véhicules immatriculés après octobre 1996. La norme suivante n'est encore qu'un projet puisqu'elle n'entrera en vigueur qu'en 2000. En 2005, les véhicules répondant à cette norme constituent déjà la moitié du parc urbain de poids lourds et sont les seuls à circuler en 2020.

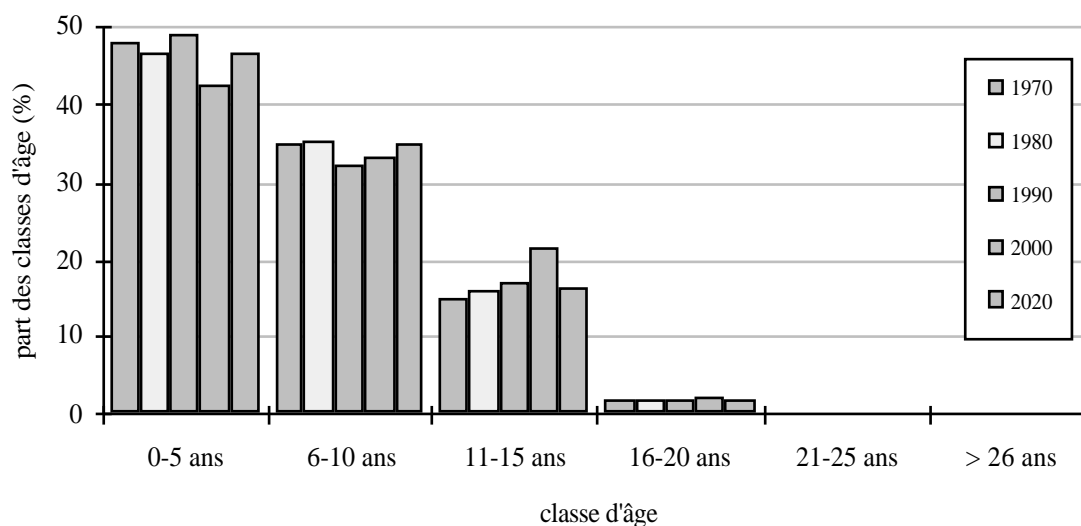


Figure 304 : Parc roulant urbain des poids lourds réparti par classe d'âge.

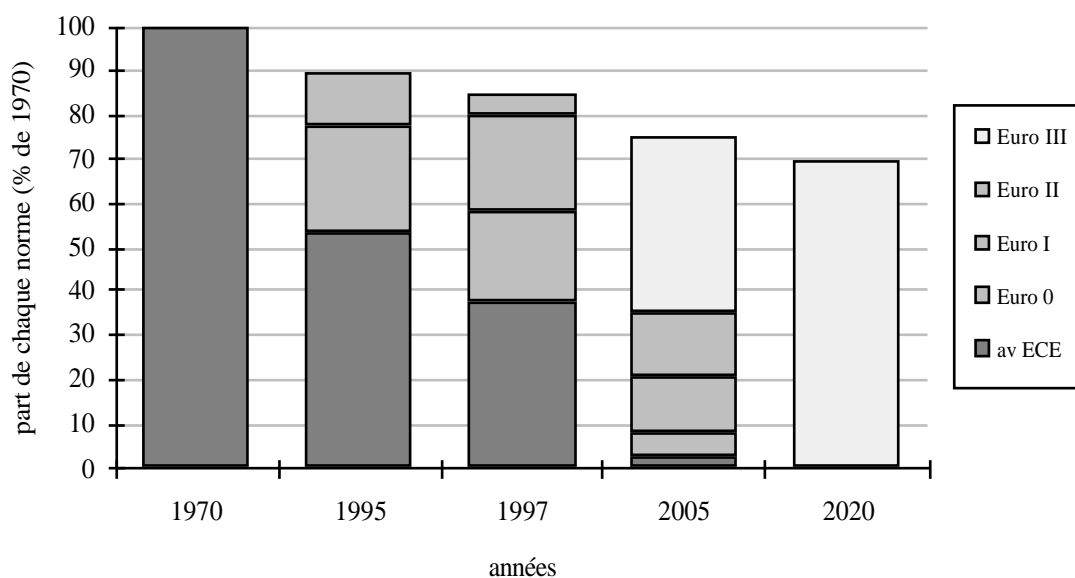


Figure 305 : Parc roulant urbain des poids lourds réparti par règlements européens.

### **II.3. Le parc roulant routier**

Comme tous les autres parcs roulants, celui qui caractérise la route augmente globalement entre 1970 et 2020. Son accroissement est le même que celui de la ville, assez fort pendant les 20 premières années d'étude puis plus ralenti. En 2020, il parc routier correspond à peu près à 3 fois celui de 1970. Ce sont cette fois les véhicules utilitaires légers qui s'y développent les plus par rapport à 1970 (fig. 306), suivis des tracteurs routiers, les véhicules particuliers augmentant jusqu'en 2000 pour ensuite rester constants, diminuant même la dernière année. Les camions et les bus connaissant une évolution très similaire à celle du milieu urbain.

La distribution par catégorie de véhicules est proche de celle de la ville en ce qui concerne les véhicules légers. Les véhicules particuliers restent majoritaires mais diminuent progressivement, passant de 70% en 1970 à 60% de la circulation routière en 2020 (fig. 307). Les véhicules utilitaires légers connaissent à peu près la même évolution alors que les poids lourds sont plus présents, principalement représentés par les tracteurs routiers (fig. 308) du fait de la discrétion des camions sur ce réseau par rapport au contexte urbain. On notera que la part de la circulation des bus (et cars) sur cette zone routière est à peu près équivalente à celle qui est la leur en milieu urbain.

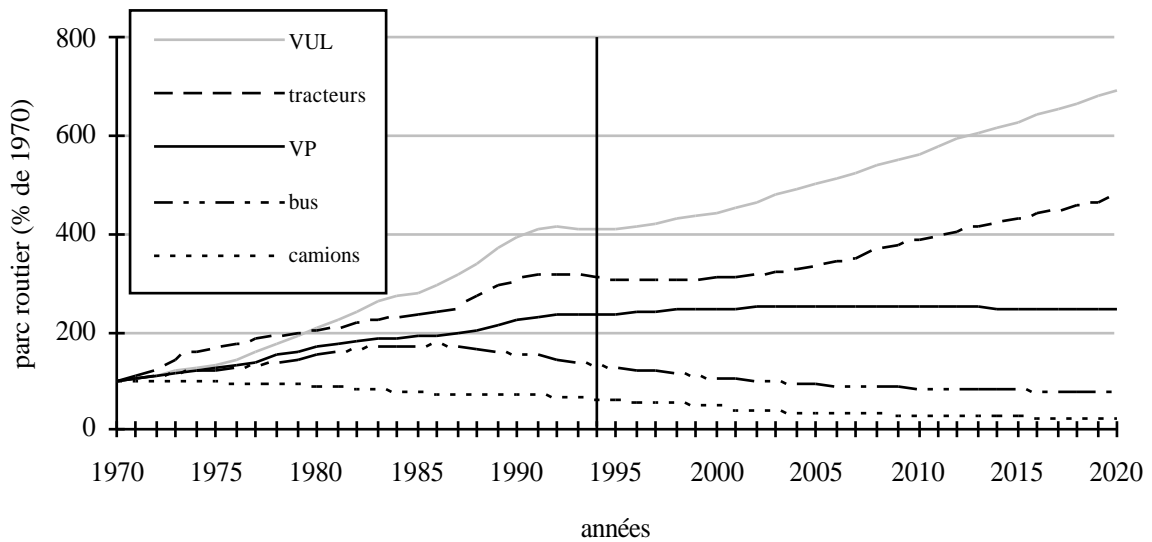


Figure 306 : Évolution du parc roulant routier en France par rapport à 1970 (100%) réparti par catégorie de véhicules.

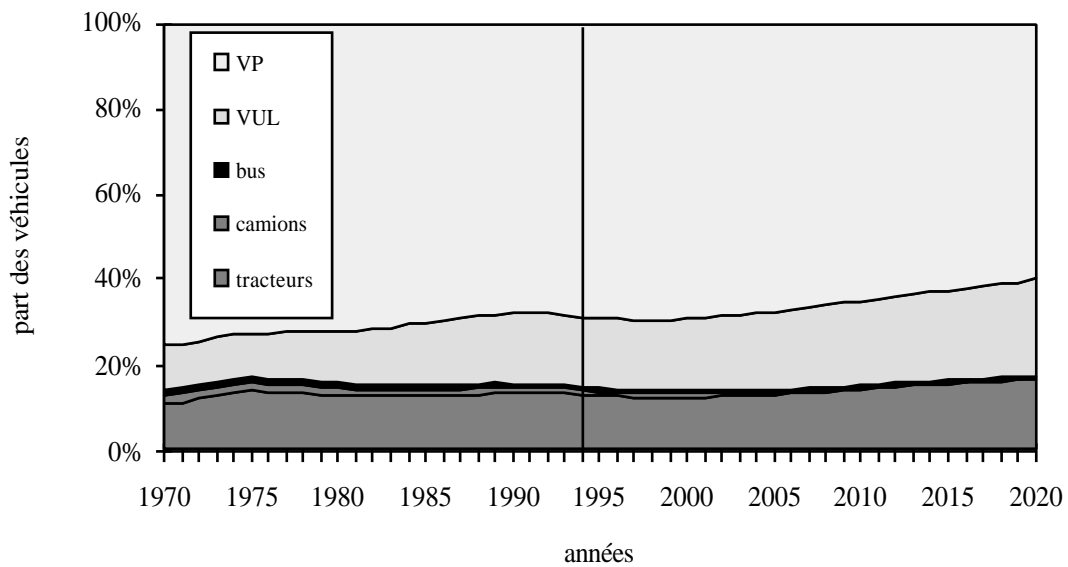


Figure 307 : Parc roulant routier en France réparti par catégorie de véhicules.

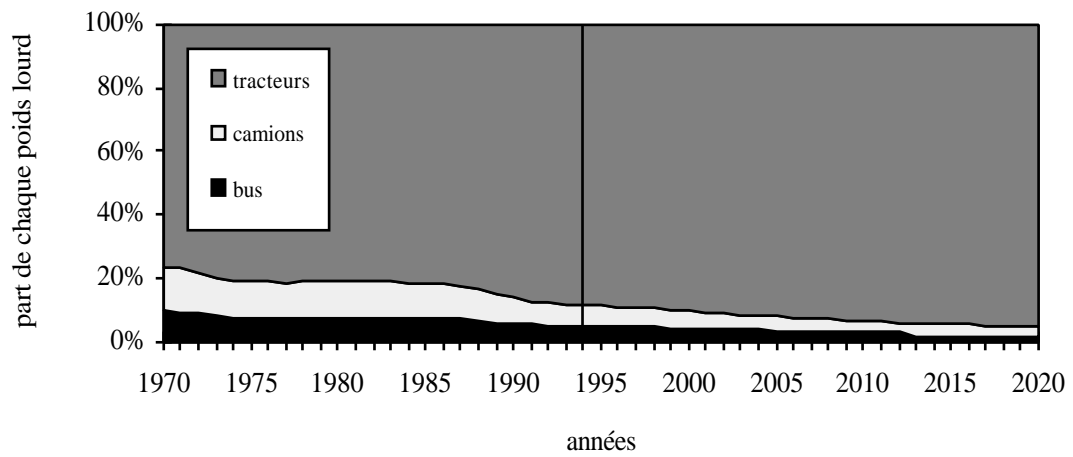
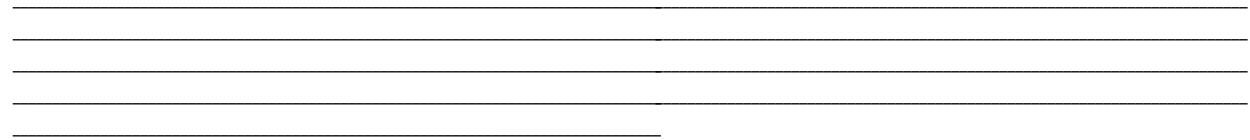


Figure 308 : Parc roulant routier en France réparti par catégorie de poids lourds.

### **II.3.1. Le parc roulant routier des véhicules légers (VL)**

#### **II.3.1.1. Le parc routier des VL par carburant**

La diésélisation globale des véhicules légers est plus importante sur ce type de réseau qu'en ville. Les diesel restent prédominants tout au long de la période d'étude (fig. 309), ne passant jamais sous la barre des 50 % atteinte en 1994. En ce qui concerne les répartitions respectives des deux types de véhicules, particuliers et utilitaires (légers), elle est assez proche de celle de la ville si ce n'est que les utilitaires à essence disparaissent plus tôt (2004 au lieu de 2020) et que les utilitaires diesel sont un peu plus utilisés dès leur apparition en 1976. L'usage des voitures à essence diminue plus vite qu'en milieu urbain (60% du parc léger routier en 1990 alors qu'ils ne passaient cette valeur qu'en 1993 en ville) et reste inférieur à 45% du parc urbain de véhicules légers jusqu'en 2020.

#### **II.3.1.2. Le parc routier des VL par carburant et classe de taille**

Pour les véhicules particuliers tout d'abord (fig. 310), la différence la plus remarquable avec le réseau urbain est l'importance des véhicules de cylindrée moyenne au sein des diesel, qui deviennent assez vite prédominants sur route (dès 1994, ils sont plus nombreux que les petits véhicules à essence qui étaient jusqu'alors majoritaires) et sont en 2020 les voitures qui circulent le plus sur ce réseau. Les gros diesel sont également un peu plus présents qu'en ville.

On ne constate pas de grand changement au niveau de la cylindrée moyenne de ces véhicules particuliers (fig. 311), la valeur globale étant un peu plus forte qu'en milieu urbain, plus influencée que précédemment par celle des diesel.

La distribution des utilitaires légers en classes de poids et carburant ne change pratiquement pas par rapport au trafic urbain. La différence la plus marquante est la part plus importante que prennent les véhicules diesel les plus lourds (fig. 312). De même les véhicules à essence des classes supérieures sont un peu plus présents dans les premières années d'étude.

Par conséquent, le PTAC moyen des utilitaires légers essence et diesel ne varie en rien par rapport à la ville ; le poids moyen global tous carburants confondus augmente par contre légèrement plus vite (fig. 313) compte tenu de la plus forte influence des diesel sur ce réseau.



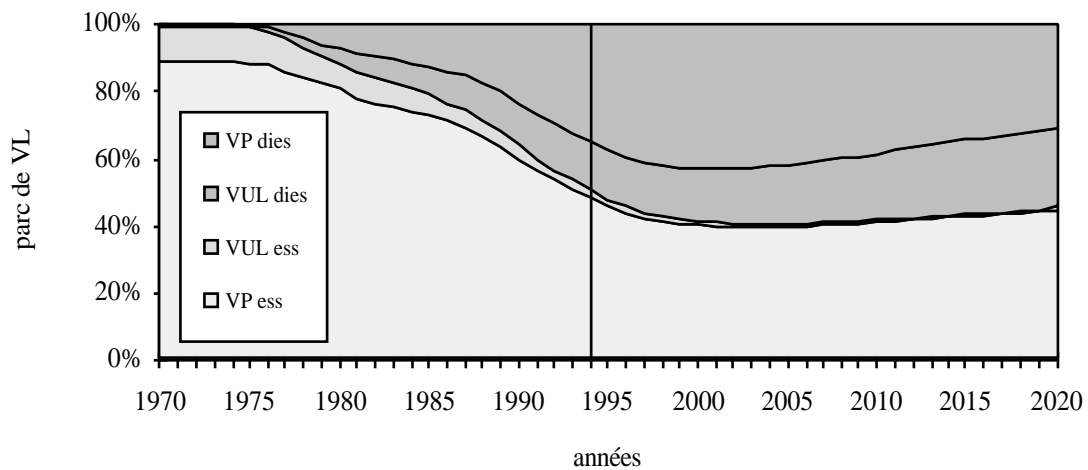


Figure 309 : Parc roulant routier essence/diesel des véhicules légers (VL=VP+VUL).

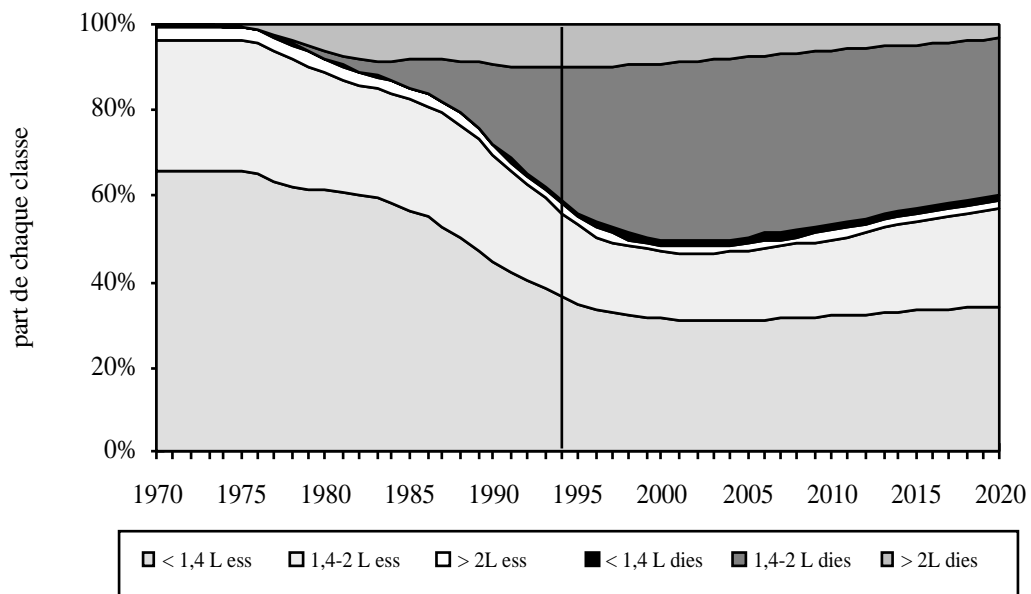


Figure 310 : Parc roulant routier des véhicules particuliers réparti par classe de cylindrée et carburant.

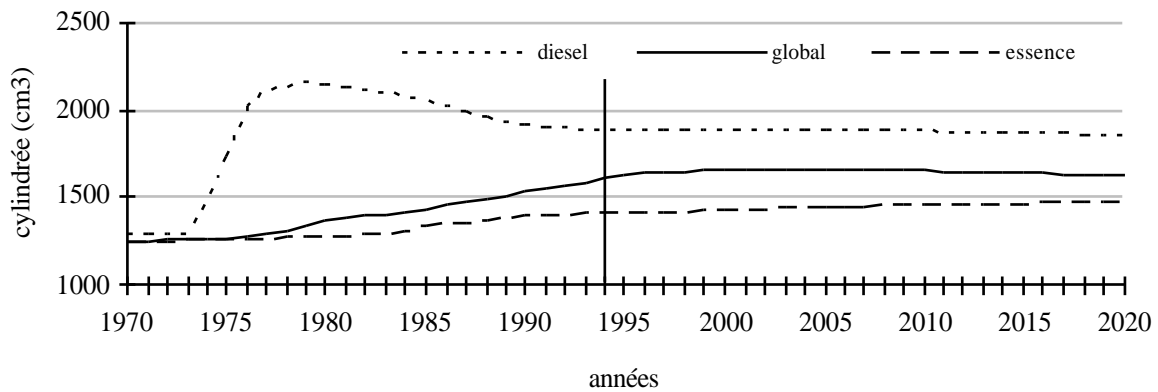


Figure 311 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers du parc roulant routier.

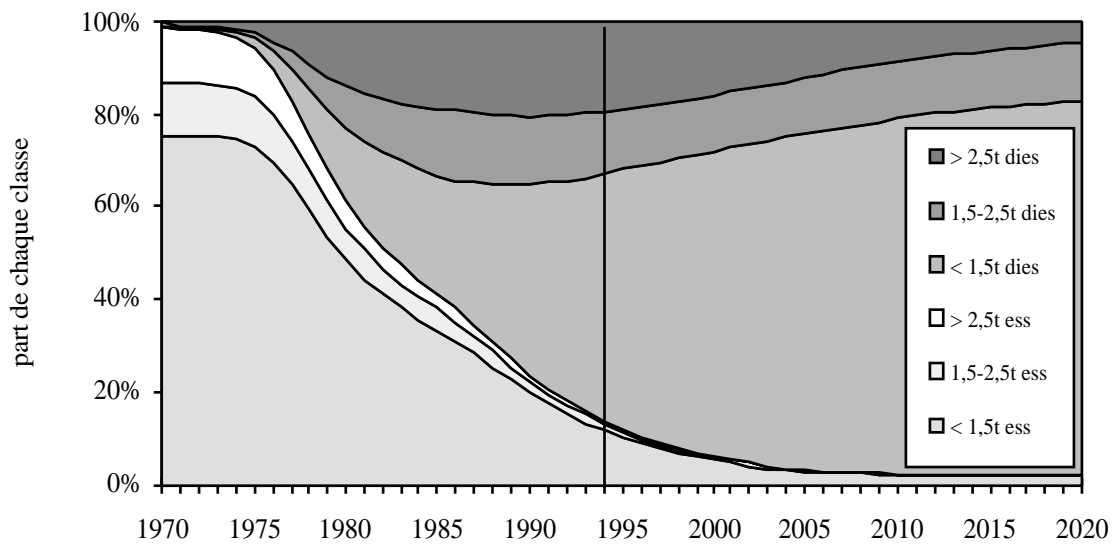


Figure 312 : Parc roulant routier des véhicules utilitaires légers réparti par classe de poids et carburant.

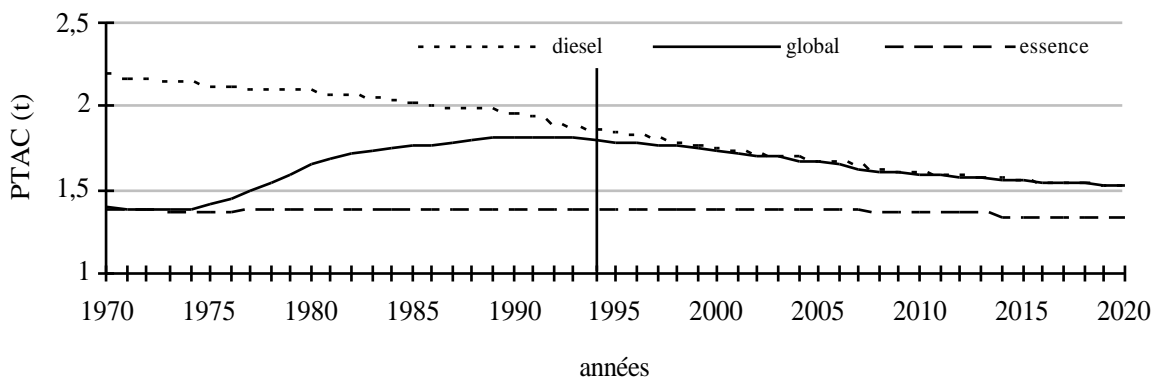


Figure 313 : PTAC moyen des véhicules utilitaires légers du parc roulant routier.

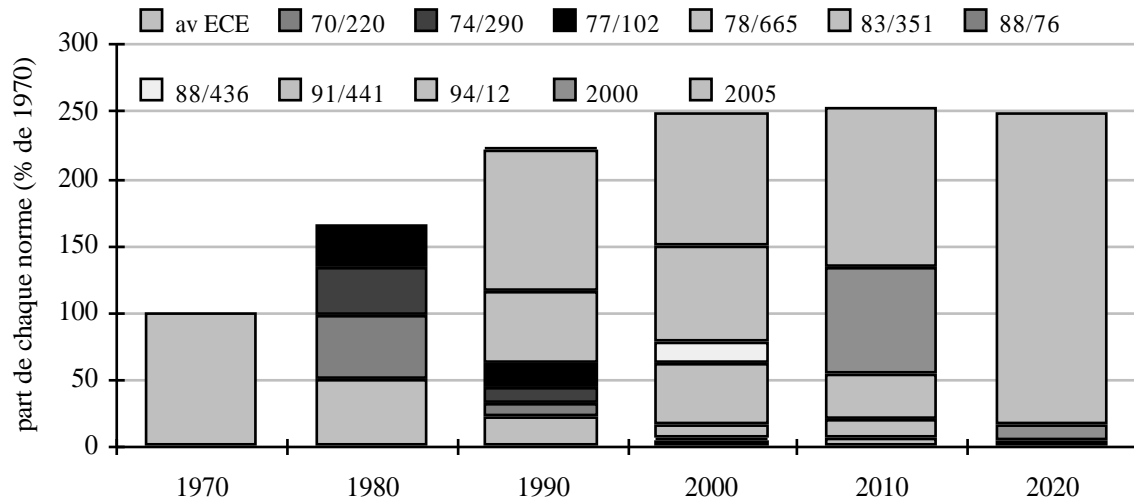


Figure 314 : Répartition du parc roulant routier des véhicules particuliers essence et diesel en fonction des réglementations européennes.

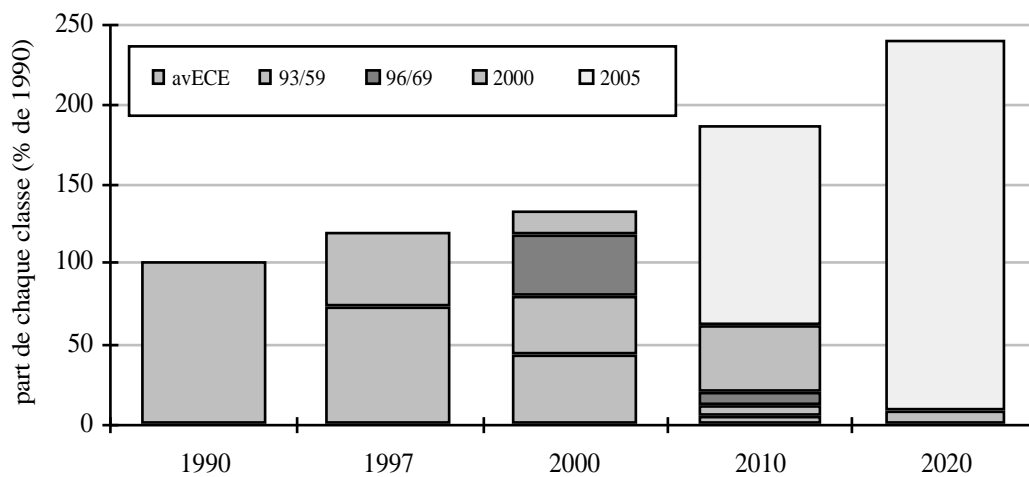


Figure 315 : Répartition du parc roulant routier des véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel en fonction des réglementations européennes.

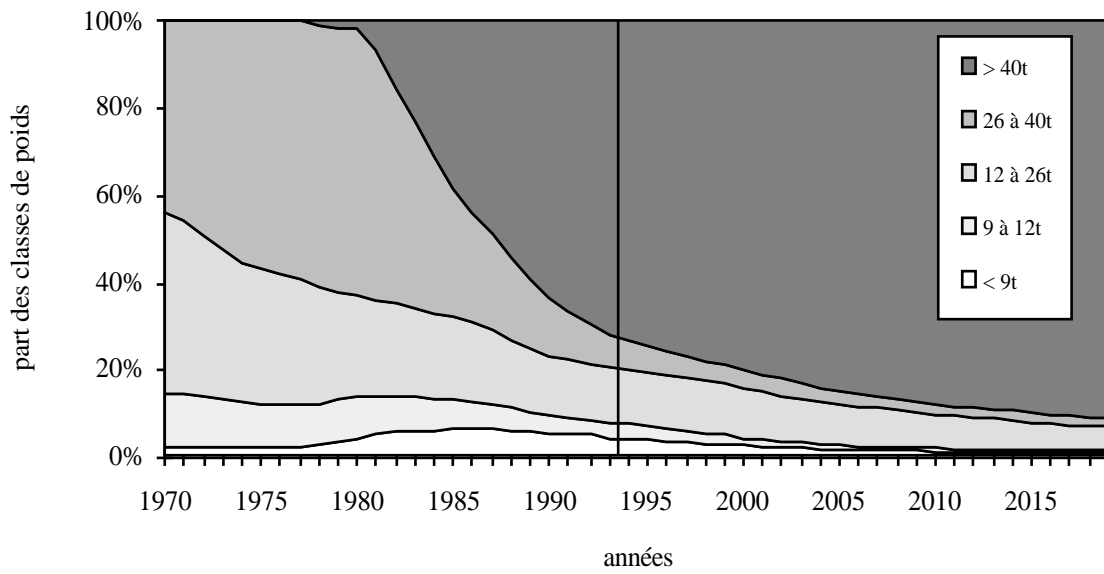


Figure 316 : Parc roulant routier des poids lourds réparti par classe de poids.

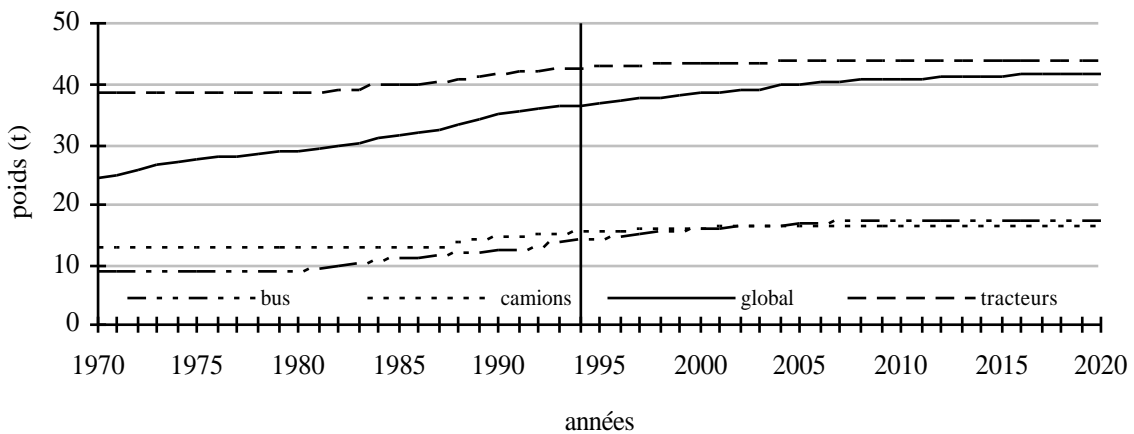


Figure 317 : Poids moyen des poids lourds du parc roulant routier.

### **II.3.1.3. Le parc routier des VL par règlement**

La distribution des véhicules particuliers en fonction des normes (fig. 314) ne montre par contre pas de changement remarquable entre le réseau urbain et la route. Les véhicules non réglementés gardent globalement la même importance jusqu'en 1990, la différence se portant essentiellement sur les normes en projet (2000 et 2005), la circulation ayant tendance à diminuer dans le futur. La répartition des utilitaires légers de classe I tous carburants confondus est assez similaire à celle rencontrée en ville (fig. 315), les véhicules non réglementés subsistant (très faiblement) encore en 2010 mais plus en 2020 où pratiquement tous les véhicules répondent à la norme 2005.

### **II.3.2. Le parc roulant routier des poids lourds (PL)**

#### **II.3.2.1. Le parc routier des PL en fonction du poids**

Le parc roulant des poids lourds de plus de 26 t (fig. 316) est ici bien plus important qu'en ville. Les véhicules de poids compris entre 26 et 40 t sont plus utilisés, aux dépens surtout des 12 à 26 t qui circulent moins sur route qu'en ville, ce qui peut sembler logique a priori. Notons qu'en 2020, les poids lourds de moins de 12 t n'existent pratiquement plus sur la route. Les poids moyens de chaque catégorie de poids lourds restent les mêmes que sur les autres réseaux mais la valeur moyenne tous véhicules confondue est supérieure à celle de la ville puisqu'elle dépasse 40 t en 2006 (fig. 317) alors qu'elle n'atteignait pas cette valeur dans le cas précédent. Cette augmentation est liée au développement particulièrement important des tracteurs routiers sur les routes de notre territoire.

#### **II.3.2.2. Le parc routier des PL selon l'âge et le règlement**

Les véhicules les plus jeunes sont à peine plus utilisés sur la route (fig. 318). Les véhicules plus âgés roulent à peu près autant sur route qu'en ville exception faite de ceux compris entre 16 et 20 ans qui sont un peu plus nombreux dans le deuxième cas (jusqu'à 5% au lieu de 2% en ville). La circulation routière de poids lourds a tendance à diminuer très légèrement à partir de 1970 puis à augmenter pour retrouver en 2020 sa valeur initiale (fig. 319). Les répartitions par règlements sont pratiquement identiques à celles rencontrées en milieu urbain, les véhicules les plus anciens (ceux

qui ont été immatriculés avant la première norme) subsistant encore en 2005 et plus du tout en 2020, où l'on ne trouve plus que des véhicules soumis à la future norme, projetée pour l'an 2000.

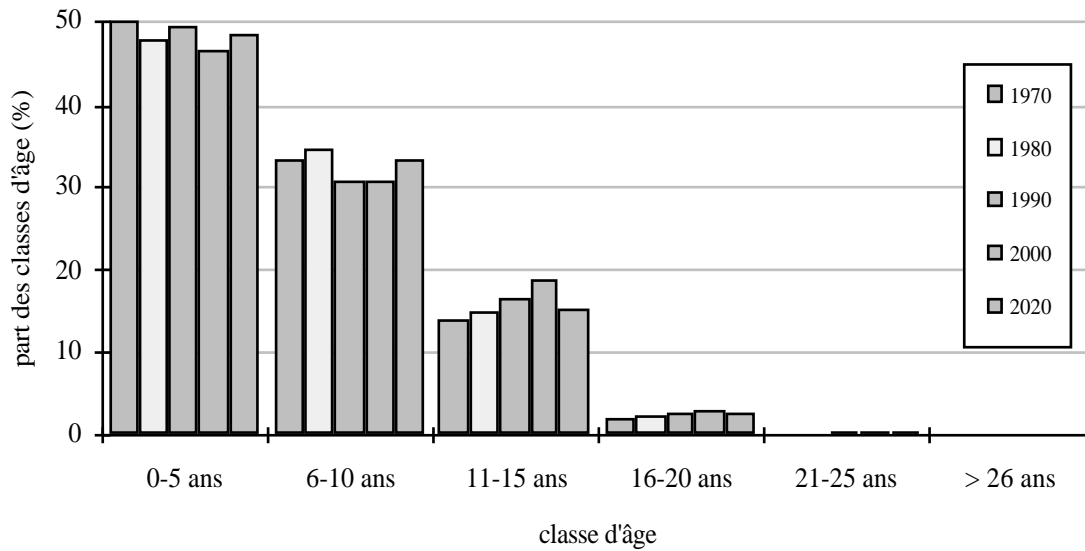


Figure 318 : Parc roulant routier des poids lourds réparti par classe d'âge.

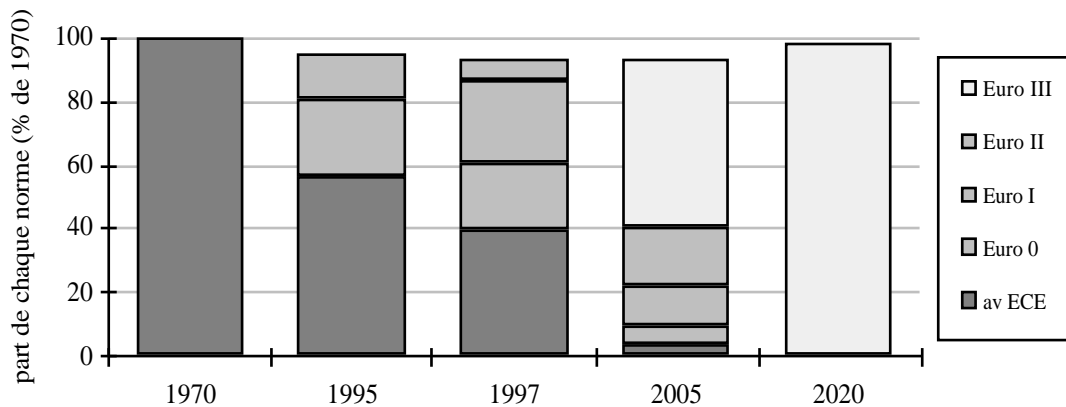


Figure 319 : Parc roulant routier des poids lourds réparti par règlements européens.

---

---

---

---

---

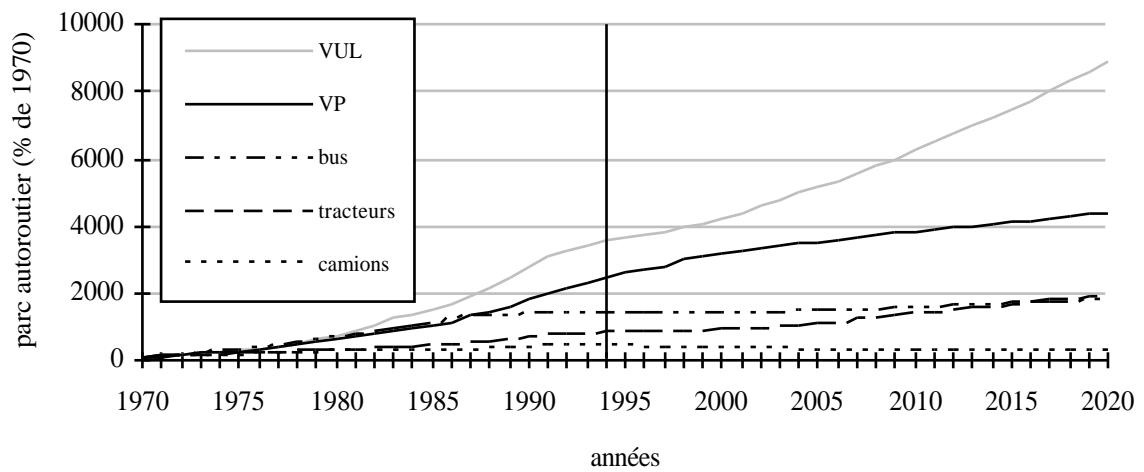


Figure 320 : Évolution du parc roulant autoroutier en France par rapport à 1970 (100%) réparti par catégorie de véhicules.

## **II.4. Le parc roulant autoroutier**

De tous les parcs roulants présentés c'est celui qui s'est le plus fortement développé, associant accroissement de la longueur du réseau (multipliée par 12 entre 1970 et 2020) et augmentation des effectifs de véhicules. Exception faite des camions, tous les trafics de véhicules augmentent sur ce réseau par rapport à la situation de 1970 (fig. 320). Ce sont comme sur route les utilitaires légers qui s'y développent les plus, suivis des véhicules particuliers puis des bus et enfin des tracteurs routiers, qui étaient déjà très répandus sur autoroute en 1970 et dont la croissance semble ainsi plus limitée que les autres. Dans les premières années, les poids lourds dominent la circulation autoroutière, les véhicules particuliers y consacrant une très faible part de leur kilométrage à cette époque (fig. 321). Puis, leurs effectifs globaux et usage autoroutier augmentant, ils prennent de plus en plus d'importance avec un maximum de 55% en 2000 ; mais les effectifs des tracteurs routiers croissent suffisamment pour faire à nouveau reculer la circulation des véhicules particuliers. Les véhicules utilitaires ont ici plus d'importance, notamment suite à l'utilisation intensive des tracteurs routiers (fig. 322). Les utilitaires légers sont moins présents que les poids lourds. Les bus sont pratiquement exclus de ce réseau (moins de 2% du parc autoroutier de poids lourds) et sont en fait probablement essentiellement des autocars. Les camions ont par conséquent plus d'importance que sur route par rapport au parc total des poids lourds, du moins dans les premières années (20 % en 1970).

### **II.4.1. Le parc roulant autoroutier des véhicules légers (VL)**

#### **II.4.1.1. Le parc autoroutier des VL par carburant**

Les véhicules particuliers diesel gardent la même importance que sur la route mais les utilitaires légers diesel circulent un peu moins sur autoroute que sur route (fig. 323) ; de ce fait, les véhicules à essence, qui sont essentiellement des véhicules particuliers puisque les petits utilitaires essence diminuent très rapidement au profit de leurs homologues diesel, prennent une part un peu plus grande dans la circulation autoroutière.

#### **II.4.1.2. Le parc autoroutier des VL par carburant et classe de taille**

Sur ce type de réseau les véhicules particuliers de grosse cylindrée sont beaucoup plus utilisés (fig. 324) que sur le reste du territoire. Cette tendance est surtout valable pour les diesel de plus de 2 l qui atteignent 22% du parc autoroutier total de voitures en 1982 pour diminuer tout de même ensuite compte tenu de la baisse de leurs immatriculations, au profit essentiellement des diesel de cylindrée moyenne, les petits diesel ne circulant pratiquement pas sur ce réseau. Comme l'on pourrait s'y attendre, les voitures à essence de moins de 1,4 l sont également beaucoup plus limitées sur ce type de voie qu'en ville ou sur route, laissant une place plus large aux véhicules de grosse cylindrée.



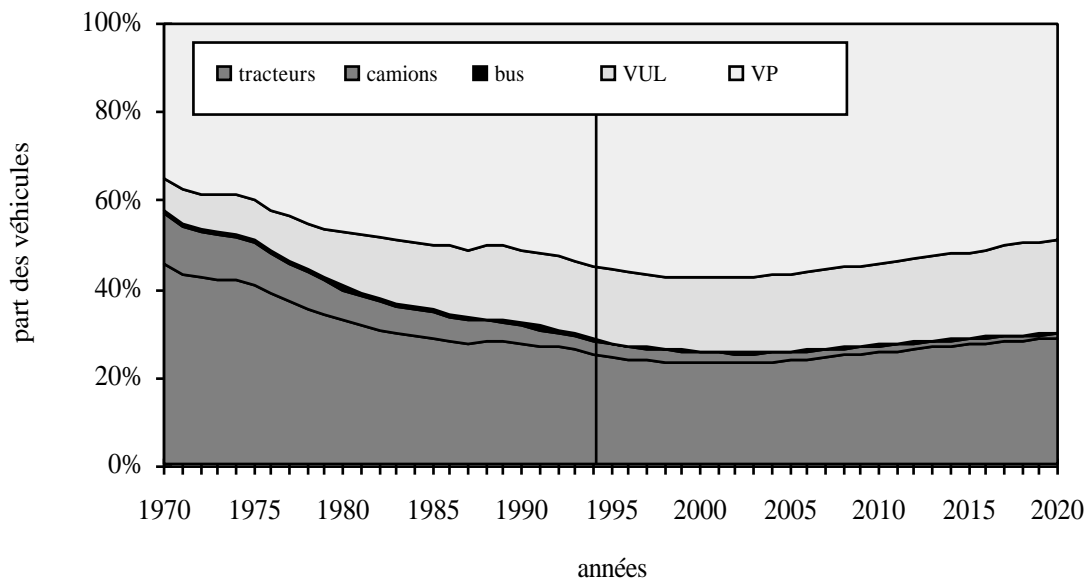


Figure 321 : Parc roulant autoroutier en France réparti par catégorie de véhicules.

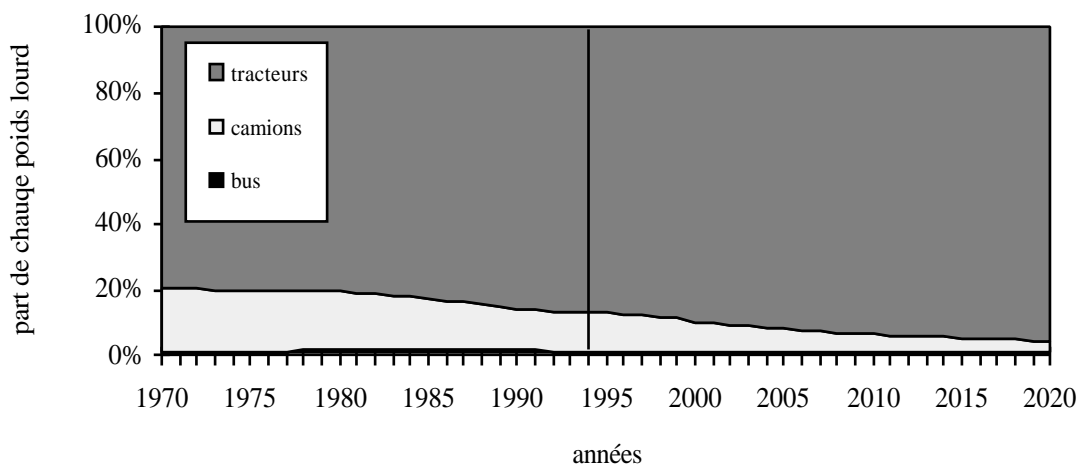


Figure 322 : Parc roulant autoroutier en France réparti par catégorie de poids lourds.

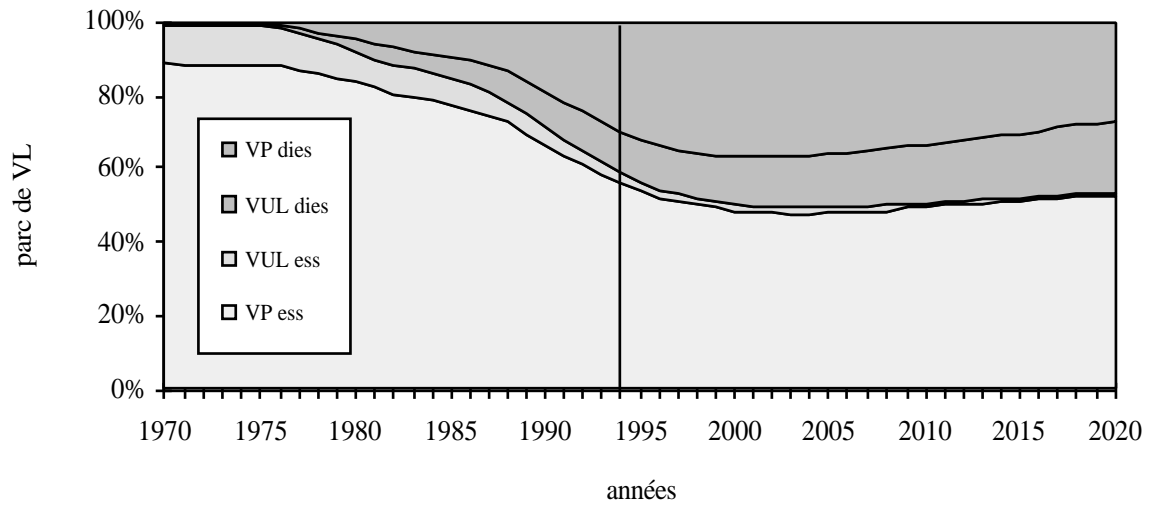


Figure 323 : Parc roulant autoroutier essence/diesel des véhicules légers (VL=VP+VUL).

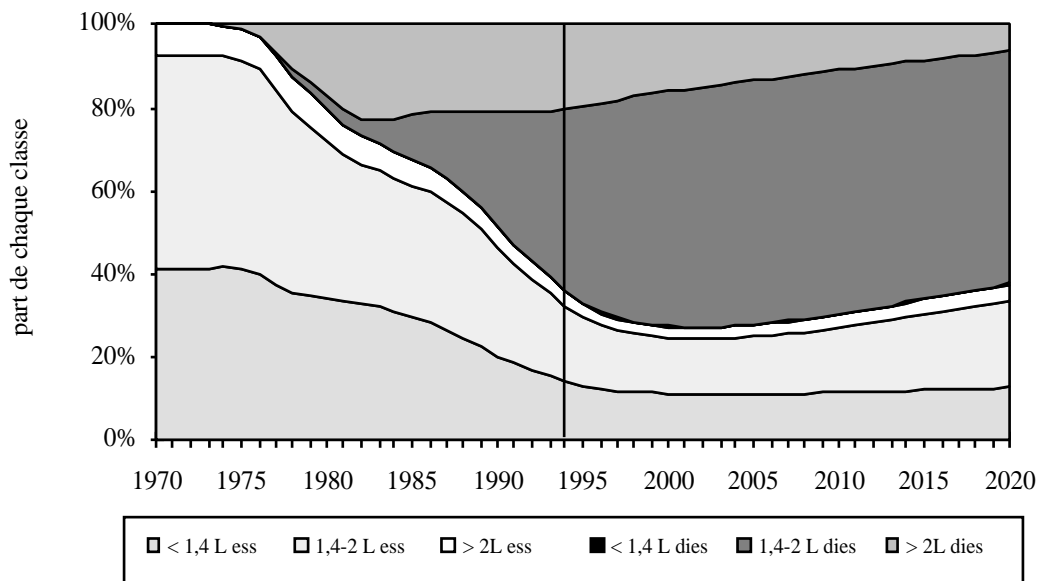


Figure 324 : Parc roulant autoroutier des véhicules particuliers réparti par classe de cylindrée et carburant.

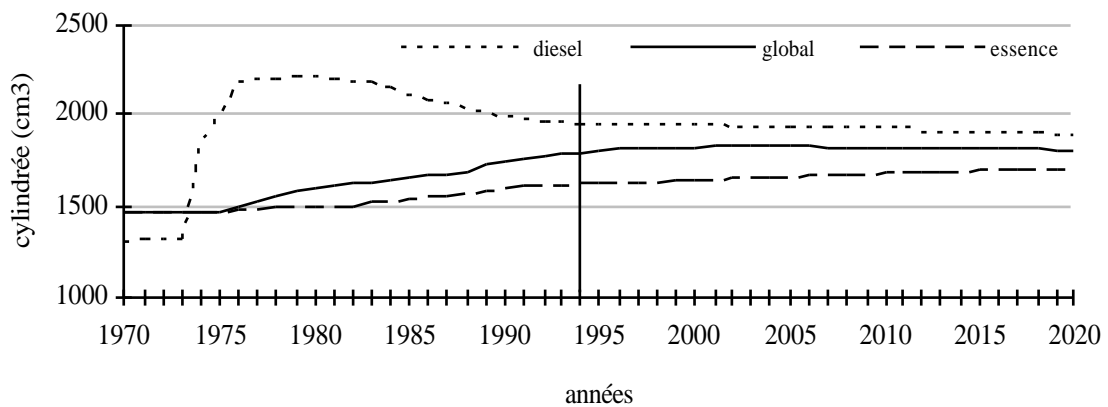


Figure 325 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers du parc roulant autoroutier.

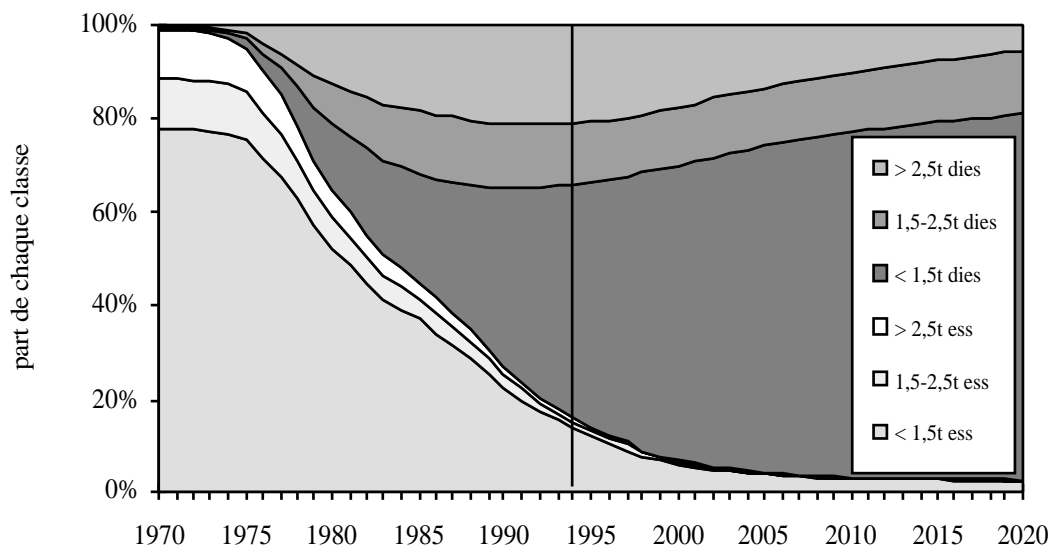


Figure 326 : Parc roulant autoroutier des véhicules utilitaires légers réparti par classe de poids et carburant.

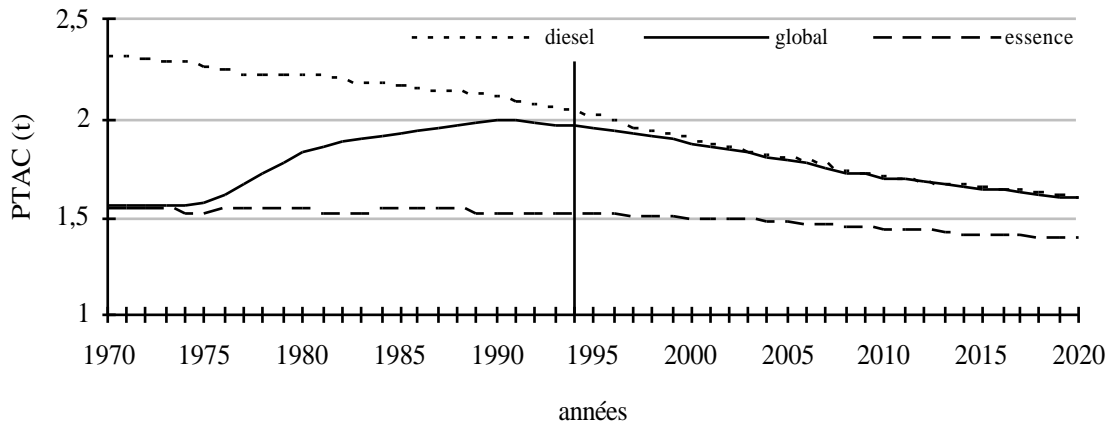


Figure 327 : PTAC moyen des véhicules utilitaires légers du parc roulant autoroutier.

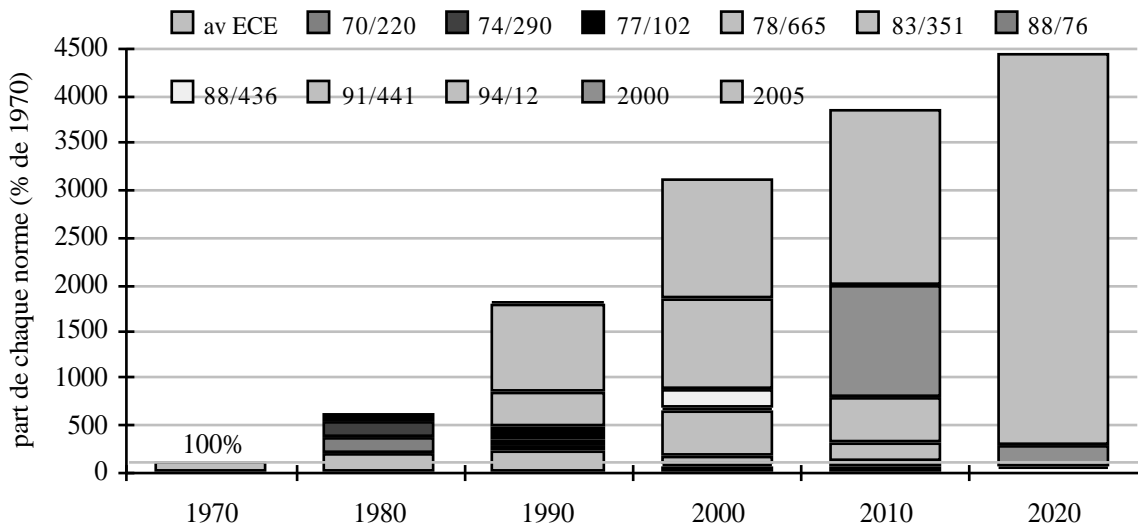


Figure 328 : Répartition du parc roulant autoroutier des véhicules particuliers essence et diesel en fonction des réglementations européennes.

La cylindrée moyenne des voitures diesel comme celle des essence est par conséquent plus élevée sur ce type de voie (fig. 325), de sorte que la valeur moyenne est également plus forte et toujours croissante (1500 cm<sup>3</sup> en 1970, 1800 cm<sup>3</sup> en 2020).

Les véhicules utilitaires légers quant à eux ont une répartition très proche de celle rencontrée sur la route, qu'il s'agisse des versions essence ou diesel (fig. 326). Les diesel les plus lourds circulent plus dans ce contexte que sur les autres réseaux.

La taille moyenne des véhicules utilitaires légers est comme pour les véhicules particuliers un peu plus élevée que pour les véhicules circulant en milieu routier (fig. 327), atteignant 2 t alors qu'elle ne dépassait pas 1,8 t pour le réseau routier.

#### **II.4.1.3. Le parc autoroutier des VL par règlement**

L'évolution de la circulation sur autoroute des véhicules particuliers au cours du temps est fulgurante comparée aux autres réseaux : en effet, elle sera en 2020 44 fois supérieur à celle de 1970 (fig. 328) ce qui représente un développement considérable encouragé et provoqué par l'accroissement de la longueur du réseau autoroutier en France entre 1970 et 2020 (environ 1 000 km en 1970, 8 000 km en 1995 et 14 000 en 2020 si l'essor de ce réseau continue comme par le passé, cf. fig. 179) alors que le réseau routier est pratiquement constant. C'est la principale différence que l'on peut mettre en évidence par rapport aux autres réseaux, la distribution de chaque année ne variant pratiquement pas.

Comme les circulations urbaines et routières, la circulation sur autoroute des véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel confondus a augmenté régulièrement depuis 1990 (fig. 329), mais son développement est plus important que sur les autres réseaux ; en 2020, elle est 5 fois supérieure à celle de 1990. La répartition par règlement ne montrent pas de grand changement par rapport aux autres réseaux.

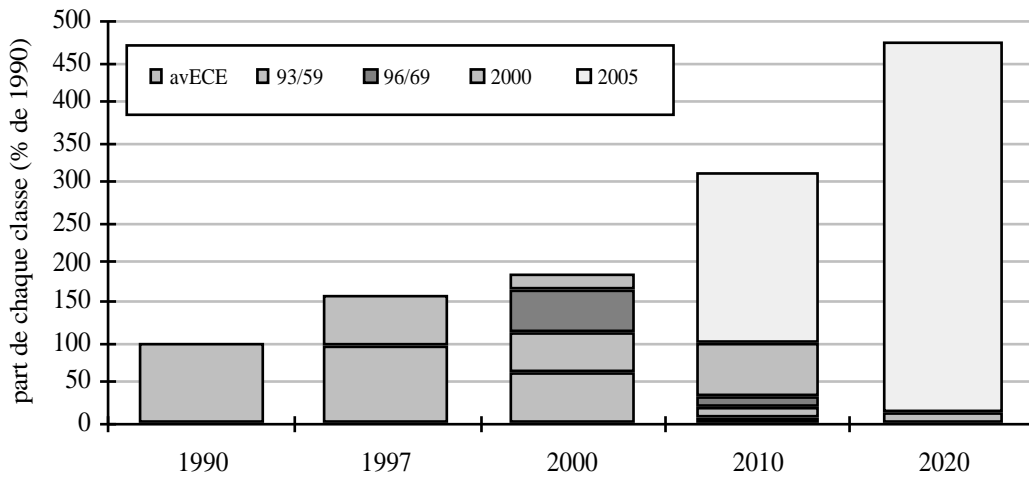


Figure 329 : Répartition du parc roulant autoroutier des véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel en fonction des réglementations européennes.

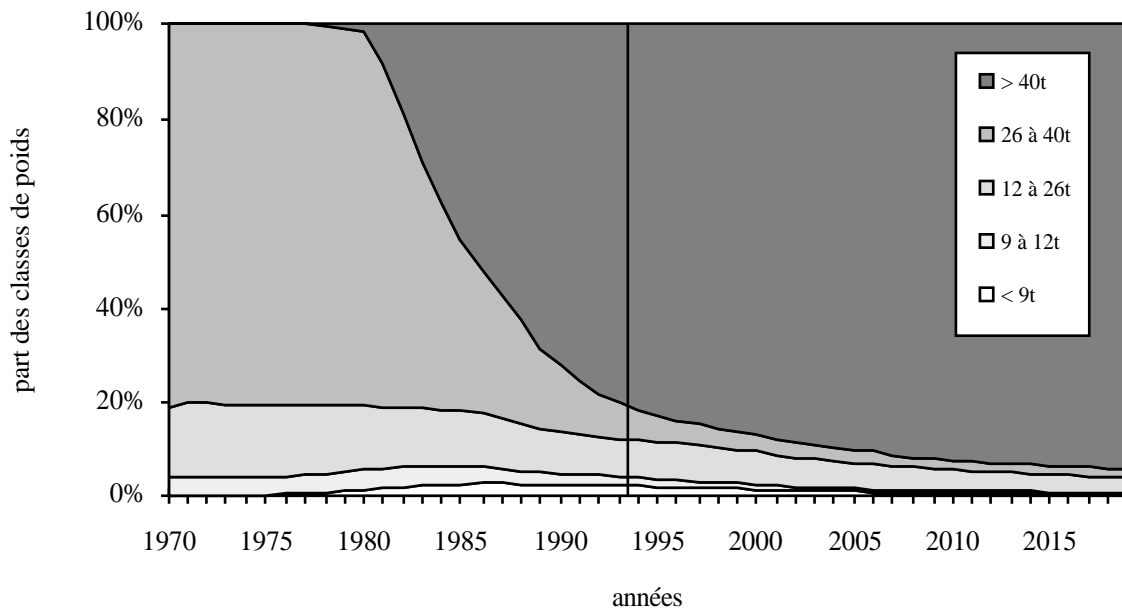


Figure 330 : Parc roulant autoroutier des poids lourds réparti par classe de poids.

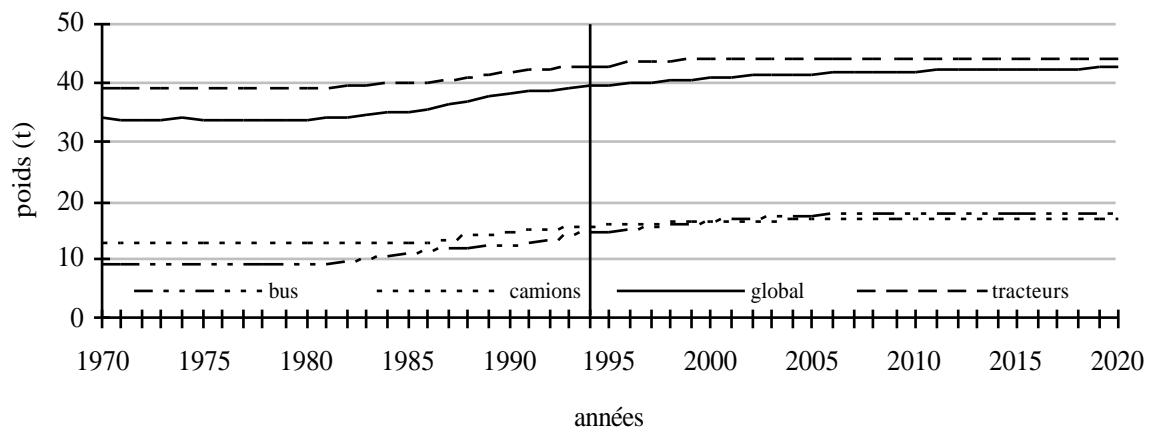


Figure 331 : Poids moyen des poids lourds du parc roulant autoroutier.

## **II.4.2. Le parc roulant autoroutier des poids lourds (PL)**

### **II.4.2.1. Le parc autoroutier des PL en fonction du poids**

La domination des poids lourds de plus de 26 tonnes est ici indéniable puisqu'ils ne passent jamais sous le seuil de 60% entre 1970 et 2020 (fig. 330). L'utilisation des véhicules de 26 à 40 t est encore plus intense sur autoroute tant que les plus de 40 t ne circulent pas. Comme précédemment, la substitution progressive des camions les plus lourds par des tracteurs routiers dont les poids sont supérieurs est à l'origine de la quasi disparition des véhicules de cette classe ; les petits poids lourds (moins de 12 t) sont logiquement assez peu présents sur ce type de voie.

Le poids moyen tous véhicules confondus est ici plus élevé que sur route puisqu'il se rapproche toujours plus de la valeur des tracteurs routiers dans les dernières années de la période d'étude suite à leur considérable développement sur ce réseau, dépassant même les 40 t en 1999 (fig. 331). De plus, d'après les observations que nous avons pu mener aux cours de nos déplacements, il s'avère que les camions circulant sur autoroute sont presque tous équipés d'une remorque, qu'il s'agisse de véhicules immatriculés en France ou non. Or nous avons considéré dans le fichier des immatriculations le seul PTAC (Annexe I) des camions alors qu'ici le PTR (qui est supérieur au PTAC) serait plus représentatif. Le poids des camions rencontrés sur autoroute devrait par conséquent être supérieur à celui des véhicules rencontrés sur les autres réseaux, et le poids moyen tous véhicules confondus encore plus élevé.

### **II.4.2.2. Le parc autoroutier des PL selon l'âge et le règlement**

Plus encore qu'en ville et sur route, la distribution par âge est favorable aux poids lourds de moins de 5 ans (fig. 332), puisque, comme nous l'avons précédemment signalé, les tracteurs routiers et les camions, représentant la majorité des poids lourds présents sur autoroute, sont très sollicités dans les trois premières années de leur vie, plus que les bus et les cars. Les véhicules plus âgés varient assez peu par rapport au réseau routier et sont à peine moins répandus sur autoroute que sur ce dernier.

Comme pour les véhicules particuliers, la circulation des poids lourds sur autoroute a considérablement augmenté au cours du temps (fig. 333), de sorte qu'elle est actuellement 6 fois plus développée qu'en 1970 et qu'elle le sera entre 11 et 12 fois plus en 2020. En ce qui concerne les règlements, on trouve en moyenne sur autoroute un peu plus de véhicules jeunes soumis aux réglementations les plus récentes que sur les autres voies. C'est le cas notamment en 1997 où la proportion de poids lourds réglementés (Euro 0 à Euro II) est légèrement plus élevée qu'ailleurs et en 2005 où les véhicules soumis à l'actuel projet Euro III le sont également.



---

---

---

---

---

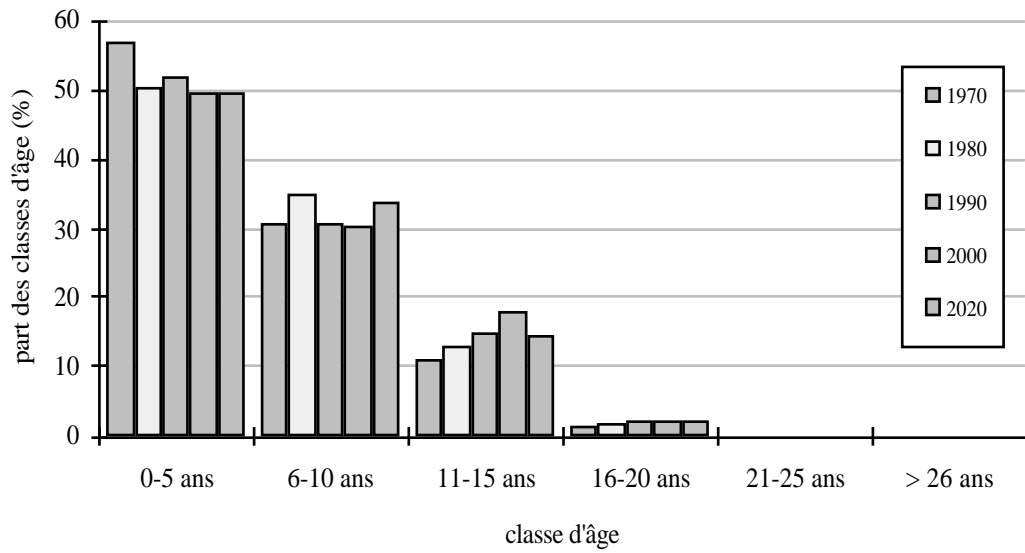


Figure 332 : Parc roulant autoroutier des poids lourds réparti par classe d'âge.

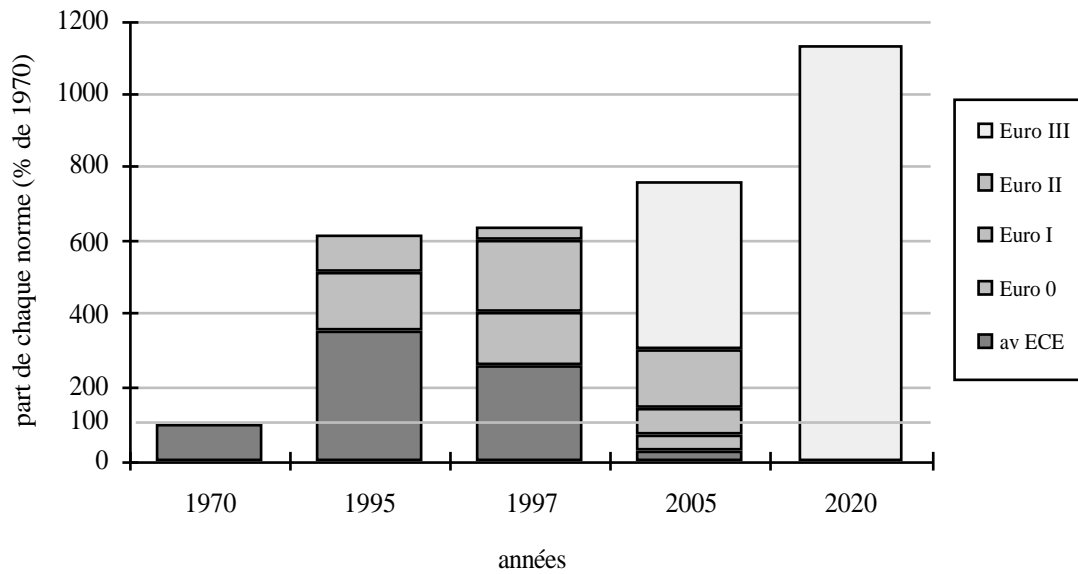


Figure 333 : Parc roulant autoroutier des poids lourds réparti par règlement européen.

Nous venons de mettre en évidence un certain nombre de différences entre le parc statique et le parc roulant, compte tenu des pondérations d'usage appliqué aux véhicules du premier pour le calcul du second. Nous allons maintenant présenter et comparer à d'autres sources les tendances de la circulation absolue en France, but ultime de notre calcul. Nous multiplions pour cela le parc roulant total par le kilométrage moyen annuel tous véhicules confondus ou les effectifs respectifs des cinq parcs roulants (véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers, camions, tracteurs routiers et bus) par les kilométrages annuels de ces cinq types de véhicules. Le kilométrage annuel est par conséquent le dernier paramètre d'entrée intégré au calcul sur lequel il est possible d'intervenir.

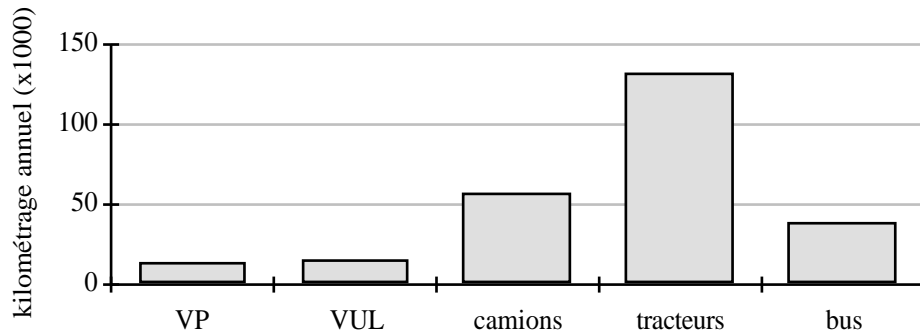
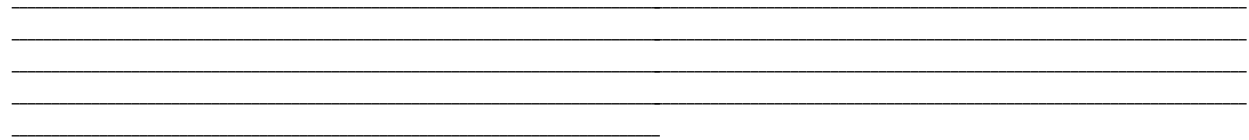


Figure 334 : Kilométrages annuels des 5 types de véhicules du parc roulant

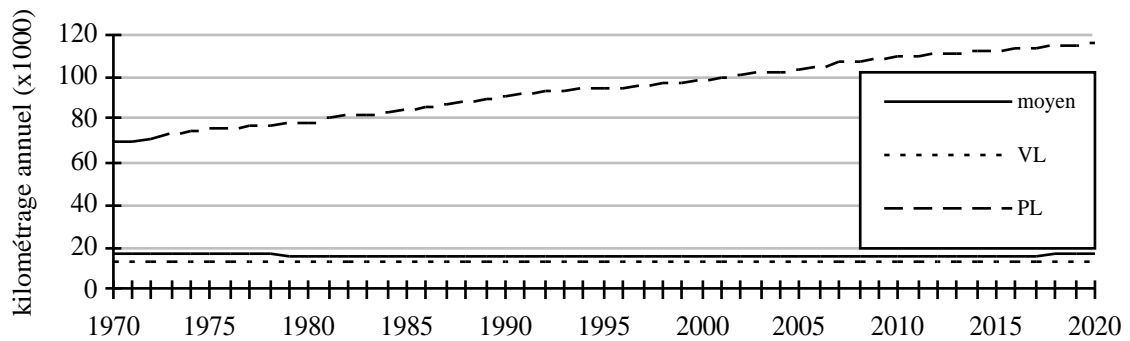


Figure 335 : Évolution des kilométrages annuels des véhicules légers et poids lourds.

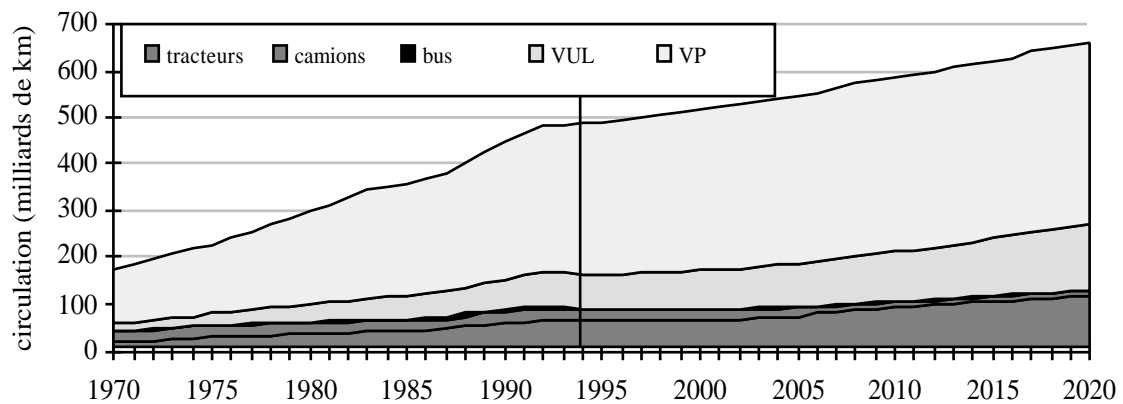


Figure 336 : Circulation des véhicules routiers en France.

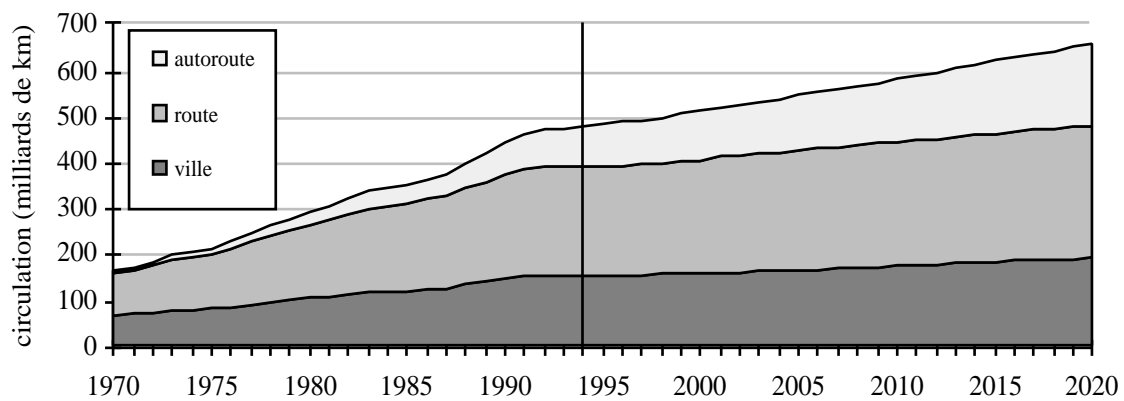


Figure 337 : Circulation des véhicules routiers en France sur les trois réseaux.

### **III. La circulation en France**

Nous avons vu qu'entre les 5 types de véhicules étudiés (véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers, camions, tracteurs routiers et bus) existent des écarts importants au niveau du kilométrage annuel (fig. 334) atteignant un facteur 10 entre ceux qui roulent le plus (tracteurs routiers, 132 000 km/an) et ceux qui roulent le moins (VP, 13 000 km/an). Les trois types de poids lourds ayant des kilométrages annuels assez éloignés, le kilométrage moyen tous poids lourds confondus varie au cours du temps (fig. 335) en fonction de l'évolution des effectifs respectifs des camions, bus et tracteurs routiers. Le kilométrage moyen des véhicules légers (particuliers et utilitaires légers) ne varie pas puisque leurs deux kilométrages respectifs sont très proches (16 000 et 13 000 km/an en moyen) et que les véhicules particuliers sont suffisamment majoritaires pour imposer leur kilométrage. Compte tenu de la très faible part de l'effectif des poids lourds par rapport aux véhicules légers, le kilométrage annuel moyen tous véhicules confondus n'est influencé que par celui de ces véhicules légers (fig. 335). Rappelons que nous considérons ces kilométrages annuels comme stables au cours du temps et étudierons par la suite l'influence sur les résultats de leurs variations annuelles. Les résultats les plus synthétiques sont présentés ci-dessous dans le but de les comparer à ceux fournis par d'autres sources mais le détail de ces circulations est consultable sur support informatique (voir annexe IV).

#### **III.1. La circulation sur l'ensemble du territoire**

L'augmentation de la circulation est particulièrement sensible pour les véhicules légers et notamment les utilitaires légers (fig. 336), qui roulent près de 9 fois plus en 2020 qu'en 1970, suivis de près par les tracteurs routiers (8 fois plus), puis de plus loin par les véhicules particuliers (4 fois plus). Les bus restent globalement au même niveau et les camions diminuent.

#### **III.2. La circulation sur les trois réseaux**

L'accroissement du nombre de véhicules qui roulent sur le réseau français provoque une croissance assez régulière de la circulation depuis 1970, avec une augmentation plus forte pour l'autoroute (fig. 337), compte tenu de l'allongement du réseau qui n'a pas lieu pour les deux autres

voies. On estime ainsi que la circulation autoroutière de 2020 sera près de 40 fois supérieure à celle de 1970 contre à peine 3 fois pour la ville comme pour la route.

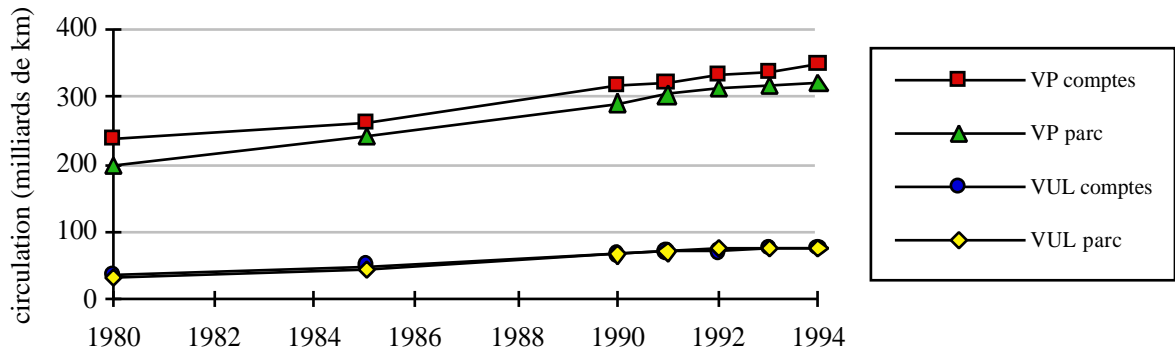


Figure 338 : Circulation de véhicules particuliers (VP) et véhicules utilitaires légers (VUL) en France selon deux sources

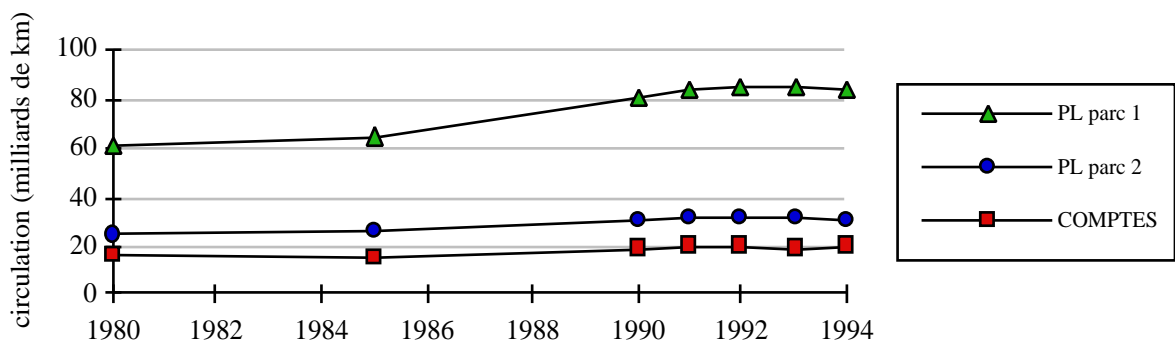


Figure 339 : Circulation des poids lourds (PL) en France selon deux sources

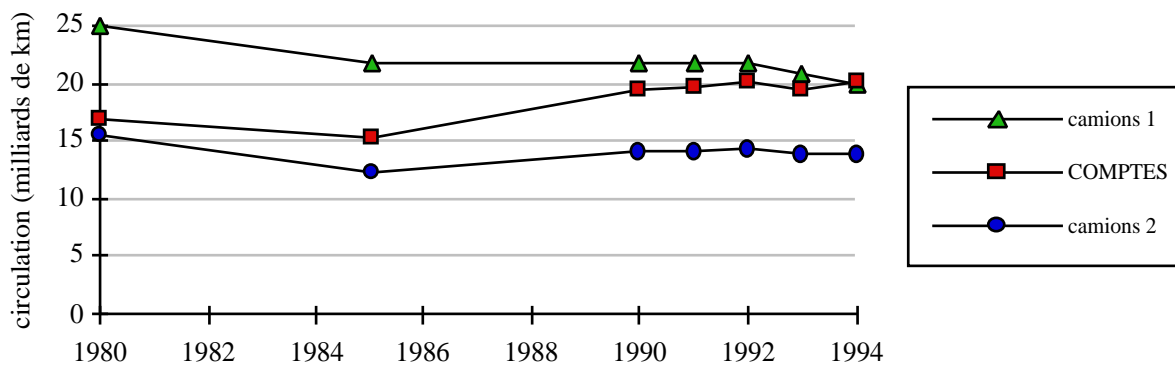


Figure 340 : Circulation des camions en France selon deux sources

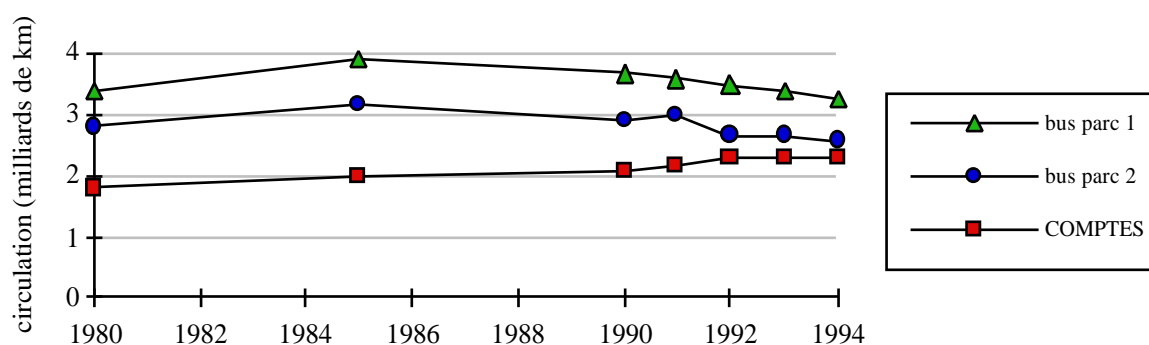


Figure 341 : Circulation des autobus en France selon deux sources

### III.3. Confrontation de nos résultats avec d'autres sources

En ce qui concerne les circulations en France, la source officielle d'information est administrée par le Ministère des Transports par l'intermédiaire du SES (ex OEST) et de l'Insee. Les chiffres des comptes des transports sont édités annuellement conjointement par ces deux organismes. Ce sont donc à cette référence que nous confronterons nos résultats de circulation sur l'ensemble du territoire français.

#### III.3.1. La circulation des véhicules légers

La comparaison des deux sources montre une excellente corrélation pour les circulations de véhicules particuliers tant au niveau des tendances que des chiffres absolus (fig. 338). L'écart maximum est en effet de 18 milliards de kilomètres, ce qui correspond à 5,5% de la circulation des comptes des transports. La concordance est plus remarquable encore pour les utilitaires légers.

#### III.3.2. La circulation des poids lourds

Les résultats sont un peu plus disparates pour les poids lourds : en premier lieu, nos résultats concernant les véhicules de transport de marchandises (PL parc 1 -fig. 339) sont très supérieurs à ceux des comptes des transports, et les écarts sont trop importants pour être imputés à la seule méthode de calcul. Le problème provient en priorité des kilométrages annuels attribués à ces véhicules. En effet, nous avons considéré que les camions parcouraient 57 000 km/an et les tracteurs routiers 132 000 km/an alors que les kilométrages fournis par les comptes des transports pour l'ensemble de ces poids lourds est d'environ 36 000 km/an. Or ces chiffres proviennent de l'enquête TRM du SES, dont nous avons vus précédemment qu'elle ne prenait pas en compte les tracteurs, qui sont justement ceux qui circulent le plus. Aussi si l'on applique ce kilométrage de 36 000 km/an à nos effectifs de camions et tracteurs réunis (PL parc 2 -fig. 339), nous obtenons une circulation en bien meilleure concordance avec celle des comptes des transports. D'autre part, si l'on élimine les tracteurs routiers de notre circulation pour pouvoir comparer des champs identiques, nous rejoignons les chiffres du Ministère des transports, en restant supérieur si l'on conserve notre



kilométrage de 57 000 km/an pour les seuls camions (camions 1 -fig. 340) et inférieurs si nous leur appliquons les kilométrages fournis par les comptes des transports (camions 2 -fig. 340). Le même problème se pose pour les bus. Nos circulations (bus parc 1 -fig. 341) et nos kilométrages annuels (39 000 km/an contre environ 31 000 km/an) sont supérieurs à ceux des comptes des transports. Si l'on applique à nos effectifs de bus les kilométrages annuels des comptes de transports (bus parc 2 -fig. 341), nous abaissons la circulation et nous rapprochons de celle des comptes des transports, notamment dans les 3 dernières années.

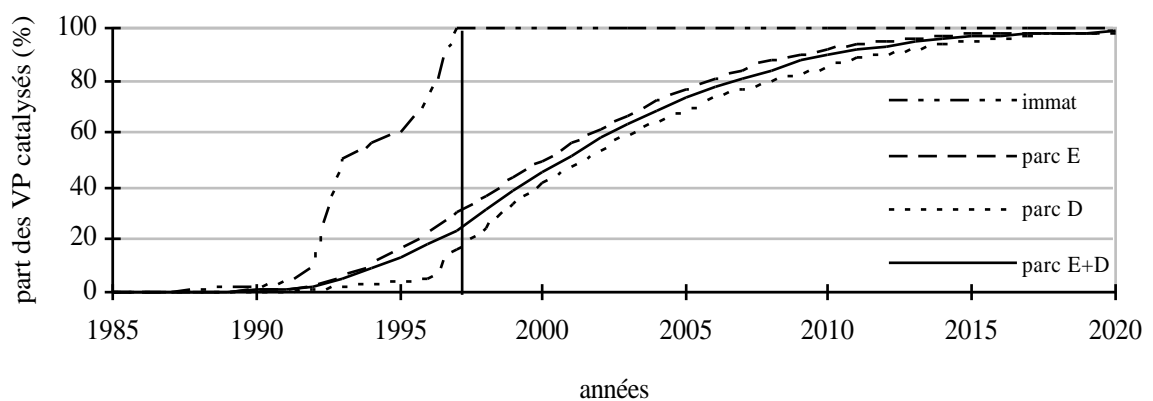


Figure 342 : Développement du pot catalytique des véhicules particuliers.

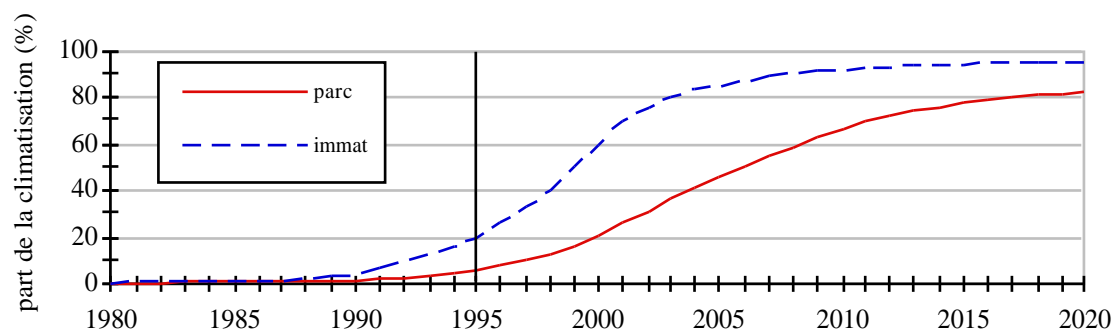


Figure 343: Comparaison du taux de véhicules particuliers équipés de la climatisation dans le parc statique et pour les immatriculations neuves.

## IV. Sensibilité du modèle aux paramètres de calcul

Nous l'avons dit, les résultats de parc que nous venons de présenter sont issus d'un calcul simple mettant en jeu des éléments bien définis. Cependant, pour reconstituer ces éléments qui sont assez rarement exploitables dans l'état, nous avons dû établir un grand nombre d'hypothèses que nous avons justifiées mais qui ne prétendent pas représenter la vérité (qu'en outre, personne ne semble détenir). Les chiffres fournis au terme de nos calculs de parc sont par conséquent l'image de toutes ces hypothèses. L'intérêt principal de notre méthode de calcul n'est cependant pas la véracité des résultats mais plutôt la diffusion des phénomènes qu'ils représentent. Il est ainsi possible d'introduire à tout moment au sein des immatriculations neuves un évènement brutal (instauration du pot catalytique par exemple -fig. 342), ou plus progressif mais très rapide (climatisation - fig. 343) ou plus régulier (diésélisation) et d'en étudier la réponse en terme de parc.

Tous les paramètres de calcul du parc n'ont pas la même influence sur les résultats. L'objectif de cette étude de sensibilité est d'essayer d'établir un ordre d'importance des données vis à vis du calcul. Une attention particulière devra par la suite être accordée aux paramètres les plus influents au cours des études qui suivront notre travail. Il serait très intéressant de tester toutes les données pour tous les véhicules, selon toutes les combinaisons possibles. Malheureusement, ce travail nécessite un délai trop important pour être traité dans sa totalité au cours de ce travail mais pourrait faire l'objet d'une recherche à part entière.

### IV.1. Choix des paramètres

La méthode couramment employée consisterait à appliquer le même taux de variation à tous les paramètres et d'analyser les réponses du parc. Cependant, cette formalisation en nous paraît pas des plus judicieuse dans la mesure où les marges de variation ne sont pas équivalentes et dépendent des données étudiées. Nous avons par conséquent testé quatre éléments (pente de croissance des immatriculations futures, coefficients de survie, année d'application d'une norme et kilométrages annuels) en leur appliquant des variations cohérentes basées sur des études déjà réalisées, la plupart du temps par des économistes.

Notons cependant que les variations que nous avons appliquées aux paramètres de calcul représentent des hypothèses d'erreur qui peuvent être modifiées par des changements engendrés par

exemple par des décisions politiques. Ce ne sont par conséquent pour le futur que des variations probables qui ajoute une fragilité supplémentaire à la sensibilité du modèle.

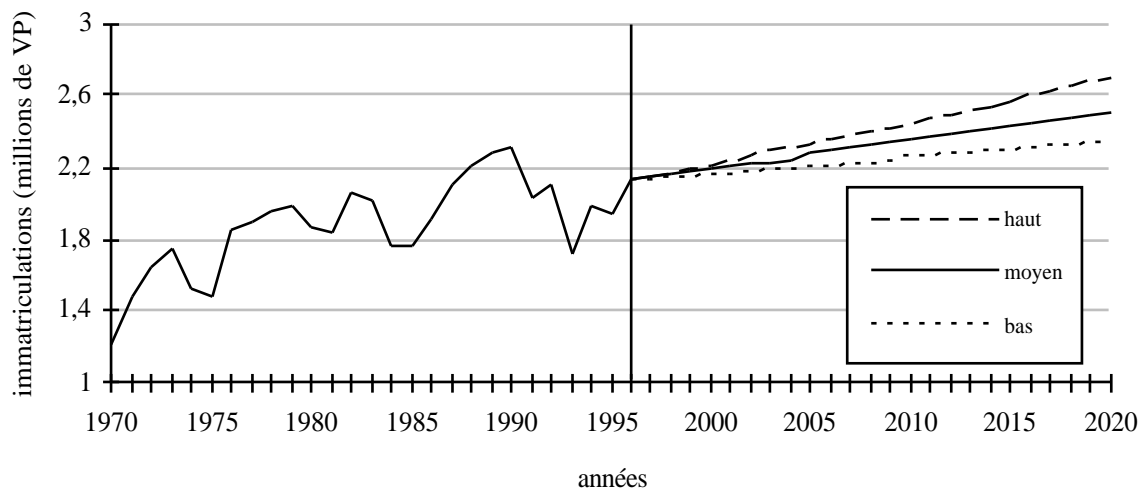


Figure 344 : 3 scenarii d'évolution future des immatriculations neuves

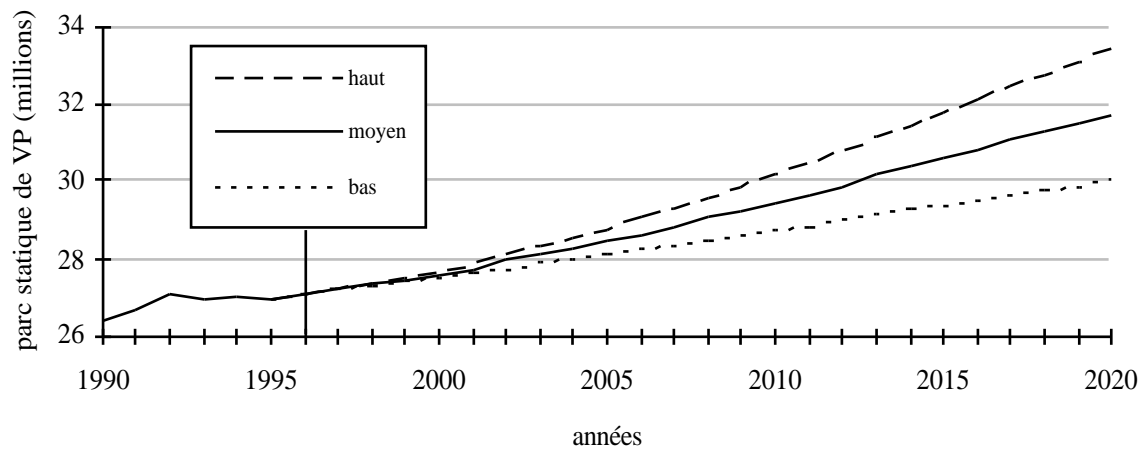


Figure 345 : 3 scenarii correspondants d'évolution future du parc statique de VP

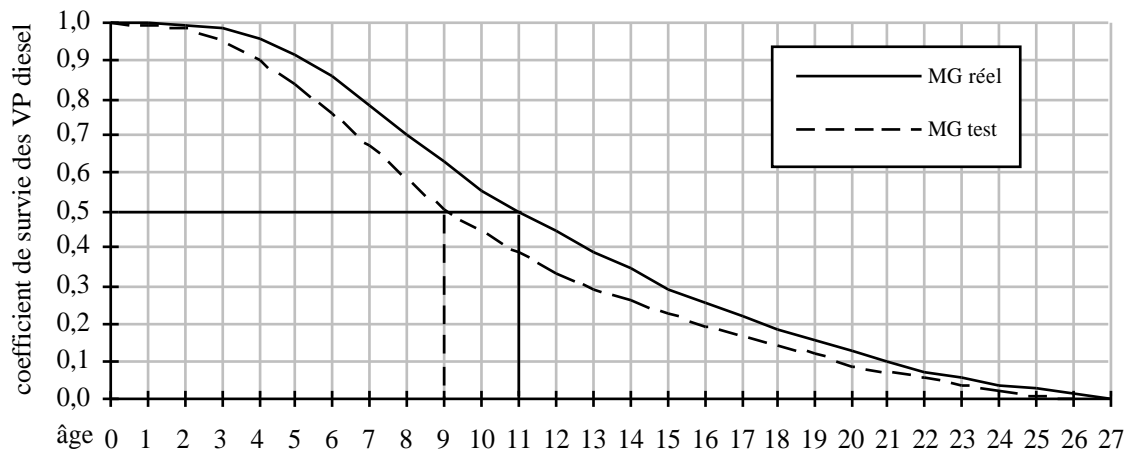


Figure 346 : Comparaison des coefficients de survie des VP diesel (MG=moyenne gamme) réels et abaissés pour le test de sensibilité du modèle de calcul.

#### **IV.1.1 Le taux de diésélisation**

Le taux de diésélisation des immatriculations neuves a déjà été étudié au cours de notre travail (cf. 3P.I.1.8.) : on note une élévation relative de 25,6% de ce taux pour le parc (de 32,5% à 40,8% de diesel soit une augmentation absolue de +8,3%) lorsque l'on double le taux de diésélisation des immatriculations neuves (de 25% à 50%). Nous testerons successivement les quatre paramètres évoqués en conservant le scénario bas de diésélisation des immatriculations neuves fixé à 25% en 2020. Par soucis de simplification, nous avons par conséquent choisi de nous pencher en priorité sur les véhicules particuliers (pour le taux de croissance des immatriculations totales et le kilométrage annuel) et plus particulièrement sur les diesel (coefficient de survie). Pour les trois premiers paramètres (immatriculations, survie et norme), nous ne détaillerons que le parc statique. Les kilométrages annuels n'influencent évidemment que le parc roulant.

#### **IV.1.2. La croissance des immatriculations de VP neufs**

La croissance des immatriculations de véhicules particuliers dans le futur a fait l'objet d'un travail antérieur à l'Inrets (Gallez, 1994) dont nous avons exploité les résultats. La croissance de la demande en automobiles neuves par les ménages était alors évaluée à +0,7% par an, valeur à partir de laquelle nous avons calculé les pentes de croissance de nos six classes de véhicules entre 1996 et 2020 (cf. 2P.I.5.1.). Pour mettre en valeur l'importance de cette pente de croissance vis à vis du parc statique, nous avons repris les calculs avec une variation relative de 43% de la pente de 0,7% (0,7% + ou - 0,3% soit une nouvelle pente de +0,4% ou +1% par an), toujours à partir de 1996. L'évolution de l'effectif total des immatriculations n'influence en rien leur distribution essence-diesel ni celle du parc : seul les effectifs totaux (immatriculations et parcs) sont affectés. Ce sont par conséquent les seuls résultats que nous commenterons ici.

Au niveau des immatriculations neuves, l'écart respectif entre l'effectif obtenu en 2020 à partir de la pente initiale (2,5 millions de véhicules) et ceux calculés à partir des deux nouvelles pentes testées augmente régulièrement jusqu'à atteindre 180 000 véhicules en plus et en moins en 2020 (fig. 344), soit 7% de l'effectif central. Les écarts sont légèrement différents (respectivement +7,4% et -6,9% en 2020) compte tenu du principe d'application des pourcentages.

Le phénomène se reproduit en ce qui concerne les deux nouveaux parcs statiques : un surplus (respectivement déficit) final de 7% des immatriculations neuves en 2020 correspond à 5%

de véhicules en plus (respectivement en moins) au sein du parc statique. L'écart entre les parcs statiques bas et haut par rapport au parc initial atteint 1,7 millions en 2020 (fig. 345), soit, comme nous pouvions nous y attendre, 10 fois plus que l'écart des immatriculations (nous avons constaté précédemment que le parc statique annuel était environ 10 fois supérieur au nombre de véhicules neufs).

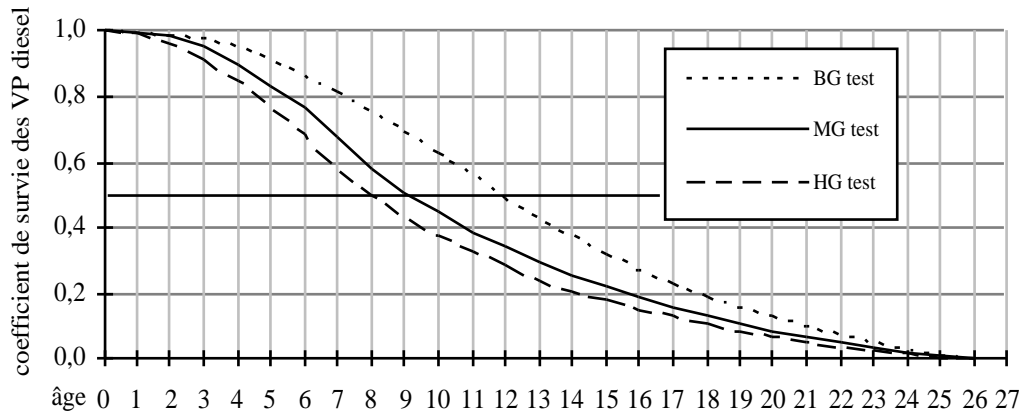


Figure 347 : Nouveaux coefficients de survie des trois gammes de VP diesel (Basse, Moyenne et Haute) abaissés pour le test de sensibilité du modèle de calcul.

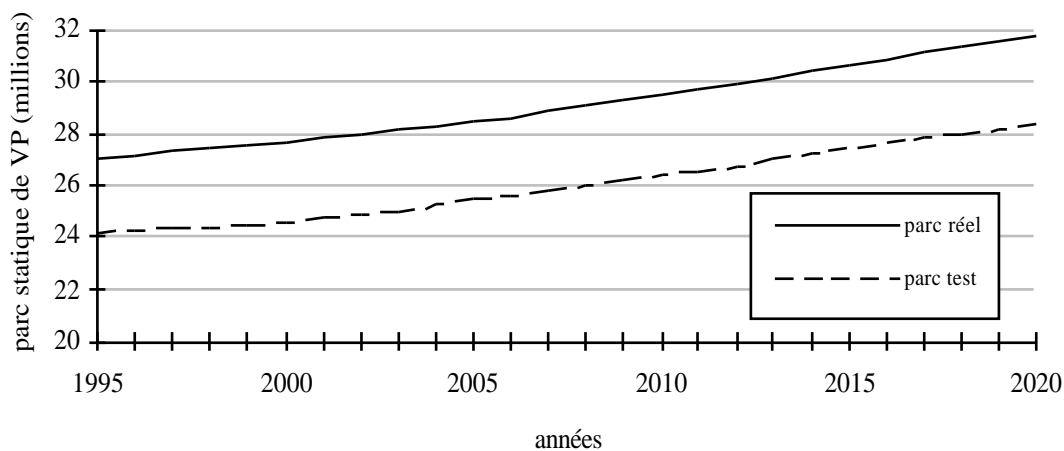


Figure 348 : Parc statique total de VP calculé avec les coefficients de survie réels (parc réel) et les coefficients de survie abaissés (parc test)



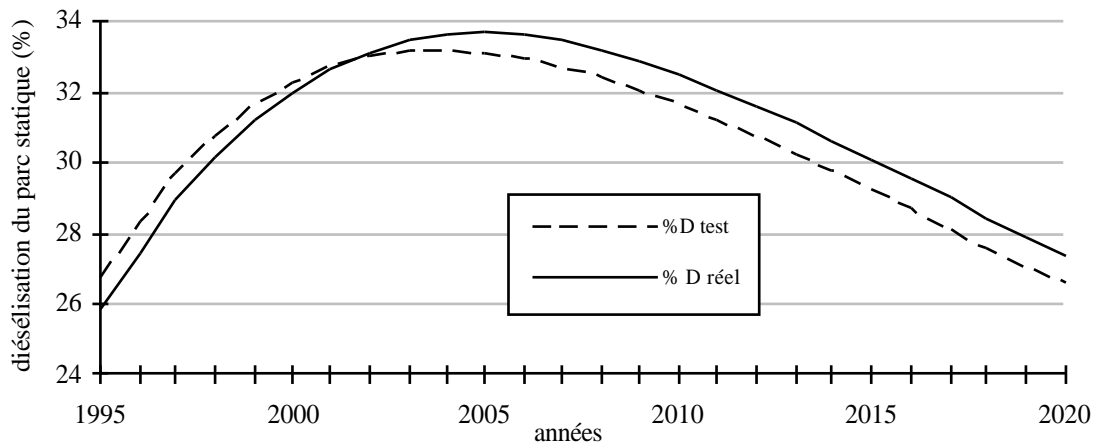


Figure 349 : Comparaison des taux de diésélisation du parc statique de VP calculé avec les deux série de coefficients de survie

### IV.1.3. Les coefficients de survie

Pour toutes les catégories de véhicules, les coefficients de survie ont été considérés comme constants au cours du temps. Sans changer cette hypothèse, nous sommes partis du principe qu'une diminution future des immatriculations de véhicules diesel neufs pouvait avoir deux effets contradictoires sur leur survie selon les mesures politiques prises à leur encontre.

Dans le cas par exemple d'une surtaxation du carburant (gazole), un affaissement des coefficients de survie des diesel (moins de vieux véhicules) est à prévoir, les possesseurs de ce type de véhicules s'en débarrassant (destruction ou vente à l'étranger) pour les remplacer par des versions à essence ; dans la même optique, on peut imaginer par exemple la mise en place d'une prime à la casse pour les diesel. Dans le cas inverse d'une taxation à l'achat sans surtaxe sur le carburant (ce qui ne semble pas être cohérent avec la démarche actuelle) on assisterait au contraire à un glissement de ces coefficients vers des âges plus vieux, les possesseurs de diesel ayant alors tendance à les conserver le plus longtemps possible pour continuer à rouler moins cher.

Il semble évident qu'une lutte contre les diesel telle qu'elle est envisagée à l'heure actuelle risque de combiner entre autres taxation à l'achat et surtaxe du carburant, ce qui peut finalement stabiliser les coefficients de survie à leur niveau actuel. Ne pouvant établir les parts respectives de ces mesures politiques susceptibles d'être prises à l'avenir, nous avons choisi de tester la solution d'un raccourcissement de la survie vers des âges inférieurs pour les trois classes de cylindrée de véhicules particuliers diesel. Nous pourrions ainsi mettre en valeur l'évolution correspondante de la diésélisation du parc mais également la répartition par âge et règlements. De même, les cylindrée, puissance et poids moyens du parc total (tous carburants confondus) seront affectés par une nouvelle répartition essence-diesel. Leur analyse nous est toutefois apparue relativement peu intéressante et nous ne présenterons pas ici de résultats les concernant.

Pour déterminer de nouvelles tendances de survie qui restent logiques, nous nous sommes référés aux travaux déjà effectués dans le passé sur les variations des coefficients de survie des véhicules au cours du temps (Moutardier et Glaude, 1978). Pour deux périodes d'étude distinctes, on s'aperçoit que les coefficients de survie s'écartent l'un de l'autre, sont distants de 2 ans pour la valeur 0,5 (50% de survivants) et s'annulent apparemment (la référence est peu précise) avec un an d'écart.

Nous conservons ainsi les valeurs à l'origine (100% de survivants pour les véhicules de moins de 1 an) mais diminuons de 2 ans (ou 18%) l'âge correspondant à la médiane (50% de survivants), l'âge maximum étant abaissé de 1 an (fig. 346). Nous avons modifié de façon identique les lois de survie des trois classes de cylindrée des véhicules diesel (<1,4L ; 1,4 à 2L et >2L), respectivement équivalentes aux trois gammes commerciales basse (BG), moyenne (MG) et haute (HG) (fig. 347).

---

---

---

---

---

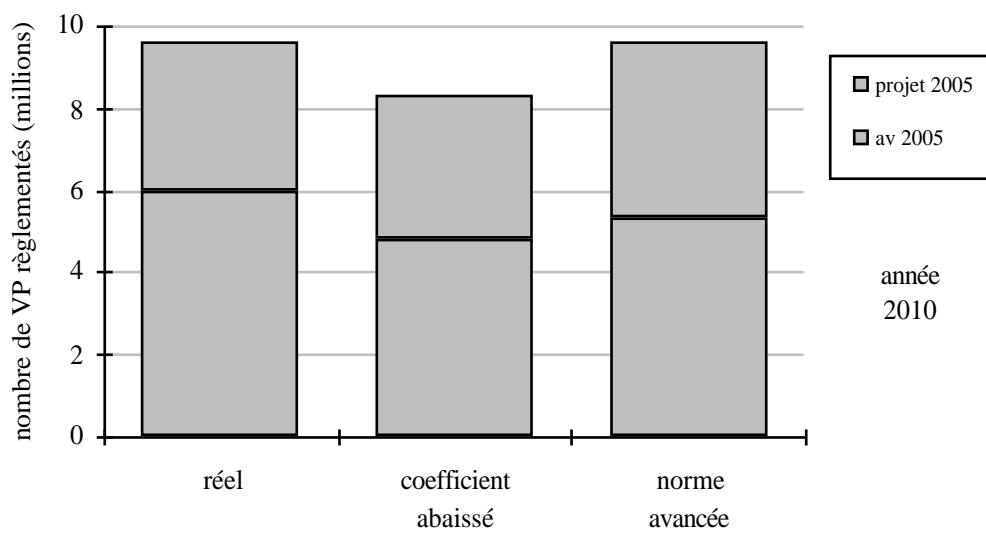


Figure 350 : Comparaison des parts du règlement prévu en 2005 pour les véhicules particuliers diesel suite à l'abaissement du coefficient de survie et à l'avancement de la date d'application.

L'écart le plus important se situe au niveau des véhicules de haut de gamme de 11 ans pour lesquels ont note 13% de survivants en moins par rapport aux séries non modifiées. Pour l'ensemble des véhicules diesel (toutes cylindrées et âges confondus), la survie a diminué d'environ 6% en moyenne.

Après modélisation du parc statique total de véhicules particuliers, celui-ci s'avère plus faible que celui précédemment calculé (fig. 348) puisqu'il est emputé des véhicules diesel qui ont survécu moins longtemps (coefficients de survie abaissés) ; ce sont ainsi 3,3 millions de véhicules qui ont disparus, soit 10,5% du parc initialement calculé. L'écart reste constant pendant toute la période d'étude puisque les coefficients sont stables au cours du temps. Pour les mêmes raisons (survie raccourcie des véhicules diesel), le taux de diésélisation est un peu inférieur, et décallé dans le temps (légèrement en avance sur le taux initial -fig. 349).

La modification des durées de vie des véhicules influence également la distribution du parc statique en fonction des normes européennes sur les gaz d'échappement. En effet, les vieux véhicules disparaissent plus tôt, permettant aux plus récemment règlementés de prendre une plus grande importance au sein du parc. Si l'on se limite à l'observation de l'année 2010 (5 ans après la mise en place du projet de norme "2005"), on constate d'une part que le parc diesel a diminué, ce que nous venons d'arguementé ci-dessus, et d'autre part que la part de la nouvelle norme est pratiquement inchangée en valeur absolue (80 000 véhicules soit un peu moins de 1% du total), prenant une place plus grande au sein du parc diesel (42% contre 38% -fig 350).

#### **IV.1.4. La mise en place d'une directive européenne**

Les véhicules nouvellement immatriculés sont tous soumis à une norme limitant les émissions de polluants atmosphériques par leurs gaz d'échappement, uniformisée dans toute l'Union Européenne. Régulièrement (en moyenne tous les 4 ans pour les véhicules particuliers), cette norme fait l'objet d'une sévèrisation par l'intermédiaire d'une nouvelle directive européenne. En ce qui concerne le futur, deux étapes sont pour le moment évoqués, la première en 2000 et la seconde en 2005. Nous avons pu mettre en évidence la réponse du parc à l'instauration d'une nouvelle norme par l'intermédiaire du pot catalytique 3 voies pour les véhicules particulier à essence, instauré à l'occasion de la directive 91/441 (1992/1993 -fig. 350). La date (année) d'application de ces règlements influence la répartition des véhicules en fonction de la norme à laquelle ils sont soumis au sein de l'ensemble du parc. Nous avons par exemple analysé quelle serait la distribution des normes en 2010 si la norme "2005" était instaurée un an plus tôt. Le parc total diesel reste évidemment inchangé, mais le nouveau règlement, appliqué un an plus tôt, s'applique à un plus grand nombre de véhicules (45% au lieu de 38% -fig. 350). Notons que le décallage de cette norme d'un an revêt plus d'importance vis à vis de la sensibilité du modèle de calcul que le rajeunissement des véhicules diesel présenté ci-dessus.

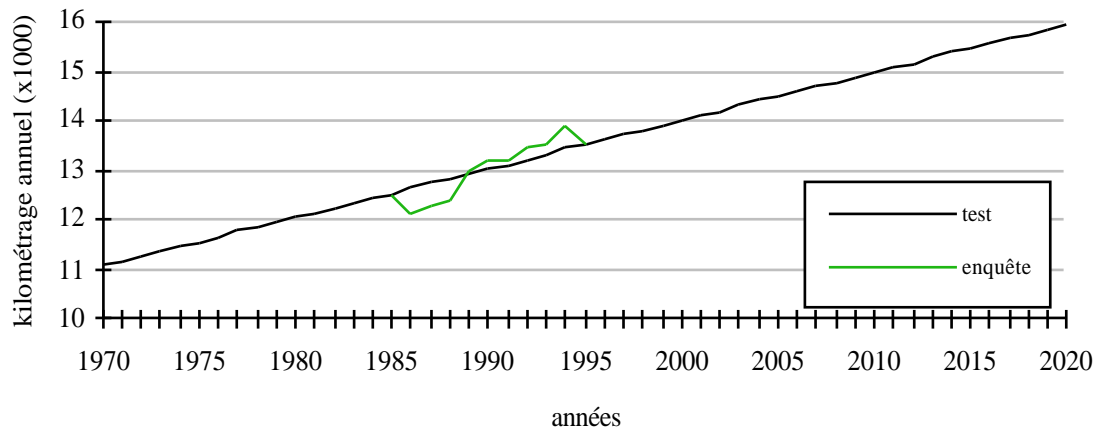


Figure 351 : Scénario d'évolution dans le temps du kilométrage annuel des véhicules particuliers.

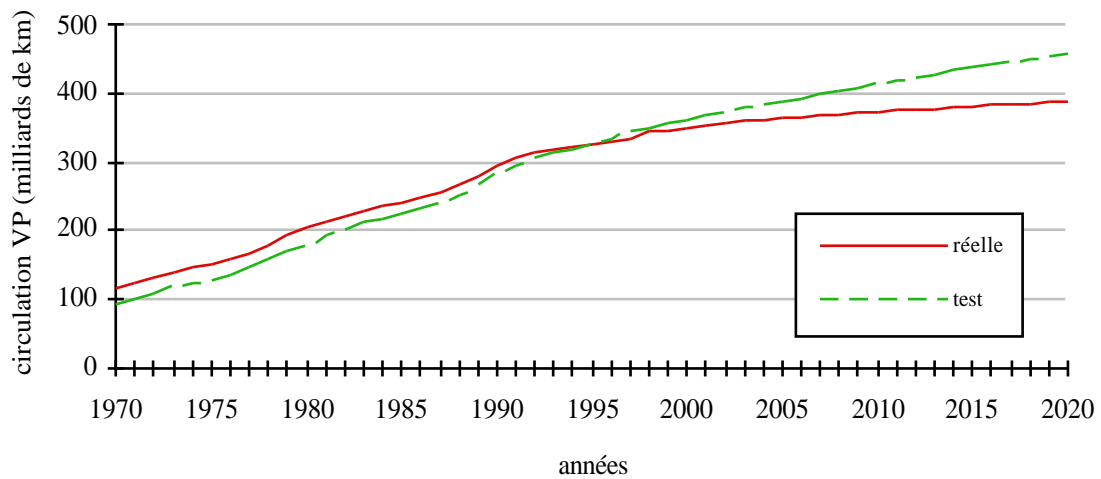


Figure 352 : Évolution de la circulation des véhicules particuliers avant et après modification du kilométrage annuel.

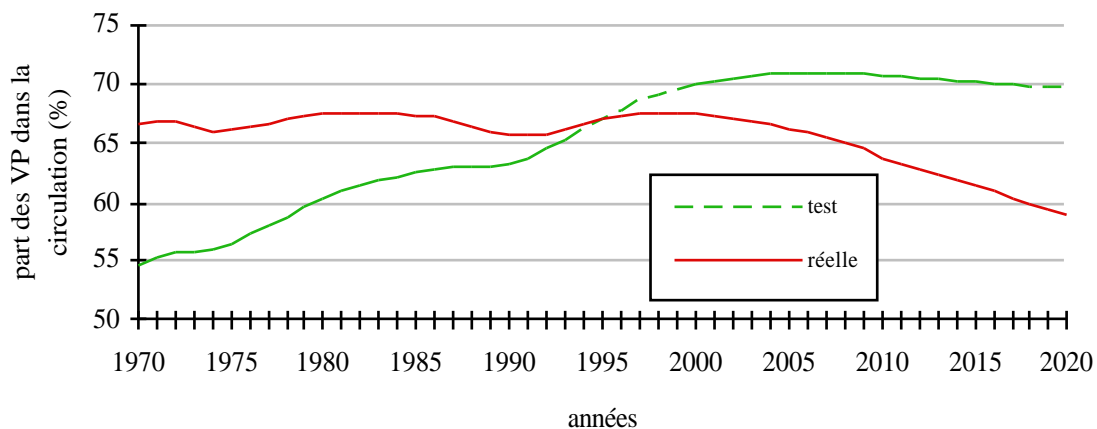


Figure 353 : Évolution de la part de la circulation des véhicules particuliers avant et après modification du kilométrage annuel.

#### IV.1.5. Les kilométrages annuels

Nous partons du principe que l'importance relative des kilométrages annuels entre les différentes classes d'un même type de véhicule (particuliers, utilitaires légers, poids lourds) reste inchangée. Nous avons fait varier le kilométrage annuel global de l'ensemble des véhicules particuliers et analysé les modifications induites au niveau de la structure (VP, VUL, PL) du parc roulant global (toutes voies de circulation confondues). A partir de l'exploitation de l'enquête annuelle effectuée chaque année sur le panel parc-auto de la SOFRES, le calcul des circulations a été reconduit avec deux nouvelles valeurs du kilométrage annuel des véhicules particuliers aux bornes de l'intervalle de confiance (+ ou -1,08% du kilométrage annuel en 1993 -Hivert, 1995). Ce chiffre de 1% paraît très faible mais représente tout de même une circulation importante une fois multipliée par l'ensemble des véhicules particuliers. Ce sont ainsi 4 milliards de kilomètres qui seraient parcourus en plus ou en moins en 2010, correspondant à 0,7% de la circulation totale tous véhicules confondus.

Nous avons jusqu'à maintenant considéré que les kilométrages annuels de tous les véhicules étudiés étaient stables au cours du temps. Pour achever l'étude de l'influence des kilométrages sur la circulation, nous allons faire varier ces kilométrages annuels au cours du temps dans le sens d'une très légère augmentation. Le kilométrage est en effet un paramètre qui ne semble pas pouvoir varier dans une marge très étendue (Hivert, 1995). Pour les véhicules particuliers, le kilométrage annuel a augmenté globalement de près de 1000 km en 10 ans (971 km soit 97,1 km/an), soit un peu moins de 8% (0,8% par an) de la valeur de 1985. D'après les comptes des transports du Ministère des Transports, celui des bus a diminué de près de 3 000 km en 15 ans soit 8% de la valeur de 1985 ; c'est la seule variation dont nous disposons puisque d'après l'enquête de l'OEST sur le transport routier de voyageur (TRV), le kilométrage des bus n'a globalement pas varié au cours de ces 15 dernières années. Enfin pour les camions et les tracteurs routiers, l'enquête TRM de l'OEST met en évidence une augmentation de 41% du kilométrage de 1985 en 10 ans (entre 1985 et 1995) alors que les comptes des transports du Ministère des Transports évaluent cette valeur à 20% du kilométrage de 1985 pour la même période. S'il semble que les tonnages transportés continueront à augmenter dans l'avenir, il y a de fortes chances que le chemin de fer en soit en grande partie bénéficiaire (Officiel des Transporteurs, 1995). Cependant, compte tenu de la politique actuelle des entreprises visant à réduire leur stocks et concentrer de plus en plus leur points de stockage, les taux de chargement devraient diminuer et les distances effectuées par les transporteurs devraient continuer d'augmenter (Blouet, 1996).

Nous avons effectué les premiers calculs pour les véhicules particuliers avec un kilométrage annuel stable et égal à la valeur de 1995 (13 513 km). Si on leur impose une variation annuelle de 97,1 km (fig. 351) entre 1970 et 2020, leur "nouvelle" circulation est inférieure à l'ancienne jusqu'à l'année 1995, ou les deux valeurs du kilométrage (avant et après paramétrage) sont identiques, puis devient supérieure, pour atteindre une augmentation de 40 milliards de kilomètres en 2010 (fig. 352), soit près de 11% de l'ancienne valeur de leur circulation et 7% de l'ancienne valeur de la circulation totale tous véhicules confondus (fig. 353).

paramètres	unité	variation absolue	variation relative (%)
pen­te de croissance des immatriculations	%	+ - 0,3 %	+ - 42,9
taux de diésélisation des immatriculations	%	+ 25 %	+ 100
âge pour le coefficient de survie médian	année	- 2	- 18,2
décalage d'une norme	année	- 1	
kilométrage annuel des VP	km	+ 1456	+ 10,8

paramètres	taux d'influence relative sur les résultats de parc (%)			
	parc total (nb de VP)	taux de diésé­lisation VP (%)	part des VP de norme "2005" (%)	circulation VP+VU (km)
pen­te de croissance des immatriculations	+ - 5	0	0	0
taux de diésélisation des immatriculations	0	+ 8,3	0	0
âge pour le coefficient de survie médian	3	- 0,8	- 4,6	0
décalage d'une norme	0	0	- 7	0
kilométrage annuel des VP	0	0	0	+ 6,8

Tableau 14 : Sensibilité (en %) du modèle de calcul de parc aux variations des différents paramètres en 2010.



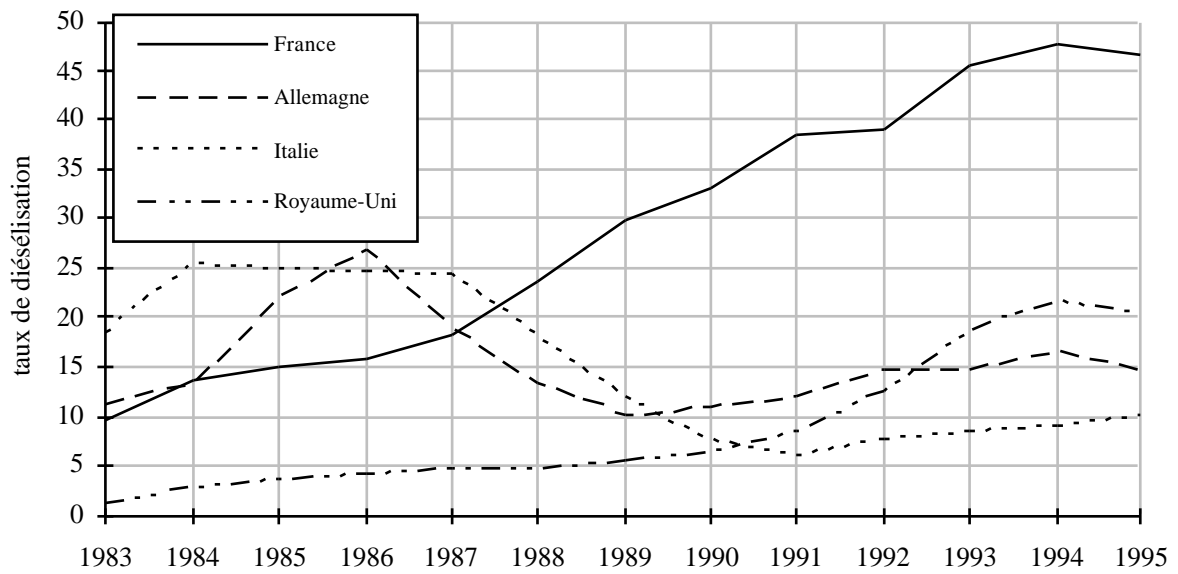


Figure 354 : Évolution des taux de diésélisation des immatriculations neuves de véhicules particuliers dans 4 pays de l'Union Européenne.

## **IV.2. Synthèse des résultats**

Les tests successifs que nous venons de présenter nous permettent de mettre en évidence que tous les paramètres n'ont pas la même influence sur les résultats de calcul du parc (tab. 14 pour l'année 2010 par exemple) ; de plus, ces influences varient en fonction des résultats étudiés. Il est par conséquent difficile d'établir un ordre d'importance unique de ces paramètres, qui varie en fonction de l'étude entreprise (volume du parc, diésélisation...). Ainsi pour les véhicules particuliers, si l'on recherche une connaissance précise de l'effectif total du parc statique, on accordera plus d'importance au coefficient de survie qu'à la pente de croissance des immatriculations neuves. Si c'est le taux de diésélisation qui est étudié en priorité, la diésélisation des immatriculations devra faire l'objet d'une attention particulière.

L'exercice est d'autant plus périlleux que les principes et plages de variations de ces paramètres sont très éloignés les uns des autres (de 1% à 100%). De plus ces marges d'erreur sont assez fragiles dans la mesure où elles ne sont que des hypothèses reposant la plupart du temps sur des observations passées dépendant d'un contexte socio-économique qu'il est très difficile, voir impossible, de prévoir de façon assurée pour l'avenir.

Enfin force est de constater que les hypothèses d'évolution pour l'avenir restent très fragiles dans la mesure où les tendances futures ne sont pas simulables avec certitude compte tenu de tous les facteurs, tant socio-économiques que démographiques ou politiques. Si l'on se penche par exemple sur le taux de diésélisation des immatriculations de véhicules particuliers neufs dans 4 pays européens (fig. 354), il est indéniable que les prévisions qui auraient été effectuées par le passé n'auraient vraisemblablement pas prévu correctement les variations observées. Le cas de la France, pour laquelle on connaît aujourd'hui le taux de diésélisation des véhicules particuliers immatriculés neufs en 1996 (39%), est particulièrement sensible. Si nous avions réalisé des projections quelques années en arrière, il est fort probable que la chute amorcée en 1995 n'ait pas été envisagée, ou du moins pas avec un rythme si rapide. Les résultats de calcul obtenus à partir de ces hypothèses mais également des extrapolations effectuées pour pallier le manque d'informations concernant les paramètres d'entrée, sont à leur tour fragilisés de façon non négligeable.

---

---

---

---

---

## **Conclusion**

D'une manière générale, les évolutions que nous venons de mettre en évidence pour le parc (statique et roulant) reflètent les tendances des immatriculations de véhicules neufs, mais avec un retard et une inertie dus à l'accumulation dans ce parc de véhicules de tous les âges. Les parcs statiques de véhicules légers (particuliers et utilitaires légers) augmentent très fortement depuis 1970, celui des poids lourds connaît un développement oscillant qui lui confère une croissance plus modérée. La prise en compte de l'usage de chacun des véhicules nous permet de mettre en valeur une forte croissance des trafics (parc roulant) en France par rapport à la circulation de 1970, combinant à la fois l'augmentation des effectifs, des usages et parfois des réseaux.



---

---

---

---

---

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail ne saurait se terminer sans prendre un certain recul afin de pouvoir dresser un bilan indispensable, tout d'abord au niveau des résultats, puis des limites du calcul et enfin des développements qu'il serait souhaitable d'envisager.

### Un modèle de calcul : pourquoi ?

Il n'existe en France aucune statistique rigoureuse permettant de dénombrer précisément le parc automobile en circulation et d'en déterminer sa structure. Les documents officiels identifiant les véhicules ne peuvent être utilisés en l'état sans risquer d'introduire des biais importants : d'une part, les véhicules détruits ne font l'objet d'aucune déclaration stricte et sont en grande partie considérés comme en service bien après leur disparition puisque les cartes grises ne sont que rarement retournées aux autorités ; d'autre part tous les véhicules (notamment les plus âgés) ne sont pas soumis à la taxe différentielle annuelle, ce qui nous empêche également de considérer cette source pour établir un dénombrement fiable. Tous les chiffres que l'on peut obtenir à partir de ces sources (carte grise et vignette) ne sont que des approximations du volume global du parc. Un certain nombre d'études exploitent ces informations pour tenter d'en estimer sa structure. Dans la plupart des cas cependant, la validité des résultats ne peut être éprouvée, les méthodes de calcul n'étant pas divulguées et ne donnant lieu à aucune publication. Or la connaissance précise du parc automobile est utile à de nombreux points de vue, tant politiques que sociaux, économiques ou environnementaux.

Cette absence d'information nous a poussé à vouloir déterminer une image de ce parc par modélisation, en privilégiant l'approche technologique sans toutefois ignorer l'aspect socio-économique qui nous sert de point d'appui pour les évolutions globales, afin de connaître en détail la nature des véhicules en circulation sur notre territoire. Son application principale, qui nous a motivé tout au long de ce travail, sera d'établir l'inventaires des émissions de polluants par les transports routiers sur notre territoire. Nous avons essayé de construire un modèle de calcul simple mais proche de la réalité qui nous permette de croiser un certain nombre de paramètres techniques sur une période suffisamment longue pour pouvoir mettre en valeur des tendances intéressantes. Sa structure nous permet à tout moment d'intervenir facilement sur les paramètres actuels d'entrée, qu'il s'agisse de leurs valeurs ou de leurs structure.

Un certain nombre d'applications et d'usages de ce modèle sont déjà envisagés, concernant notamment l'évolution de la climatisation. Tout comme nous caractérisons les véhicules en circulation, nous pourrions déterminer la nature des véhicules mis hors d'usage afin de fournir des éléments de dimensionnement des réseaux de recyclage des diverses pièces mécaniques. Enfin dans un futur proche, le modèle devrait être exploité dans le domaine de l'accidentologie et de la sécurité,

l'objectif étant d'analyser la répartition des véhicules en circulation en fonction de leur carrosserie (tout-terrain, berline, break...), information accessible à partir des immatriculations détaillées par modèle. Il sera ainsi possible d'établir des probabilités de "rencontre" et d'impact entre les différentes silhouettes de véhicules.

Nous avons bâti notre méthodologie de calcul en tenant compte des données disponibles à partir desquelles cette modélisation était envisageable. Nous avons utilisé les effectifs d'immatriculations de véhicules neufs, leur rythme de vieillissement et leur usage annuel. Cependant, compte tenu de la longue période d'étude choisie, nous avons eu besoin d'un historique que nous avons dû parfois reconstituer. De plus, ces informations sont plus ou moins bien connues en fonction des véhicules considérés. Lorsque cela fut nécessaire, nous avons dû avoir recours à des extrapolations parfois basées sur des hypothèses très arbitraires. Ce fut le cas notamment en ce qui concerne les véhicules utilitaires, pour lesquels peu de renseignements sont exploitables et pour lesquels les données sont toujours moins précises que pour les véhicules particuliers.

À partir de nos investigations pour collecter des données concernant les immatriculations de véhicules neufs, nous avons pu établir un historique technologique du marché automobile français, sensiblement différent de celui du parc puisque celui-ci correspond à une accumulation de véhicules neufs et anciens dont les caractéristiques sont dissemblables. Cet historique du marché nous a permis d'établir un certain nombre de projections pour l'avenir grâce auxquelles l'évaluation du parc futur a été possible.

### Des résultats intéressants...

Deux types de parcs ont été distingués : le parc statique, qui correspond simplement au nombre de véhicules en service sur le territoire, et le parc roulant, qui prend en compte l'importance de chacun d'eux en fonction des kilométrages annuels qu'il parcourt, comparés à la moyenne de sa catégorie.

Le parc statique des véhicules particuliers a régulièrement augmenté depuis 1970, mais cette croissance devrait connaître un ralentissement dans le futur, conséquence directe de la saturation que commence à subir la demande en véhicules neufs et qui devrait se prolonger dans l'avenir. En effet, le taux d'équipement semble avoir presque atteint un plafond, les ventes de voitures étant essentiellement gouvernées par le renouvellement des acquis ou l'achat d'un second véhicule. Cette croissance du parc s'est accompagnée dans le passé d'un essor considérable du moteur diesel, qui, apparu à la fin des années 50, équipe en 1995 une voiture neuve sur deux et un bon quart du parc. Cependant, la prise de conscience récente des problèmes liés à l'usage de l'automobile en général et les reproches émis à l'encontre de la motorisation diesel en particulier semblent mettre son avenir en péril : nous avons par conséquent fait l'hypothèse que la diésélisation des immatriculations ne dépasserait pas 25% en 2020. Les nombreux diesel anciens restant toutefois en circulation un certain temps, le taux de diésélisation du parc devrait encore augmenter pendant quelques années avant de redescendre en 2020 à son niveau actuel.

Par contre les véhicules utilitaires légers et poids lourds ne semblent pas connaître cet essoufflement puisque 90% d'entre eux sortent actuellement d'usine équipés de moteur diesel et que ce chiffre devrait être de l'ordre de 95% en 2020 pour les véhicules neufs comme pour le parc. Les véhicules utilitaires légers sont en plein développement, représentant déjà 70% du parc utilitaire en 1970 pour atteindre 90% en 2020. Les camions sont quant à eux progressivement remplacés par les tracteurs routiers dont les poids transportés sont en moyenne plus élevés. Enfin le parc des autobus et autocars ne subit pas de grand changement au cours de la période d'étude.

En ce qui concerne les usages des véhicules, les kilométrages annuels moyens varient assez peu mais leur répartition sur les voies de circulation changent. Qu'il s'agisse des véhicules particuliers ou des véhicules utilitaires, la proportion des parcours réalisés en milieu urbain ne varie pas mais les véhicules y sont de plus en plus nombreux, la circulation augmentant en conséquence. Le phénomène est assez similaire pour le réseau routier, pour lequel le kilométrage annuel moyen a tendance à diminuer au profit de l'autoroute, cela étant compensé cependant par l'accroissement du nombre de véhicules. Enfin la circulation sur autoroute connaît un essor ininterrompu depuis 1970 puisque, à l'augmentation du nombre d'usagers l'empruntant, s'ajoute un allongement du réseau, multipliée par 12 entre 1970 et 2020.

Grâce au modèle "parc", nous avons pu calculer une image des parcs statique et roulant technologiquement très détaillée et basée sur un certain nombre de réalités macroscopiques techniques ou économiques (nature des véhicules neufs, équipement des ménages et kilométrages annuels par exemple). Le parc roulant constitue notamment un résultat d'importance considérable puisque c'est à partir de sa structure que peuvent être réalisés des inventaires précis d'émissions de polluants. Ce modèle constitue un outil de calcul souple qui permet de tester sur le parc l'influence de tous les événements survenant sur le marché de l'automobile, qu'il s'agisse de progrès technologiques ou de décisions envisagées par les pouvoirs politiques.

#### Améliorations et prolongements...

Cependant, l'outil comme les données peuvent encore être améliorés. Les informations disponibles concernant notamment les véhicules utilitaires et leurs usages sont plus que restreintes ; nous avons dû à de nombreuses reprises effectuer des hypothèses et extrapolations qui fragilisent les résultats du calcul. Parmi les difficultés rencontrées au niveau des données, rappelons notamment que :

- la répartition des kilométrages annuels des différents types de poids lourds entre le milieu urbain, la route et l'autoroute est insuffisamment connue : nous l'avons estimée empiriquement suite aux déclarations de quelques professionnels du transport ;

- le poids (PTAC) en charge n'est pas pris en compte comme paramètre technique caractérisant les bus étudiés au cours des enquêtes consacrées à leur usage ;

- le nombre de places assises et la distinction entre autobus et autocars nous ont manqués pour constituer le fichier d'immatriculations de bus neufs ;

- les lois de survie utilisées ici correspondent à la situation d'une année donnée ou à la moyenne d'une période de plusieurs années, ne rendant pas compte d'une éventuelle évolution dans le temps des rythmes de vieillissement.

- les coefficients kilométriques pondérateurs en fonction des âge, taille et carburant des véhicules sont également considérés au cours du calcul comme stables dans le temps, alors que les usages ont probablement évolués dans le passé et risque de varier dans l'avenir.

- les véhicules particuliers neufs équipés d'un système d'alimentation au GPLc ne sont pas distingués des essence dans les immatriculations de véhicules particuliers.

En ce qui concerne les projections futures, il serait intéressant d'envisager en complément un module situé en amont de ce travail pour y intégrer une approche socio-économique des évolutions envisagées dans le domaine de l'automobile.

Au niveau du calcul, les améliorations à apporter concernent surtout les poids lourds : il serait souhaitable notamment de simuler des tendances d'évolution des immatriculations de chaque type de poids lourds en tenant compte des classes de poids, de tester plusieurs scénarii d'évolutions futures de ces mêmes immatriculations et d'intégrer aux extrapolations futures une évolution des puissances réelles. D'autre part il semble aujourd'hui nécessaire d'accorder une importance plus grande au parc des véhicules roulant au GPLc, qui semble actuellement en plein essor, en tenant compte de l'équipement des véhicules anciens qui remplacent des véhicules antérieurement immatriculés dans la catégorie des motorisation à essence.

Enfin il serait intéressant de veiller par la suite à améliorer la convivialité informatique de ce modèle, pour en faire un outil de calcul accessible au plus large éventail d'utilisateurs possible.



---

---

---

---

---

## **LISTE DES SIGLES ET ABBRÉVIATIONS RENCONTRÉS**

AAA	Association Auxiliaire de l'Automobile
Ademe	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
APSAD	Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances Dommages
CCFA	Comité des Constructeurs Français d'Automobiles
CPDP	Comité Professionnel Du Pétrole
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Étude de la Pollution Atmosphérique
CLIP	CLub d'Ingénierie Prospective
COPERT	COmputer Program to calculate Emissions from Road Traffic
CREDOC	Centre de Recherche pour l'ÉtuDe et l'Observation des Conditions de vie
CSTR	Centre de la Sécurité et des Techniques Routières
DEST	Département Économique et Statistique des Transports (INRETS Arcueil)
DSCR	Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière
DTCS	Documentation Technique Circulation Sécurité (SETRA)
FCA	Fichier Central des Automobiles
INRETS	Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
LEN	Laboratoire Énergies et Nuisances (INRETS Bron)
OEST	Observatoire Économique et Statistique des Transports
PSA	Peugeot Société Anonyme
RVI	Renault Véhicule Industriels
SES	Service Economique et Statistique (ex OEST, Ministère des transports)
SETRA	Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes
UFIP	Union Française des Industriels du Pétrole
ch	Cheval dynamique (moteur)
CU	Charge Utile
CV	Cheval Vapeur (fiscal)
EUDC	Extra Urban Driving Cycle
GPL(c)	Gaz de Pétrole Liquéfié carburant
g/km	gramme par kilomètre
g/test	gramme par test
km	kilomètre
km/h	kilomètre par heure
kW	kilowatt
kW/h	kilowatt par heure
PTAC	Poids Total Autorisé en Charge
PTR(A)	Poids Total Roulant (Autorisé)
PL	Poids Lourd

VP	Véhicule Particulier
VU	Véhicule Utilitaire
VUL	Véhicule Utilitaire Léger

---

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Correspondance entre segments et gammes commerciales pour les berlines (d'après Genet, 1996).....	22
Tableau 2 : Classification des véhicules du parc.....	50
Tableau 3 : Estimation des pentes de variation des immatriculations françaises de véhicules particuliers en fonction de leur carburant et de leur cylindrée pour les années 1995 à 2020.....	132
Tableau 4 : Estimation des pentes de variation des immatriculations françaises de véhicules utilitaires légers en fonction de leur carburant et de leur PTAC pour les années 1995 à 2020.....	141
Tableau 5 : Estimation des pentes de variation des immatriculations françaises de poids lourds en fonction de leur catégorie.....	144
Tableau 6 : Limites d'émissions de polluants de la directive 94/12/CE s'appliquant aux 1/1/96 et 1/1/97 aux véhicules particuliers jusqu'au 30.09.1999.....	148
Tableau 7 : Classification des VP concernés par la réglementation Européenne. NM=nouveaux modèles.....	152
Tableau 8 : Distribution des effectifs (en % du total des VP) de véhicules essence et diesel immatriculés en France en 1989 selon leur masse et leur cylindrée.....	152
Tableau 9 : Définition des segments commerciaux (d'après Genet, 1996) et cylindrées moyennes correspondantes calculées.....	180
Tableau 10 : Comparaison des parts de chacun des réseaux dans les kilométrages annuels des véhicules particuliers (en % d'après Madre 1996).....	183
Tableau 11 : Comparaison des parts de chacun des réseaux dans les kilométrages annuels parcourus par les véhicules particuliers (ville V, route R, autoroute A.....)	186
Tableau 12 : Effectifs de VP enquêtés et kilométrages annuels parcourus sur les trois réseaux en 1993 par segment commercial et carburant (d'après Hivert 1995).....	195
Tableau 13 : Comparaisons entre les classes de charge utile et les classes de PTAC pour les camions.....	201
Tableau 14 : Sensibilité (en %) du modèle de calcul de parc aux variations des différents paramètres en 2010.....	320

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Exemple de champs couverts par les enquêtes et panels concernant les véhicules des ménages.....	26
Figure 2 : Courbe logistique (diffusion dans le temps d'un taux d'équipement) (d'après Poluzot, 1970 et Gallez, 1994).....	30
Figure 3 : Diagramme de LEXIS (d'après Pressat, 1981 dans Gallez, 1994).....	32
Figure 4 : Renouvellement du parc automobile d'après Glaude et Moutardier, 1978.....	34
Figure 5 : Exemple de lissage par moyenne mobile sur cinq points (immatriculations de véhicules utilitaires légers diesel entre 1975 et 1985).....	44
Figure 6 : Exemple de régression linéaire (kilométrages annuels en fonction de l'âge d'un véhicule).....	46
Figure 7 : Exemple de régression polynômiale (coefficients d'usage urbain d'un véhicule en fonction de sa cylindrée par rapport à son kilomètre total annuel).....	46
Figure 8 : Exemple de régression exponentielle (kilométrages annuels en fonction de l'âge d'un véhicule).....	46
Figure 9 : Exemple de régression logarithmique (coefficients d'usage autoroutier d'un véhicule en fonction de sa cylindrée par rapport à son kilomètre total annuel).....	46
Figure 10 : Exemple de deux régressions combinées (kilométrages annuels en fonction de l'âge).....	48
Figure 11 : Exemple d'extrapolation linéaire de données inconnues (immatriculations de camions après 1994 en France).....	48
Figure 12 : Données d'immatriculations des véhicules particuliers et utilitaires utilisés pour le calcul des parcs (les pointillés correspondent aux extrapolations).....	58
Figure 13 : Niveau de différenciation des statistiques d'immatriculations de véhicules utilitaires en France entre 1970 et 1994.....	58
Figure 14 : Nombre de véhicules particuliers (VP) et utilitaires (VU) neufs immatriculés en France entre 1944 et 1995.....	60
Figure 15 : Évolution comparée du nombre de véhicules particuliers (VP) et utilitaires (VU) neufs immatriculés en France entre 1944 et 1995.....	60
Figure 16 : Immatriculations de véhicules particuliers neufs en France : comparaison des sources (d'après OEST 1988-1995, CCFA 1986-1995, Couderc 1976-1995).....	62
Figure 17 : Évolution comparée des taux de véhicules particuliers diesel neufs immatriculés en Europe de l'ouest en 1990 et 1995.....	62
Figure 18 : Part des diesel dans les immatriculations de véhicules particuliers neufs.....	62

---

Figure 19 : Véhicules particuliers essence et diesel immatriculés neufs en France.....	64
Figure 20 : Nombre de modèles différents de véhicules particuliers diesel neufs.....	64
Figure 21 : Immatriculations de véhicules particuliers diesel neufs en France : comparaison de deux de nos sources (d'après Argus 1971-1996, OEST 1988-1995).....	64
Figure 22 : Parc statique de véhicules particuliers diesel en France calculé d'après les données de l'Argus de l'automobile et de l'OEST.....	64
Figure 23 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers immatriculés en France.....	66
Figure 24 : Répartition des VP diesel immatriculés en fonction de leur cylindrée.....	66
Figure 25 : Puissance moyenne des véhicules particuliers immatriculés en France.....	66
Figure 26 : Répartition des VP diesel immatriculés en fonction de leur puissance.....	66
Figure 27 : Puissance moyenne et poids à vide moyen des véhicules particuliers diesel immatriculés en France.....	68
Figure 28 : Puissance massique moyenne des véhicules particuliers immatriculés en France....	68
Figure 29 : Évolution des consommations moyennes en ville et pour deux vitesses stabilisées (en km/h) et de la cylindrée pour les véhicules particuliers diesel immatriculés entre 1984 et 1994 .....	68
Figure 30 : Répartition des véhicules particuliers diesel immatriculés en France en fonction de la technologie de leur moteur ((atmo = atmosphérique non catalysé.....	70
Figure 31 : Schéma simplifié de la suralimentation par turbo compresseur d'un moteur diesel (d'après Bonnetain et coll. 1980).....	70
Figure 32 : Schéma simplifié des deux principes d'injection directe et indirecte du gazole dans le moteur diesel (d'après Bonnetain et coll. 1980).....	70
Figure 33 : Nombre de véhicules particuliers essence et diesel immatriculés neufs en France entre 1970 et 1995.....	72
Figure 34 : Répartition des véhicules particuliers essence immatriculés en France en fonction de leur cylindrée (en % du total de VP essence).....	72
Figure 35 : Répartition des véhicules particuliers essence immatriculés en France en fonction de leur puissance (en % du total de VP essence).....	74
Figure 36 : Répartition des véhicules particuliers essence de moins de 70 kW immatriculés en France en fonction de leur puissance (en % du total de VP essence).....	74
Figure 37 : Puissance moyenne et poids à vide moyen des véhicules particuliers à essence immatriculés en France.....	76
Figure 38 : Poids à vide moyen des véhicules particuliers essence et diesel immatriculés en France.....	76

---

Figure 39 : Évolution des consommations moyennes en ville et pour deux vitesses (en km/h) et de la cylindrée pour les véhicules particuliers à essence immatriculés entre 1984 et 1994 .....	76
Figure 40 : Répartition des véhicules particuliers essence immatriculés en France en fonction de la technologie de leur moteur (en % du total de VP essence).....	78
Figure 41 : Schéma simplifié d'un carburateur (double corps) et d'un système d'injection d'essence pour moteur d'automobile (d'après Bosch, 1988).....	78
Figure 42 : Nombre de véhicules particuliers climatisés immatriculés neufs en France.....	82
Figure 43 : Évolution des consommations moyennes en ville et pour deux vitesses (en km/h) et de la cylindrée pour les véhicules particuliers immatriculés entre 1984 et 1994, essence et diesel confondus.....	82
Figure 44 : Distribution des immatriculations des différentes catégories de véhicules utilitaires en France avec extrapolation entre 1949 et 1977 (en % du total).....	84
Figure 45 : Part des véhicules utilitaires légers (VUL) dans les immatriculations totales d'utilitaires en France.....	84
Figure 46 : Part des utilitaires légers (VUL) dans les immatriculations d'utilitaires en France, avec extrapolation pour la période 1948-1977.....	84
Figure 47 : Immatriculations de véhicules utilitaires légers : comparaison des sources entre 1970 et 1982 (d'après OEST 1988 et extrapolations des chiffres de l'Argus).....	86
Figure 48 : Nombre de véhicules utilitaires légers immatriculés en France.....	86
Figure 49 : Taux de diésélisation des véhicules utilitaires légers immatriculés en France.....	86
Figure 50 : Taux de diésélisation des véhicules particuliers (VP) et véhicules utilitaires légers (VUL) immatriculés neufs en France (en % du total de chaque catégorie), avec extrapolation des VUL de 1970 à 1987, avant (réel) et après lissage (lissé).....	88
Figure 51 : Nombre de véhicules utilitaires légers essence et diesel immatriculés neufs en France (en % du total), avec extrapolation entre 1970 à 1987.....	88
Figure 52 : Pourcentages des trois classes de PTAC au sein des immatriculations de véhicules utilitaires légers diesel avec extrapolation entre 1970 et 1986.....	90
Figure 53 : Pourcentages des trois classes de PTAC au sein des immatriculations de VUL essence avec extrapolation entre 1970 et 1986.....	90
Figure 54 : Pourcentages des trois classes de PTAC au sein des immatriculations de l'ensemble des VUL avec extrapolation entre 1970 et 1986.....	90
Figure 55 : Répartition essence-diesel des véhicules utilitaires légers de PTAC < 1,5 t immatriculés neufs en France entre 1970 et 1994.....	92
Figure 56 : Répartition essence-diesel des véhicules utilitaires légers de PTAC compris entre 1,5 et 2,5 t immatriculés neufs en France entre 1970 et 1994.....	92

---

Figure 57 : Répartition essence-diesel des véhicules utilitaires légers de PTAC > 2,5 t immatriculés neufs en France entre 1970 et 1994.....	92
Figure 58 : PTAC moyen des VUL de la classe I (extrapolé entre 1970 et 1986).....	94
Figure 59 : PTAC moyen des VUL de la classe II (extrapolé entre 1970 et 1986).....	94
Figure 60 : PTAC moyen des VUL de la classe III (extrapolé entre 1970 et 1986).....	94
Figure 61 : Évolution du PTAC moyen des VUL (extrapolé entre 1970 et 1986).....	94
Figure 62 : Puissance réelle moyenne des véhicules utilitaires de la classe I extrapolée entre 1970 et 1986.....	96
Figure 63 : Puissance réelle moyenne des véhicules utilitaires de la classe II extrapolée entre 1970 et 1986.....	96
Figure 64 : Puissance réelle moyenne des véhicules utilitaires de la classe III extrapolée entre 1970 et 1986.....	96
Figure 65 : Évolution de la puissance moyenne des véhicules utilitaires légers extrapolée entre 1970 et 1986.....	96
Figure 66 : Comparaison du taux de suralimentation des véhicules particuliers et des utilitaires légers diesel immatriculés en France.....	98
Figure 67 : Évolution comparée du taux d'équipement en pot catalytique des véhicules particuliers et utilitaires légers à essence immatriculés en France.....	98
Figure 68 : Évolution comparée du taux d'équipement en pot catalytique des véhicules utilitaires légers à essence et diesel immatriculés en France.....	100
Figure 69 : Nombre de véhicules utilitaires légers électriques (ELC) ou fonctionnant au GPL immatriculés en France.....	100
Figure 70 : Part des camions dans les immatriculations d'utilitaires en France.....	102
Figure 71 : Part des camions dans les immatriculations d'utilitaires en France, avec extrapolations pour la période 1946-76.....	102
Figure 72 : Immatriculations de camions neufs : comparaison des sources entre 1970 et 1994 (d'après OEST 1988-1995 et extrapolations des chiffres de l'Argus).....	102
Figure 73 : Évolution des trafics terrestres intérieurs de marchandises en France.....	104
Figure 74 : Trafics de marchandises transportées par la route en France et part des poids lourds (CPDP).....	104
Figure 75 : Part des tracteurs routiers (TR) dans les immatriculations d'utilitaires en France avec extrapolation entre 1949 et 1954.....	104
Figure 76 : Part des autobus et autocars dans les immatriculations d'utilitaires en France avec extrapolation entre 1941 et 1954.....	106

---

Figure 77 : Part des breaks (bus < 10 places) dans les immatriculations totales de véhicules particuliers et utilitaires en France avec extrapolation avant 1970 et après 1987.....	107
Figure 78 : Évolution des breaks immatriculés en France (en % du total des bus) avec extrapolation avant 1970 et 1994.....	107
Figure 79 : Évolution des bus immatriculés en France (y compris les bus de moins de 10 places, en % du total des utilitaires) avec extrapolation partielle avant 1970 et après 1987.....	108
Figure 80 : Évolution des bus de plus de 10 places immatriculés en France (en % du total des utilitaires) avec extrapolation partielle avant 1970 et après 1987.....	108
Figure 81 : Part des poids lourds dans les immatriculations d'utilitaires neufs en France avec extrapolation partielle entre 1949 et 1977.....	110
Figure 82 : Distribution des immatriculations de poids lourds selon la catégorie en France avec extrapolation partielle entre 1949 et 1977 (en % du total).....	110
Figure 83 : Évolution du taux de suralimentation des moteurs diesel de PL.....	110
Figure 84 : Évolution du taux de suralimentation des moteurs diesel pour les véhicules utilitaires avec extrapolation avant 1987.....	110
Figure 85 : Évolution du poids total roulant moyen des poids lourds immatriculés en France avec ou sans turbocompresseur.....	112
Figure 86 : Évolution de la puissance moyenne des poids lourds immatriculés en France.....	114
Figure 87 : Taux de diésélisation de l'ensemble des véhicules utilitaires (VU) et des seuls utilitaires légers (VUL) immatriculés en France.....	114
Figure 88 : Immatriculations de véhicules utilitaires diesel et essence neufs en France.....	114
Figure 89 : Immatriculations comparées de véhicules légers (VL=VP+VUL) et de poids lourds (PL) neufs en France.....	116
Figure 90 : Immatriculations de véhicules essence et diesel immatriculés en France.....	116
Figure 91 : Taux de diésélisation des véhicules particuliers (VP), utilitaires légers (VUL) et poids lourds (PL) en France.....	116
Figure 92 : Immatriculations de véhicules diesel particuliers (VP), utilitaires légers (VUL) et poids lourds (PL) en France.....	118
Figure 93 : Immatriculations de véhicules essence particuliers (VP) et utilitaires légers (VUL) en France.....	118
Figure 94 : Puissance moyenne des véhicules légers (VL=VP+VUL) et poids lourds (PL) neufs immatriculés en France.....	119
Figure 95 : Suralimentation des moteurs (essence et diesel confondus) de véhicules légers (VL=VP+VUL) et poids lourds (PL) neufs immatriculés en France avec extrapolation partielle entre 1970 et 1987.....	119



---

Figure 96 : taux de suralimentation des moteurs de véhicules légers (VL=VP+VUL) et lourds (PL) neufs immatriculés en France avec extrapolation partielle entre 1970 et 1987.....	119
Figure 97 : Immatriculations de véhicules légers essence et particuliers diesel catalysés.....	120
Figure 98 : Taux théorique d'équipement des véhicules légers essence et diesel concernés par le pot catalytique immatriculés en France.....	120
Figure 99 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules particuliers neufs en France.....	124
Figure 100 : Évolution future du taux de diésélisation des VP suivant trois scénarii.....	126
Figure 101 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules particuliers essence et diesel neufs en France : scénario bas (S1).....	126
Figure 102 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules particuliers essence et diesel neufs en France : scénario moyen (S2).....	126
Figure 103 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules particuliers essence et diesel neufs en France : scénario haut (S3).....	126
Figure 104 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en % du total) pour les véhicules particuliers diesel immatriculés neufs en France.....	128
Figure 105 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en % du total) pour les véhicules particuliers à essence immatriculés neufs en France.....	128
Figure 106 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers diesel immatriculés neufs en France : scénario bas (S1).....	129
Figure 107 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers à essence immatriculés neufs en France : scénario bas (S1).....	129
Figure 108 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers diesel immatriculés neufs en France : scénario moyen (S2).....	130
Figure 109 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers à essence immatriculés neufs en France : scénario moyen (S2).....	130
Figure 110 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers diesel immatriculés neufs en France : scénario haut (S3).....	131
Figure 111 : Évolution à long terme des parts des trois classes de cylindrée (en effectifs) pour les véhicules particuliers à essence immatriculés neufs en France : scénario haut (S3).....	131
Figure 112 : Évolution à long terme des effectifs de véhicules particuliers équipés de climatisation.....	132

---

Figure 113 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules utilitaires légers neufs en France.....	134
Figure 114 : Évolution à long terme du taux de diésélisation des véhicules utilitaires légers immatriculés neufs en France suivant deux scénari.....	136
Figure 115 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules utilitaires légers essence et diesel neufs en France : scénario haut (S1).....	136
Figure 116 : Évolution à long terme des immatriculations de véhicules utilitaires légers essence et diesel neufs en France : scénario bas (S2).....	136
Figure 117 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en % du total) pour les véhicules utilitaires légers diesel immatriculés neufs en France.....	138
Figure 118 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en % du total) pour les véhicules utilitaires légers à essence immatriculés neufs en France.....	138
Figure 119 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en effectifs) pour les véhicules utilitaires légers diesel immatriculés neufs en France : scénario haut (S1).....	139
Figure 120 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en effectifs) pour les véhicules utilitaires légers à essence immatriculés neufs en France : scénario haut (S1).....	139
Figure 121 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en effectifs) pour les véhicules utilitaires légers diesel immatriculés neufs en France : scénario bas (S2).....	140
Figure 122 : Évolution à long terme des parts des trois classes de PTAC (en effectifs) pour les véhicules utilitaires légers à essence immatriculés neufs en France : scénario bas (S2).....	140
Figure 123 : Évolution à long terme des effectifs de poids lourds par catégorie de véhicule immatriculé neuf en France.....	142
Figure 124 : Évolution à long terme des effectifs de bus de plus de 10 places immatriculés neuf en France.....	142
Figure 125 : Évolution à long terme de la répartition (par type de véhicules) des poids lourds immatriculés neufs en France.....	142
Figure 126 : Évolution à long terme des poids lourds immatriculés neufs en France.....	142
Figure 127 : Parc automobile mondial (d'après Walsh, 1997).....	146
Figure 128 : Apparition successive des polluants dans la réglementation Européenne (date d'application pour tous les véhicules neufs).....	146
Figure 129 : Cycle ECE15.....	148
Figure 130 : Cycle ECE15 + EUDC = NEDC.....	148

---

Figure 131 : Évolution des limites théoriques de CO et HC+NO <sub>x</sub> pour les véhicules particuliers neufs à essence (et diesel à partir de 1986), de masse comprise entre 850 et 1020 kg.....	150
Figure 132 : Évolution des valeurs limites futures de CO et HC+NO <sub>x</sub> pour les véhicules particuliers neufs à essence immatriculés en France.....	150
Figure 133 : Évolution des valeurs limites futures de CO, HC+NO <sub>x</sub> et particules (x10 pour être visibles) pour les véhicules particuliers neufs diesel à injection indirecte immatriculés en France.....	150
Figure 134 : Évolution des limites futures de CO, HC+NO <sub>x</sub> et particules (x10 pour être visibles) pour les véhicules particuliers neufs diesel à injection directe immatriculés en France.....	150
Figure 135 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO et HC+NO <sub>x</sub> pour les véhicules particuliers neufs à essence, de cylindrée inférieure à 1,4 l.....	154
Figure 136 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO et HC+NO <sub>x</sub> pour les véhicules particuliers neufs à essence, de cylindrée comprise entre 1,4 et 2 l.....	154
Figure 137 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO et HC+NO <sub>x</sub> pour les véhicules particuliers neufs à essence, de cylindrée supérieure à 2 l.....	156
Figure 138 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO et HC+NO <sub>x</sub> pour l'ensemble des véhicules particuliers neufs à essence, toutes cylindrées confondues.....	156
Figure 139 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO, HC+NO <sub>x</sub> et particules pour les véhicules particuliers neufs diesel, de cylindrée inférieure à 1,4l.....	158
Figure 140 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO, HC+NO <sub>x</sub> et particules pour les véhicules particuliers neufs diesel, de cylindrée comprise entre 1,4 et 2 l.....	158
Figure 141 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO, HC+NO <sub>x</sub> et particules pour les véhicules particuliers neufs diesel, de cylindrée supérieure à 2 l.....	159
Figure 142 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO, HC+NO <sub>x</sub> et particules pour l'ensemble des véhicules particuliers neufs diesel, toutes cylindrées confondues....	159
Figure 143 : Évolution comparée des limites de CO pour les véhicules particuliers essence et diesel neufs immatriculés en France.....	160
Figure 144 : Évolution comparée des limites de HC (essence seulement) et HC+NO <sub>x</sub> pour les véhicules particuliers essence et diesel (injection directe et indirecte confondues) neufs immatriculés en France.....	160
Figure 145 : Cycle de fonctionnement des moteurs de poids lourds pour la réglementation européenne et coefficients de pondération de chaque point de mesure pour la détermination de la valeur limite moyenne (d'après Pillot, 1991).....	162
Figure 146 : Évolution des valeurs limites d'émissions de CO, HC, NO <sub>x</sub> et particules pour les poids lourds neufs.....	162
Figure 147 : Coefficient de survie des véhicules particuliers essence en fonction de leur âge et de leur gamme (d'après Gallez, 1994).....	166

---

Figure 148 : Coefficient de survie des véhicules particuliers diesel en fonction de leur âge et de leur gamme (d'après Gallez, 1994).....	166
Figure 149 : Coefficients de survie des véhicules particuliers de gamme moyenne (d'après Gallez, 1994).....	166
Figure 150 : Écarts entre les coefficients de survie des véhicules particuliers diesel et essence en France (d'après Gallez, 1994).....	166
Figure 151 : Coefficients de survie des véhicules utilitaires légers en France en 1991.....	168
Figure 152 : Coefficients de survie des camions en France en 1994 : données issues d'enquête (OEST 1995), corrigées puis lissées.....	170
Figure 153 : Coefficients de survie des tracteurs routiers en France en 1995.....	170
Figure 154 : Coefficients de survie des autobus et autocars en France en 1994 extrapolés au delà de 20 ans.....	170
Figure 155 : Coefficients de survie des véhicules légers et lourds .....	173
Figure 156 : Diminution avec l'âge du kilométrage annuel des Véhicules Particuliers (d'après Madre et Maffre 1994).....	178
Figure 157 : Diminution avec l'âge du coefficient d'utilisation des véhicules particuliers avec extrapolation partielle après 20 ans.....	178
Figure 158 : Kilométrages annuels des véhicules particuliers diesel (série haute) et essence (série basse) selon les sources.....	180
Figure 159 : Évolution des kilométrages annuels des véhicules particuliers immatriculés en France (d'après Hivert 1995).....	180
Figure 160 : Kilométrages annuels des véhicules particuliers essence et diesel en fonction de leur cylindrée en 1993 (d'après Hivert 1995).....	182
Figure 161 : Coefficients d'utilisation des véhicules particuliers essence et diesel en fonction de leur cylindrée.....	182
Figure 162 : Kilométrages annuels réalisés par les véhicules particuliers en France selon leur segment pour 1993 (d'après Hivert 1995). Segment B1 et B2 : Bas inférieur et supérieur.....	182
Figure 163 : Kilométrages annuels réalisés en ville par les véhicules particuliers en France en 1993 (d'après Hivert 1995).....	184
Figure 164 : Kilométrages annuels réalisés sur route par les véhicules particuliers en France en 1993 (d'après Hivert 1995).....	184
Figure 165 : Kilométrages annuels réalisés sur autoroute par les véhicules particuliers en France en 1993 (d'après Hivert 1995).....	184
Figure 166 : Utilisation des véhicules particuliers essence sur les trois types de réseaux français en fonction de leur cylindrée en 1993 (route R, ville V, autoroute A).....	186

---

Figure 167 : Utilisation des véhicules particuliers diesel sur les trois types de réseaux routiers français en fonction de leur cylindrée en 1993 (route R, ville V, autoroute A).....	186
Figure 168 : Comparaison des kilométrages effectués sur autoroutes par les véhicules particuliers du parc français (en % du kilométrage total annuel).....	188
Figure 169 : Évolution du réseau autoroutier français (concédé et non concédé confondus) et du coefficient d'utilisation des VP sur autoroute (d'après le Breton 1996 et Madre 1996).....	188
Figure 170 : Évolution du réseau autoroutier français (concédé et non concédé confondus) et du coefficient d'utilisation des VP sur autoroute (d'après Danin 1996).....	188
Figure 171 : Répartition des kilométrages annuels effectués par les véhicules particuliers sur trois types de voies entre 1970 et 2020.....	190
Figure 172 : Évolution de chaque réseau par rapport à la situation de 1994.....	190
Figure 173 : Évolution du kilométrage annuel parcouru par les véhicules utilitaires légers en France (d'après Insee 1995).....	190
Figure 174 : Évolution du coefficient d'utilisation avec l'âge pour les véhicules utilitaires légers immatriculés en France en 1991 (d'après OEST/Decure 1995).....	192
Figure 175 : Évolution comparée de la diminution du coefficient d'utilisation avec l'âge pour les VUL et VP immatriculés en France.....	192
Figure 176 a et b : kilométrage annuel des véhicules utilitaires légers en fonction de leur PTAC et de leur carburant en 1986 et 1991 (d'après OEST/Decure 1995).....	192
Figure 177 a et b : kilométrage annuel et coefficient d'utilisation des véhicules utilitaires légers selon leur PTAC et carburant en 1991 (d'après OEST/Decure 1995).....	192
Figure 178 : kilométrage annuel des véhicules particuliers et utilitaires légers essence et diesel en 1991 (d'après OEST/Decure 1995).....	194
Figure 179 a et b : kilométrage annuel des véhicules particuliers (en 1993) et utilitaires légers (en 1991) essence et diesel pour les trois classes de véhicules (1=BG et PTAC<1,5t.....	194
Figure 180 a et b : kilométrages parcourus sur le réseau français par les véhicules particuliers en 1993 en fonction de leur segment et de leur carburant.....	194
Figure 181 a et b : coefficient d'utilisation sur le réseau français des véhicules utilitaires légers en fonction de leur PTAC et de leur carburant. V = ville.....	194
Figure 182 : Comparaison des kilométrages annuels des camions immatriculés en France (d'après OEST/Decure, 1995 et Commission des comptes des transports , 1994)..	198
Figure 183 : Kilométrage annuel des camions immatriculés en France selon leur charge utile (c.u.) (d'après OEST/Decure 1995).....	198
Figure 184 : Équivalence entre PTAC et charge utile (en t) pour les camions.....	198

---

Figure 185 : Kilométrages annuels des camions en France calculé pour chaque classe de PTAC.....	200
Figure 186 : Kilométrages annuels des poids lourds en France pour chaque classe de PTAC comparaison des sources (OT : Officiel des transporteurs).....	200
Figure 187 : Kilométrages annuels des poids lourds en France pour chaque classe de PTAC 200	
Figure 188 : Coefficient d'utilisation des camions en France en 1994 en fonction du PTAC.valeurs réelles (D), interpolation (droite) et valeurs intégrées au calcul (o)..	200
Figure 189 : Kilométrages annuels des camions immatriculés en France selon leur âge (d'après OEST/Decure 1995).....	202
Figure 190 : Coefficients d'utilisation des camions en France en fonction de leur âge.....	202
Figure 191 : Utilisation des camions et tracteurs routiers français sur les trois différents réseaux routiers.....	204
Figure 192 : Comparaison des kilométrages annuels des autobus et autocars immatriculés en France selon les sources (d'après OEST/Rouxel (TRV), 1994 et Commission des comptes des transports, 1994).....	204
Figure 193 : Évolution de l'utilisation des bus et cars en fonction de leur âge (d'après OEST/Rouxel, 1995).....	206
Figure 194 : coefficient d'utilisation des bus et cars en fonction de leur âge.....	206
Figure 195 : Utilisation des bus et cars français sur les différents réseaux routiers.....	206
Figure 196 : Évolution du parc statique en France par rapport à 1970 (100%).....	210
Figure 197 : Parc statique total en France réparti par catégorie de véhicules.....	210
Figure 198 : Immatriculations neuves et parc statique de véhicules particuliers en France entre 1970 et 2020.....	212
Figure 199 : Taux de désélimination des immatriculations neuves (S1) et du parc statique de véhicules particuliers.....	212
Figure 200 : Répartition essence - diesel des véhicules du parc statique (S1).....	212
Figure 201 : Répartition du parc statique de véhicules particuliers à essence selon leur classe de cylindrée (S1).....	214
Figure 202 : Répartition du parc statique de véhicules particuliers diesel selon leur classe de cylindrée (S1) .....	214
Figure 203 : Répartition du parc statique total de véhicules particuliers selon leur classe de cylindrée (S1) .....	214
Figure 204 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers à essence et diesel du parc statique (S1).....	216

---

Figure 205 : Puissance réelle moyenne des véhicules particuliers à essence et diesel du parc statique (S1).....	216
Figure 206 : Répartition du parc statique total de véhicules particuliers selon les directives Européennes.....	217
Figure 207: Répartition du parc statique de véhicules particuliers à essence selon les directives Européennes.....	217
Figure 208 : Répartition du parc statique de véhicules particuliers diesel selon les directives Européennes.....	218
Figure 209 : Répartition du parc statique de véhicules particuliers selon leur âge.....	218
Figure 210 : Développement du pot catalytique des véhicules particuliers.....	220
Figure 211 : Taux de suralimentation des véhicules particuliers du parc statique (S1).....	220
Figure 212 : Comparaison du taux de véhicules particuliers équipés de la climatisation dans le parc statique et pour les immatriculations neuves.....	220
Figure 213 : Évolution du nombre de véhicules particuliers équipés de la climatisation dans le parc statique et les immatriculations neuves.....	220
Figure 214 : Rythme de disparition des voitures hors d'usage (VHU).....	222
Figure 215 : Évolution comparée de la diésélisation du parc statique de véhicules particuliers suivant les trois scénarii de diésélisation des immatriculations neuves.....	222
Figure 216 : Age moyen du parc statique de véhicules particuliers entre 1970 et 1994.....	222
Figure 217 : Répartition essence - diesel des véhicules du parc statique (S3).....	222
Figure 218 : Répartition des véhicules du parc statique selon leur cylindrée (S3).....	224
Figure 219 : Cylindrée moyenne des véhicules du parc statique calculée avec les trois scénarii.....	224
Figure 220 : Puissance moyenne des véhicules du parc statique calculée avec les trois scénarii.....	224
Figure 221 : Comparaisons des estimations de parc statique de véhicules particuliers en France selon différentes sources statistiques.....	226
Figure 222 : Comparaison des taux de diésélisation du parc statique de véhicules particuliers en France selon différentes sources statistiques.....	226
Figure 223: Comparaison des projections estimées pour le parc statique futur en France.....	228
Figure 224: Comparaison des projections estimées pour le taux de diésélisation du parc futur de véhicules particuliers en France.....	228
Figure 225 : Répartition des véhicules utilitaires du parc statique selon leur catégorie.....	232

---

Figure 226 : Immatriculations neuves et parc statique de véhicules utilitaires légers (VUL) en France entre 1970 et 2020.....	232
Figure 227 : Taux de diésélisation des immatriculations neuves et du parc statique de véhicules utilitaires légers (VUL) (S1).....	232
Figure 228 : Répartition essence-diesel des véhicules utilitaires légers (VUL) du parc statique (S1).....	232
Figure 229 : Répartition des véhicules utilitaires légers (VUL) à essence du parc statique selon leur PTAC (S1).....	234
Figure 230 : Répartition des véhicules utilitaires légers (VUL) diesel du parc statique selon leur PTAC (S1).....	234
Figure 231 : Répartition des véhicules utilitaires légers (VUL) du parc statique total selon leur PTAC (S1).....	234
Figure 232 : PTAC moyen des utilitaires légers (VUL) du parc statique (S1).....	236
Figure 233 : Puissance réelle moyenne des utilitaires légers (VUL) du parc (S1).....	236
Figure 234 : Développement du pot catalytique sur le marché des utilitaires légers.....	236
Figure 235 : Taux de suralimentation comparés des véhicules particuliers (VP) et utilitaires légers (VUL) diesel du parc statique (S1 pour chacun).....	236
Figure 236 : Répartition du parc statique de véhicules utilitaires légers selon leur âge.....	238
Figure 237 : Répartition du parc statique de véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel selon la réglementation européenne.....	240
Figure 238 : Répartition du parc statique de véhicules utilitaires légers de classe I à essence selon la réglementation européenne.....	240
Figure 239 : Répartition du parc statique de véhicules utilitaires légers de classe I diesel selon la réglementation européenne.....	240
Figure 240 : Répartition du parc statique de véhicules utilitaires légers de classe II et III essence et diesel selon la réglementation européenne.....	241
Figure 241 : Même répartition du parc statique de VUL de classe II et III essence.....	241
Figure 242 : Même répartition du parc statique de VUL de classe II et III diesel.....	241
Figure 243 : Évolution comparée de la diésélisation du parc de véhicules utilitaires légers (VUL) selon les deux scénarii de diésélisation des immatriculations neuves.....	242
Figure 244 : Répartition essence-diesel des utilitaires légers du parc statique (S2).....	242
Figure 245 : PTAC moyen des véhicules utilitaires légers du parc statique calculé avec les deux scénarii.....	242
Figure 246 : Puissance réelle moyenne des véhicules utilitaires légers du parc statique calculée avec les deux scénarii.....	242



---

Figure 247 : Comparaison des estimations françaises du parc statique total de véhicules utilitaires légers.....	244
Figure 248 : Comparaison des estimations françaises du parc statique diesel de véhicules utilitaires légers.....	244
Figure 249 : Parc statique et immatriculations de poids lourds neufs entre 1970 et 2020.....	246
Figure 250 : Parcs statiques respectifs des 3 catégories de poids lourds.....	246
Figure 251 : Répartition des poids lourds du parc statique selon leur catégorie.....	246
Figure 252 : Répartition des poids lourds du parc statique selon leur poids.....	249
Figure 253 : Évolution du poids total (PTAC ou PTR) des poids lourds du parc statique.....	249
Figure 254 : Évolution de la puissance réelle des poids lourds du parc statique.....	249
Figure 255 : Taux de suralimentation des poids lourds du parc statique.....	252
Figure 256 : Répartition du parc statique de camions selon leur âge.....	252
Figure 257 : Répartition du parc statique de tracteurs routiers selon leur âge.....	252
Figure 258 : Répartition du parc statique de bus et cars selon leur âge.....	252
Figure 259 : Ages moyens comparés des parcs statiques de poids lourds.....	254
Figure 260 : Répartition du parc statique de poids lourds selon leur poids et la réglementation Européenne.....	254
Figure 261 : Répartition du parc statique de poids lourds en 1997 selon leur poids et la réglementation Européenne.....	254
Figure 262: Comparaison des estimations françaises du parc statique des camions.....	256
Figure 263 : Comparaison des estimations françaises du parc statique des tracteurs routiers.	256
Figure 264: Comparaison des estimations françaises du parc statique des bus et cars.....	256
Figure 265: Comparaison des projections de parc statique de poids lourds en France.....	258
Figure 266 : Évolution du parc roulant total en France par rapport à 1970 (100%).....	262
Figure 267 : Évolution du parc roulant global en France par rapport à 1970 (100%) réparti par catégorie de véhicules.....	262
Figure 268 : Parc roulant global en France réparti par catégorie de véhicules.....	263
Figure 269 : Parc roulant global de poids lourds en France réparti par catégorie.....	263
Figure 270 : Parc roulant global essence/diesel des véhicules légers (VL=VP+VUL).....	264
Figure 271 : Parc roulant global des véhicules particuliers réparti par classe de cylindrée et carburant.....	264

---

Figure 272 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers du parc roulant global.....	264
Figure 273 : Parc roulant global des véhicules utilitaires légers réparti par classe de poids et carburant.....	266
Figure 274 : PTAC moyen des véhicules utilitaires légers du parc roulant global.....	266
Figure 275 : Répartition du parc roulant total des véhicules particuliers essence et diesel confondus en fonction de la réglementation européenne.....	268
Figure 276 : Répartition du parc roulant total des véhicules particuliers à essence en fonction de la réglementation européenne.....	268
Figure 277 : Répartition du parc roulant total des véhicules particuliers diesel en fonction de la réglementation européenne.....	268
Figure 278 : Répartition du parc roulant total des véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel en fonction de la réglementation européenne.....	270
Figure 279 : Répartition du parc roulant total des véhicules utilitaires légers de classe I essence en fonction de la réglementation européenne.....	270
Figure 280 : Répartition du parc roulant total des véhicules utilitaires légers de classe I diesel en fonction de la réglementation européenne.....	271
Figure 281 : Parc roulant global des poids lourds réparti par classe de poids.....	272
Figure 282 : Poids moyen des poids lourds du parc roulant global.....	272
Figure 283 : Parc roulant global des poids lourds réparti par classe d'âge.....	274
Figure 284 : Parc roulant global des poids lourds réparti par règlement européen.....	274
Figure 285 : Parc roulant tous véhicules confondus réparti par zone en pourcentage des parcs urbain, routier et autoroutier de 1970.....	276
Figure 286 : Parc roulant tous véhicules confondus réparti par zone.....	276
Figure 287 : Parc roulant des véhicules particuliers réparti par zone.....	278
Figure 288 : Parc roulant des véhicules utilitaires légers réparti par zone.....	278
Figure 289 : Parc roulant des camions réparti par zone.....	278
Figure 290 : Parc roulant des tracteurs routiers réparti par zone.....	279
Figure 291 : Parc roulant des bus et cars réparti par zone.....	279
Figure 292 : Évolution du parc roulant urbain en France par rapport à 1970 (100%) réparti par catégorie de véhicules.....	280
Figure 293 : Parc roulant urbain en France réparti par catégorie de véhicules.....	280
Figure 294 : Parc roulant urbain en France réparti par catégorie de poids lourds.....	280

---

Figure 295 : Parc roulant urbain essence/diesel des véhicules légers (VL=VP+VUL).....	282
Figure 296 : Parc roulant urbain des véhicules particuliers réparti par classe de cylindrée et carburant.....	282
Figure 297 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers du parc roulant urbain.....	282
Figure 298 : Parc roulant urbain des véhicules utilitaires légers réparti par classe de poids et carburant.....	284
Figure 299 : PTAC moyen des véhicules utilitaires légers du parc roulant urbain.....	284
Figure 300 : Répartition du parc roulant urbain des véhicules particuliers essence et diesel en fonction des réglementations européennes.....	284
Figure 301 : Répartition du parc roulant urbain des véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel en fonction des réglementations européennes.....	286
Figure 302 : Parc roulant urbain des poids lourds réparti par classe de poids.....	286
Figure 303 : Poids moyen des poids lourds du parc roulant urbain.....	286
Figure 304 : Parc roulant urbain des poids lourds réparti par classe d'âge.....	288
Figure 305 : Parc roulant urbain des poids lourds réparti par règlements européens.....	288
Figure 306 : Évolution du parc roulant routier en France par rapport à 1970 (100%) réparti par catégorie de véhicules.....	290
Figure 307 : Parc roulant routier en France réparti par catégorie de véhicules.....	290
Figure 308 : Parc roulant routier en France réparti par catégorie de poids lourds.....	290
Figure 309 : Parc roulant routier essence/diesel des véhicules légers (VL=VP+VUL).....	292
Figure 310 : Parc roulant routier des véhicules particuliers réparti par classe de cylindrée et carburant.....	292
Figure 311 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers du parc roulant routier.....	292
Figure 312 : Parc roulant routier des véhicules utilitaires légers réparti par classe de poids et carburant.....	293
Figure 313 : PTAC moyen des véhicules utilitaires légers du parc roulant routier.....	293
Figure 314 : Répartition du parc roulant routier des véhicules particuliers essence et diesel en fonction des réglementations européennes.....	293
Figure 315 : Répartition du parc roulant routier des véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel en fonction des réglementations européennes.....	294
Figure 316 : Parc roulant routier des poids lourds réparti par classe de poids.....	294
Figure 317 : Poids moyen des poids lourds du parc roulant routier.....	294

---

Figure 318 : Parc roulant routier des poids lourds réparti par classe d'âge.....	296
Figure 319 : Parc roulant routier des poids lourds réparti par règlements européens.....	296
Figure 320 : Évolution du parc roulant autoroutier en France par rapport à 1970 (100%) réparti par catégorie de véhicules.....	296
Figure 321 : Parc roulant autoroutier en France réparti par catégorie de véhicules.....	298
Figure 322 : Parc roulant autoroutier en France réparti par catégorie de poids lourds.....	298
Figure 323 : Parc roulant autoroutier essence/diesel des véhicules légers (VL=VP+VUL).....	298
Figure 324 : Parc roulant autoroutier des véhicules particuliers réparti par classe de cylindrée et carburant.....	299
Figure 325 : Cylindrée moyenne des véhicules particuliers du parc roulant autoroutier.....	299
Figure 326 : Parc roulant autoroutier des véhicules utilitaires légers réparti par classe de poids et carburant.....	300
Figure 327 : PTAC moyen des véhicules utilitaires légers du parc roulant autoroutier.....	300
Figure 328 : Répartition du parc roulant autoroutier des véhicules particuliers essence et diesel en fonction des réglementations européennes.....	300
Figure 329 : Répartition du parc roulant autoroutier des véhicules utilitaires légers de classe I essence et diesel en fonction des réglementations européennes.....	302
Figure 330 : Parc roulant autoroutier des poids lourds réparti par classe de poids.....	302
Figure 331 : Poids moyen des poids lourds du parc roulant autoroutier.....	302
Figure 332 : Parc roulant autoroutier des poids lourds réparti par classe d'âge.....	304
Figure 333 : Parc roulant autoroutier des poids lourds réparti par règlement européen.....	304
Figure 334 : Kilométrages annuels des 5 types de véhicules du parc roulant.....	306
Figure 335 : Évolution des kilométrages annuels des véhicules légers et poids lourds.....	306
Figure 336 : Circulation des véhicules routiers en France.....	306
Figure 337 : Circulation des véhicules routiers en France sur les trois réseaux.....	306
Figure 338 : Circulation de véhicules particuliers (VP) et véhicules utilitaires légers (VUL) en France selon deux sources.....	308
Figure 339 : Circulation des poids lourds (PL) en France selon deux sources.....	308
Figure 340 : Circulation des camions en France selon deux sources.....	308
Figure 341 : Circulation des autobus en France selon deux sources.....	308
Figure 342 : Développement du pot catalytique des véhicules particuliers.....	310

Figure 343: Comparaison du taux de véhicules particuliers équipés de la climatisation dans le parc statique et pour les immatriculations neuves.....	310
Figure 344 : 3 scenarii d'évolution future des immatriculations neuves.....	312
Figure 345 : 3 scenarii correspondants d'évolution future du parc statique de VP.....	312
Figure 346 : Comparaison des coefficients de survie des VP diesel (MG=moyenne gamme) réels et abaissés pour le test de sensibilité du modèle de calcul.....	312
Figure 347 : Nouveaux coefficients de survie des trois gammes de VP diesel (Basse, Moyenne et Haute) abaissés pour le test de sensibilité du modèle de calcul.....	314
Figure 348 : Parc statique total de VP calculé avec les coefficients de survie réels (parc réel) et les coefficients de survie abaissé (parc test).....	314
Figure 349 : Comparaison des taux de diésélisation du parc statique de VP calculé avec les deux série de coefficients de survie.....	314
Figure 350 : Comparaison des parts du règlement prévu en 2005 pour les véhicules particuliers diesel suite à l'abaissement du coefficient de survie et à l'avancement de la date d'application.....	316
Figure 351 : Scénario d'évolution dans le temps du kilométrage annuel des véhicules particuliers.....	318
Figure 352 : Évolution de la circulation des véhicules particuliers avant et après modification du kilométrage annuel.....	318
Figure 353 : Évolution de la part de la circulation des véhicules particuliers avant et après modification du kilométrage annuel.....	318
Figure 354 : Évolution des taux de diésélisation des immatriculations neuves de véhicules particuliers dans 4 pays de l'Union Européenne.....	320



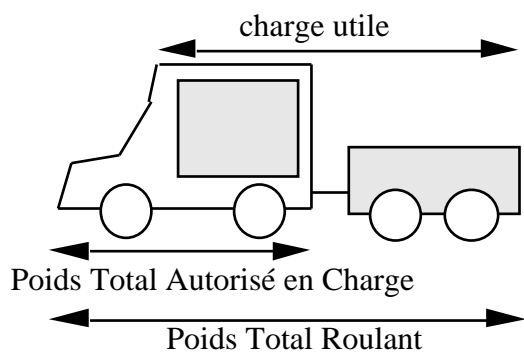
---

**ANNEXES**



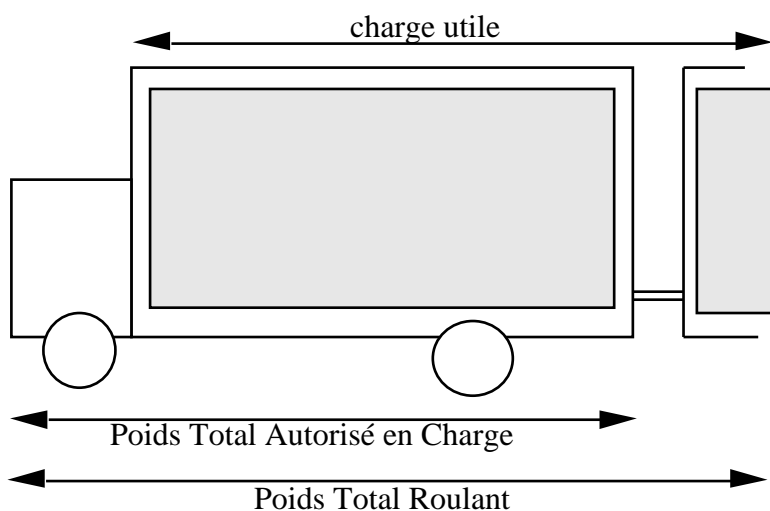


ANNEXE I : Véhicules utilitaires légers et poids lourds utilisés pour le transport de marchandises et poids réglementaires.

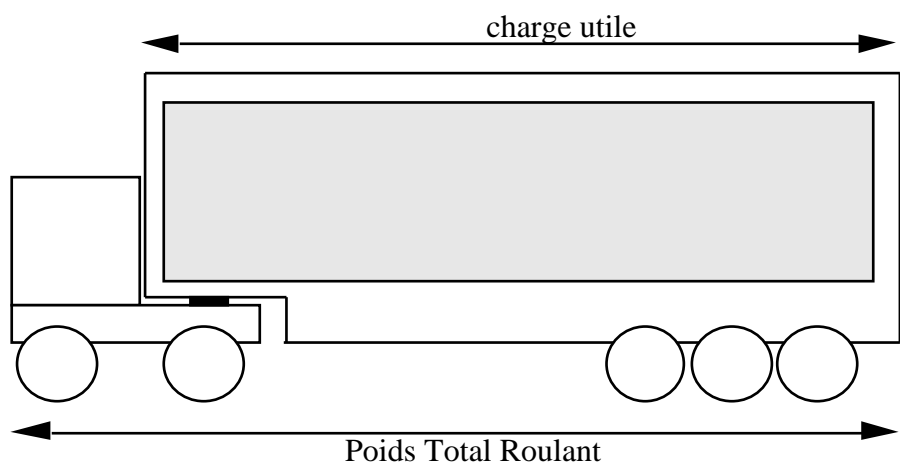


*Poids Total Autorisé en Charge = PTAC*  
*Poids Total Roulant = PTR*  
*charge utile = c. u.*

VÉHICULE UTILITAIRE LÉGER  
(VUL)



CAMION  
(PORTEUR)



TRACTEUR  
ROUTIER

ANNEXE II : Évolution de la réglementation européenne concernant les émissions de polluants par les gaz d'échappement pour les véhicules routiers.

*ANNEXE II suite*

*ANNEXE II suite*

*ANNEXE II suite*

ANNEXE III : Échéancier de la réglementation européenne concernant les émissions de polluants dans les gaz d'échappement des véhicules routiers.  
*(les numéros entre parenthèses correspondent au mois de l'année en question)*

## ANNEXE IV : Structure et localisation des paramètres d'entrée du modèle de calcul de parc

VÉHICULES		nom et localisation du module	
<b>Modèles immatriculés et valeurs d'immatriculations</b>			
<i>localisation : ~/parc/donnees</i>			
VP	fichier	d-imdet52	
VUL	fichier	d-imdetuL25	
bus	fichier	d-imdetuB25	
camions	fichier	d-imdetuC25	
tracteurs	fichier	d-imdetuT25	
<b>Pentes de croissance des immatriculations futures</b>			
<i>localisation : ~/parc/sources</i>			
VP	programme	parc8.f	
VUL	programme	parcuL.f	
bus	programme	parcuB.f	
camions	programme	parcuC.f	
tracteurs	programme	parcuT.f	
<b>Coefficients de survie et Immatriculations avant 1970</b>			
<i>localisation : ~/parc/donnees</i>			
VP	fichier	d-passe	
VUL	fichier	d-passeuL	
bus	fichier	d-passeuB	
camions	fichier	d-passeuC	
tracteurs	fichier	d-passeuT	
<b>Numéro et normes des réglementations ECE</b>			
<i>localisation : ~/parc/donnees</i>			
VP et VU	fichier	d-normemveh	
<b>Nombre de classes technologiques</b>			
<i>localisation : ~/parc/sources/include</i>			
VP et VUL	common	ccokm.incl.f (coefficients d'usage)	
tous VU	common	ccokmu.incl.f (coefficients d'usage)	
VP	common	ccyl.incl.f (cylindrée)	
VP et VU	common	cmot.incl.f (type de moteur)	
tous VU	common	cpoids.incl.f (poids)	
VP et VU	common	cpuis.incl.f (puissance)	
<b>Taille des classes technologiques</b>			
<i>localisation : ~/parc/sources/sspinit.j</i>			
VP	subroutine	initcyl (cylindrée)	
VP et VU	subroutine	initmot (type de moteur)	
tous VU	subroutine	initpoids (poids)	
VP et VU	subroutine	initpuis (puissance)	
<b>Valeurs des coefficients d'usage</b>			
<i>localisation : ~/parc/sources/sspinit.j</i>			
VP et VUL	subroutine	initcokm	
tous VU	subroutine	initcokmu	

■ paramètre difficilement modifiable

■ paramètre facilement modifiable

~ : ur/len/bourdeau

ANNEXE IV suite : Structure et localisation des résultats de calcul du parc statique ou roulant

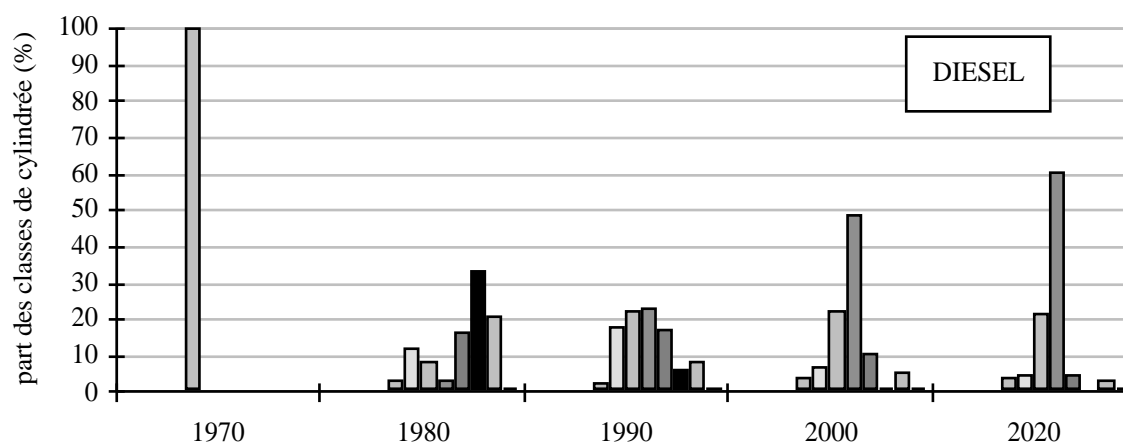
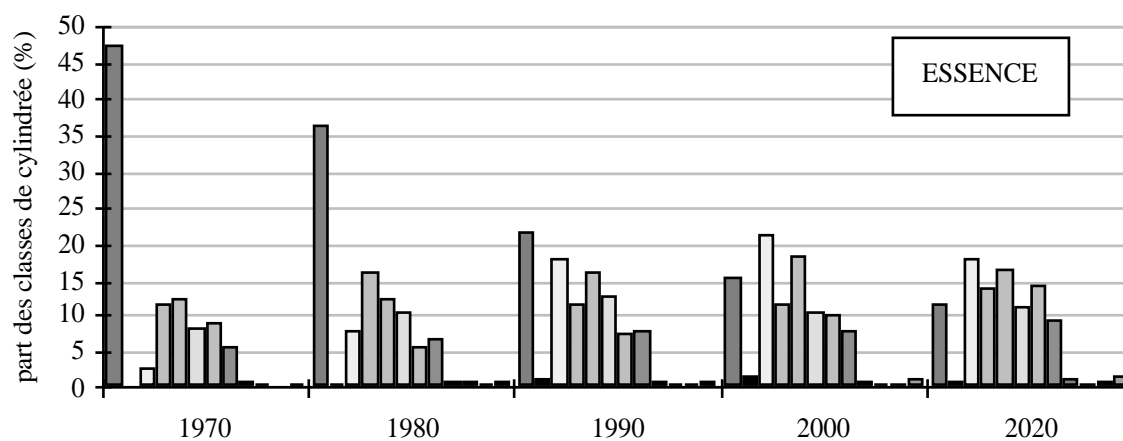
VÉHICULES			nom et localisation du module
<b>Classement par carburant et classe de taille</b>			<i>localisation : ~/parc/resultats</i>
VP	fichier	VPcyl (cylindrée)	
VUL	fichier	Lpoids (poids)	
bus	fichier	Bpoids (poids)	
camions	fichier	Cpoids (poids)	
tracteurs	fichier	Tpoids (poids)	
<b>Classement par carburant et classe de puissance</b>			<i>localisation : ~/parc/resultats</i>
VP	fichier	VPpuiss	
VUL	fichier	Lpuiss	
bus	fichier	Bpuiss	
camions	fichier	Cpuiss	
tracteurs	fichier	Tpuiss	
<b>Classement par carburant, taille et type de moteur</b>			<i>localisation : ~/parc/resultats</i>
VP	fichier	VPmot (cylindrée)	
VUL	fichier	Lmot (poids)	
bus	fichier	Bmot (poids)	
camions	fichier	Cmot (poids)	
tracteurs	fichier	Tmot (poids)	
<b>Classement par carburant et age et numéro de norme ECE</b>			<i>localisation : ~/parc/resultats</i>
VP	fichier	VPece / VPage	
VUL	fichier	Lece / Lage	
bus	fichier	Bece / Bage	
camions	fichier	Cece / Cage	
tracteurs	fichier	Tece / Cage	
<b>Taille et puissance moyennes par carburant</b>			<i>localisation : ~/parc/resultats</i>
VP	fichier	VPmoy (cylindrée)	
VUL	fichier	Lmoy (poids)	
bus	fichier	Bmoy (poids)	
camions	fichier	Cmoy (poids)	
tracteurs	fichier	Tmoy (poids)	
<b>Nombre de véhicules climatisés et hors d'usage</b>			<i>localisation : ~/parc/resultats</i>
VP	fichier	VPhuclim	
<b>Classement par carburant, cylindrée et modèles</b>			<i>localisation : ~/parc/resultats</i>
VP	fichier	lismodele	

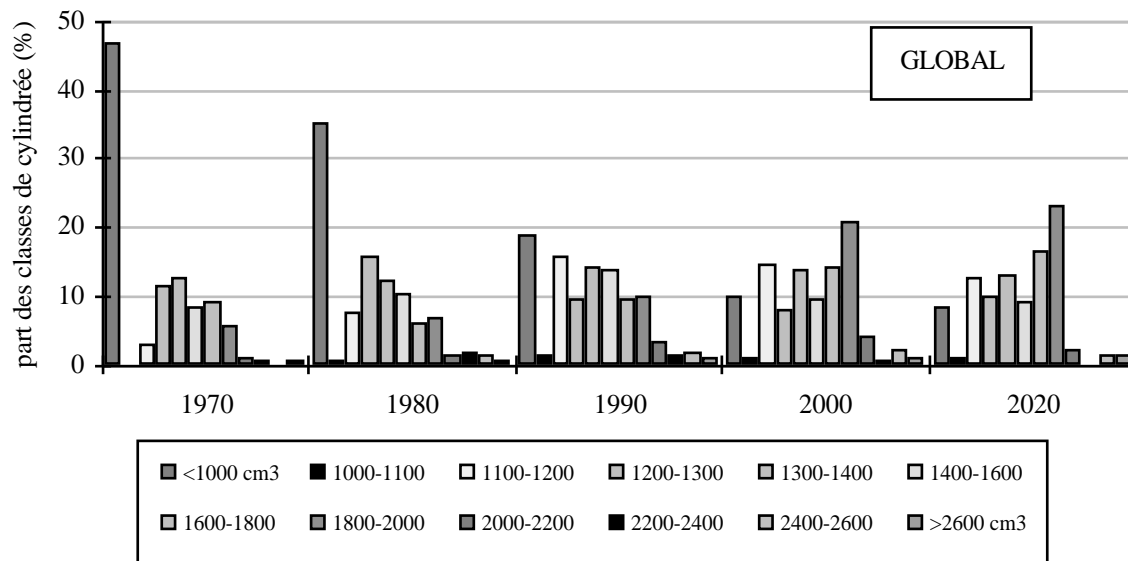


Les kilométrages annuels moyens et parcs roulants totaux sont retranscrits dans un fichier excel

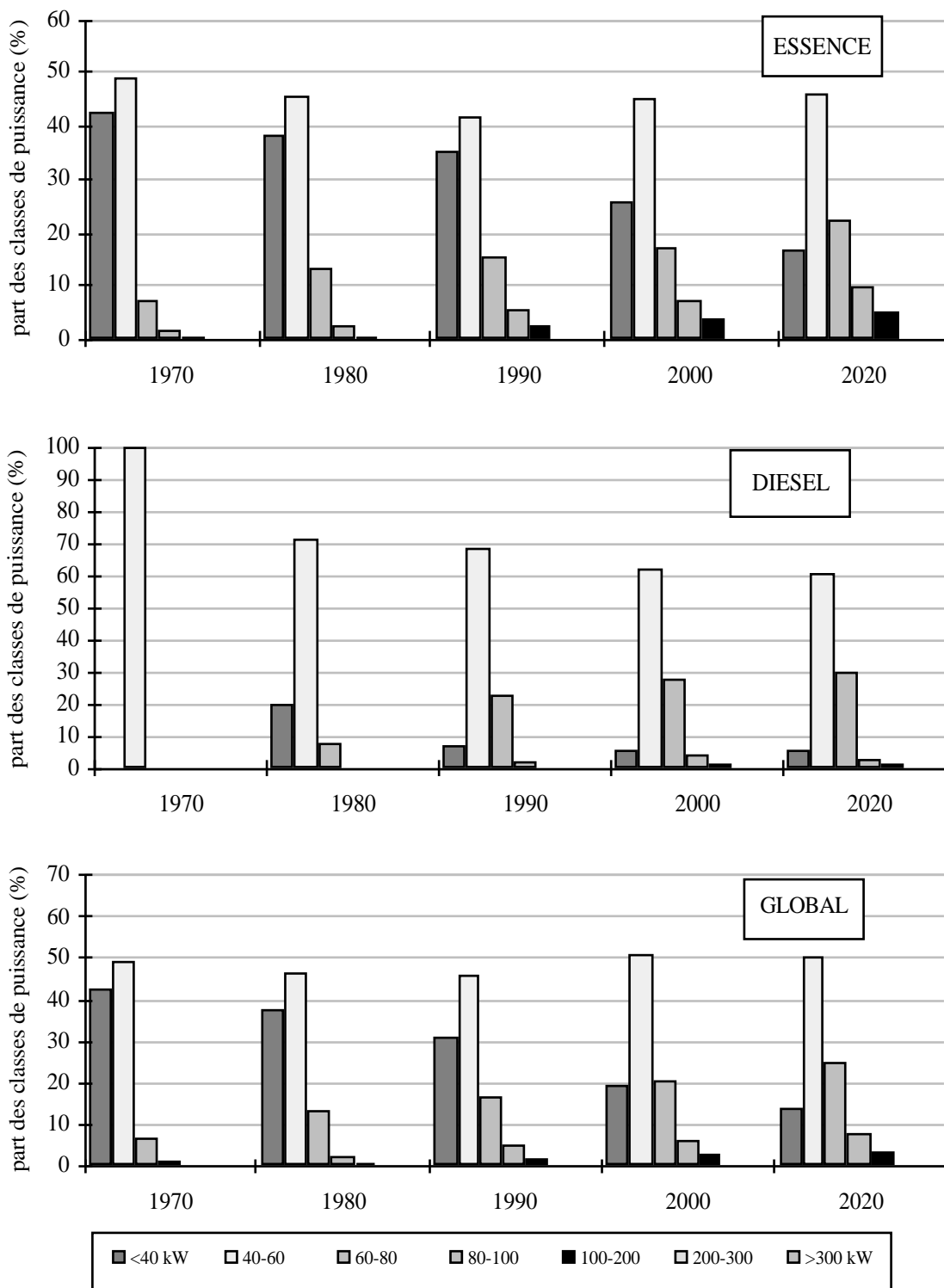
différent pour chaque année de calcul.

ANNEXE V : Évolution de la distribution du parc statique de véhicules particuliers en France selon 12 classes de cylindrée (cm<sup>3</sup>) calculée en suivant le scénario 1.  
(25% d'immatriculations diesel en 2020)

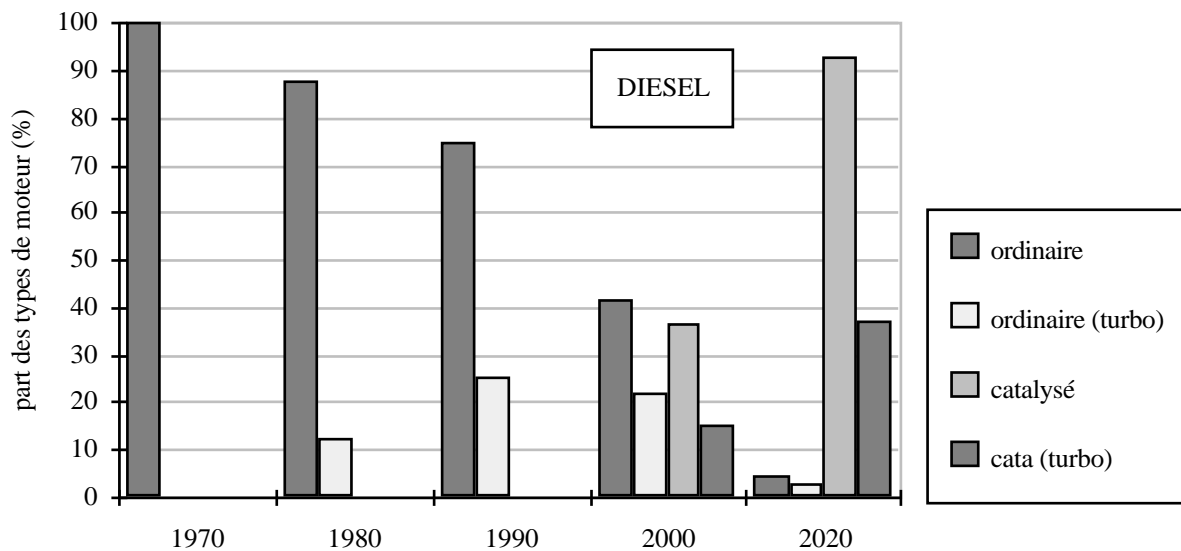
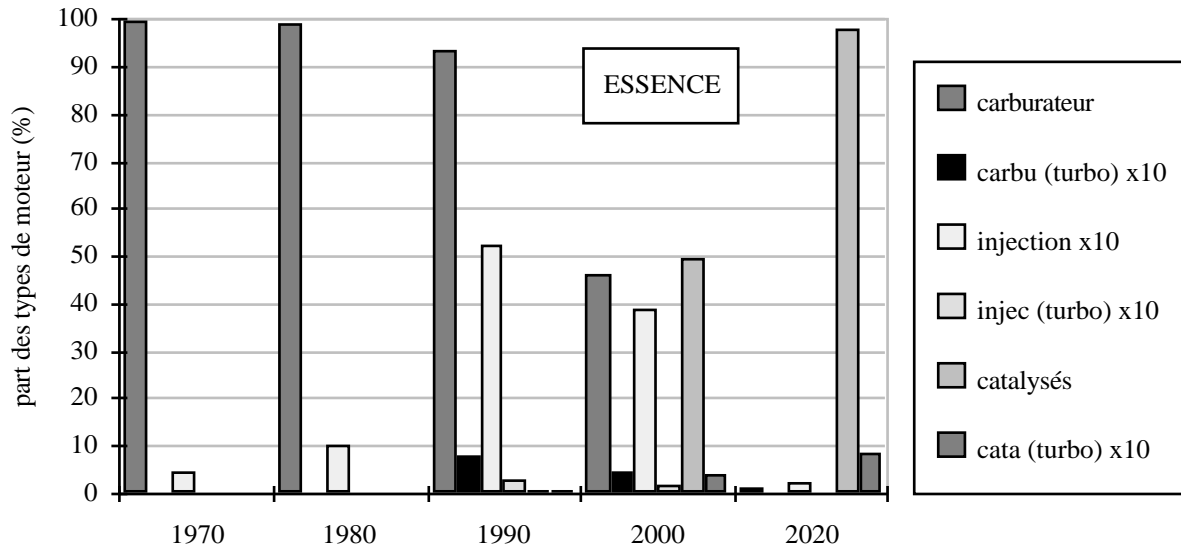




ANNEXE VI : Évolution de la distribution du parc statique de véhicules particuliers en France selon 7 classes de puissance (kW) calculée en suivant le scénario 1. (25% d'immatriculations diesel en 2020)

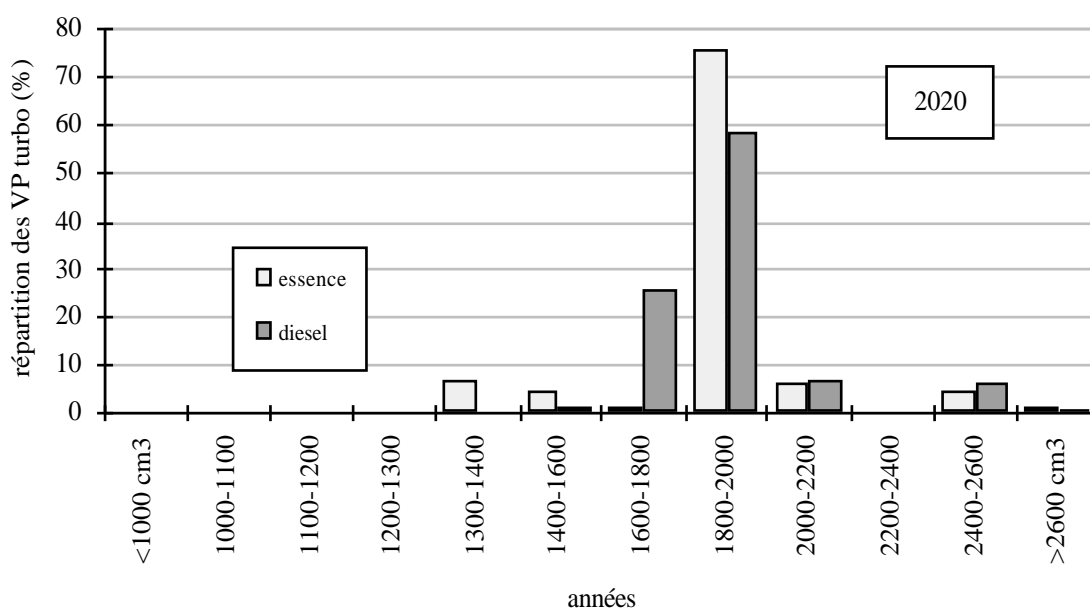
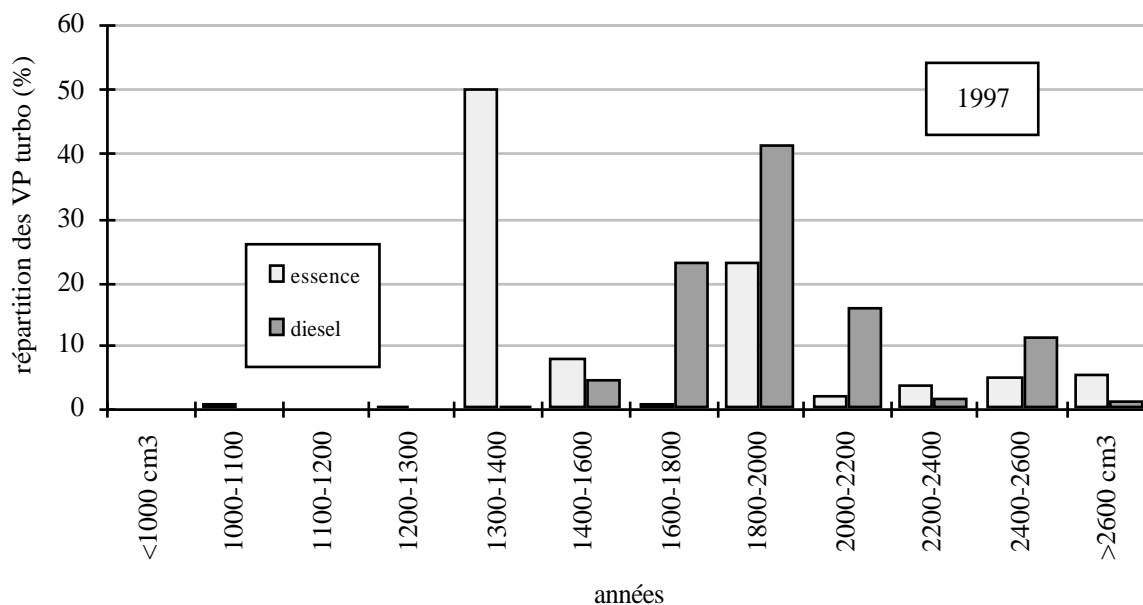


ANNEXE VII : Évolution de la distribution du parc statique de véhicules particuliers en France selon les types de moteur calculée en suivant le scénario 1.  
(25% d'immatriculations diesel en 2020)



ANNEXE VIII : Répartition des véhicules particuliers suralimentés du parc statique en fonction de leur carburant et selon 12 classes de cylindrée en 1997 et 2020.

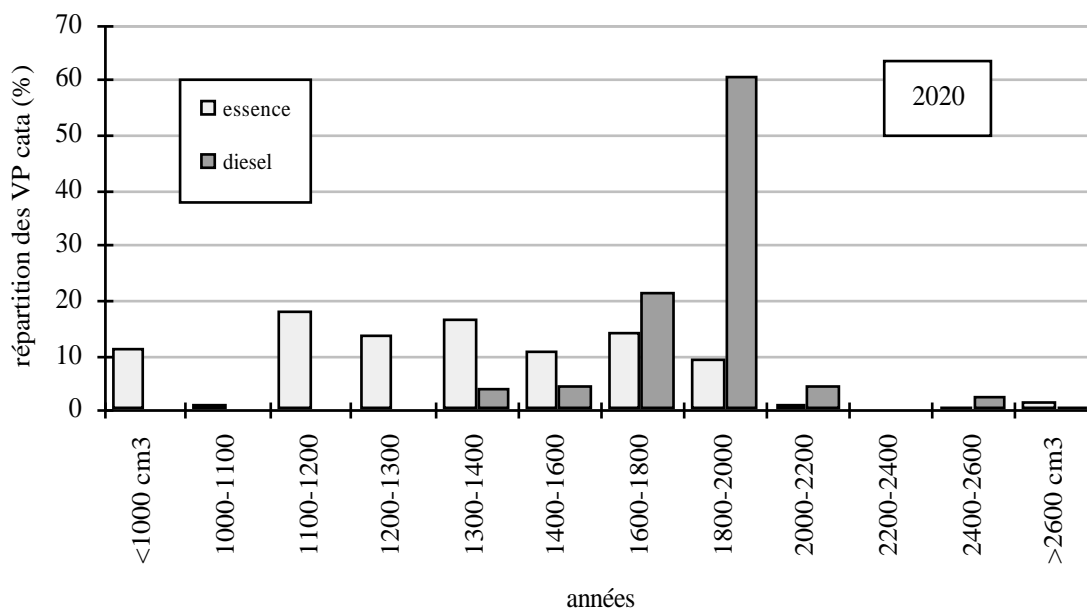
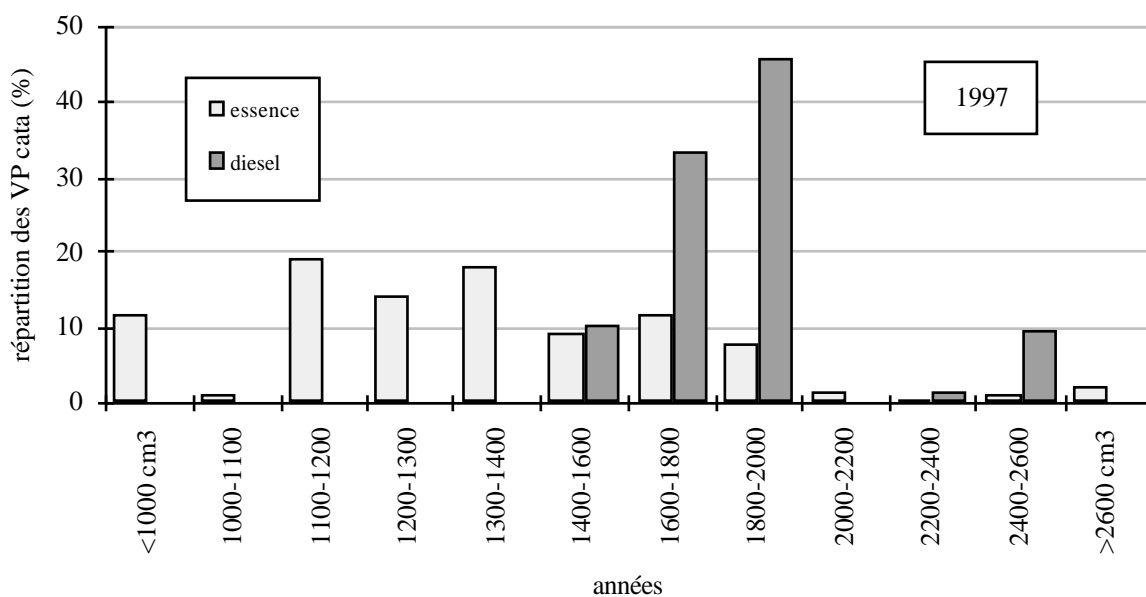
Résultats en pourcentages respectifs des essence turbo et diesel turbo toutes cylindrées confondues, calculés en suivant le scénario 1 (25% d'immatriculations diesel en 2020).



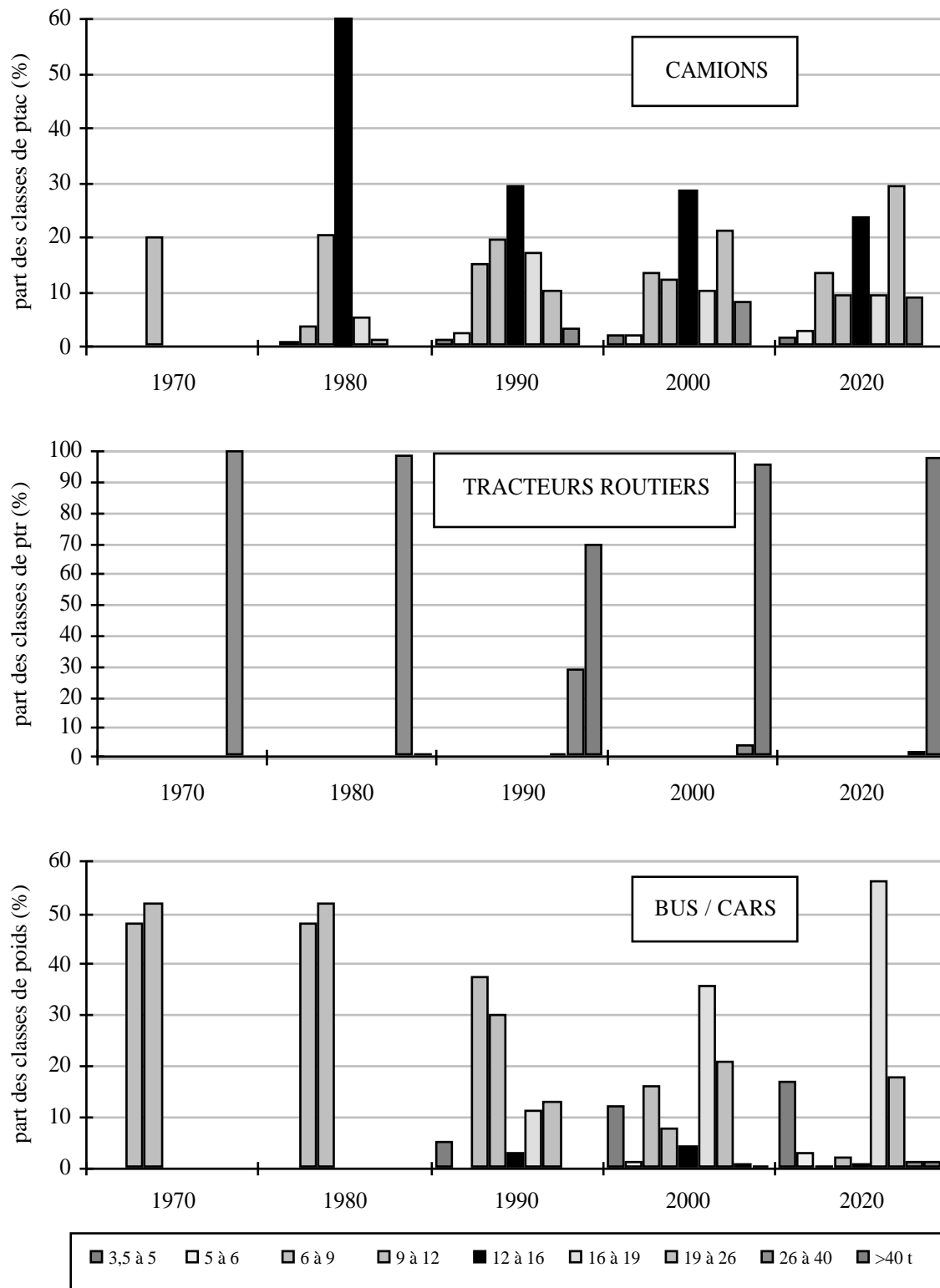
ANNEXE IX : Répartition des véhicules particuliers équipés d'un pot catalytique du parc statique en fonction de leur carburant et selon 12 classes de cylindrée en 1997 et 2020.

Résultats en pourcentages respectifs des essence catalysés et diesel catalysés toutes cylindrées

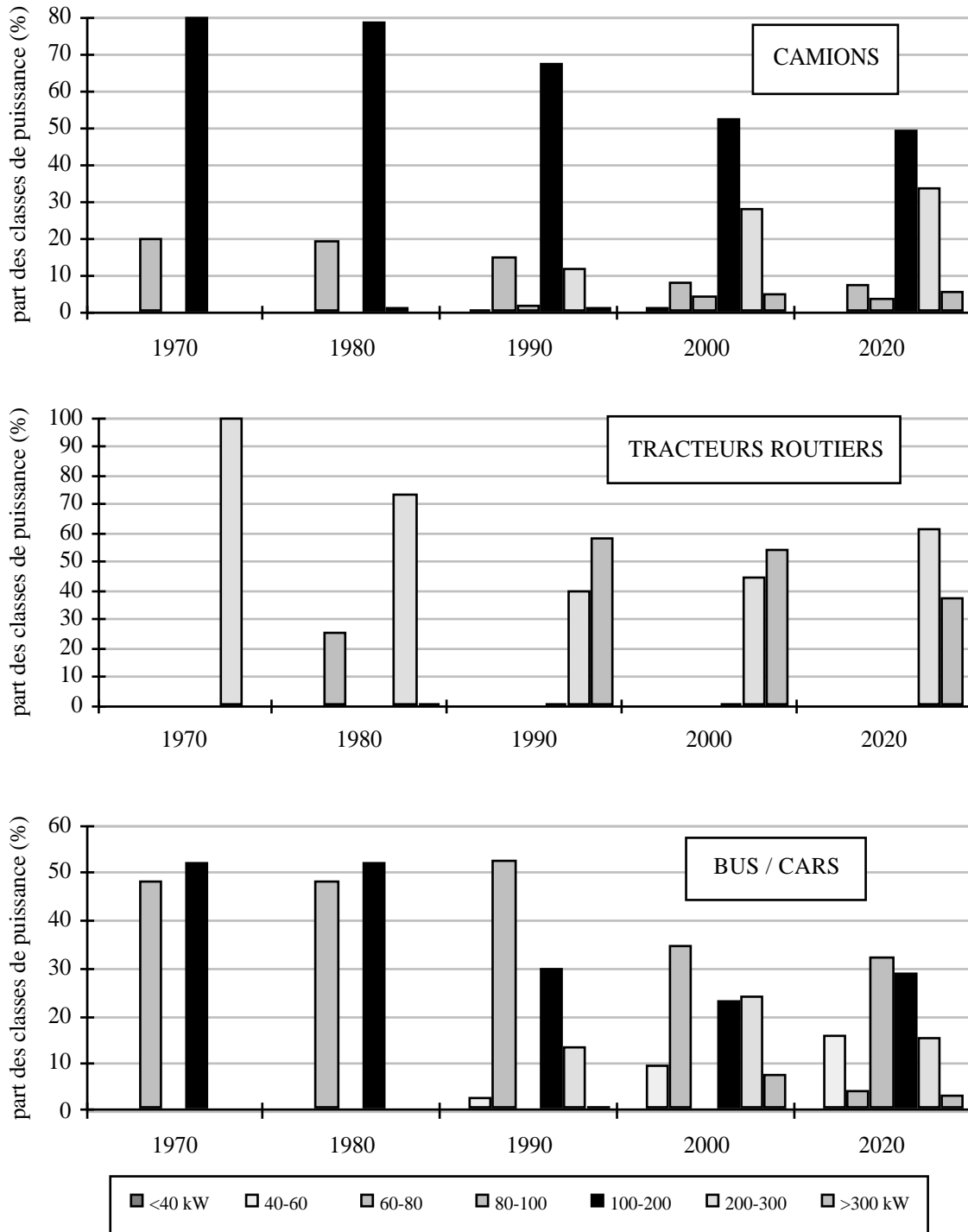
confondues, calculé en suivant le scénario 1 (25% d'immatriculations diesel en 2020).



ANNEXE X : Évolution de la distribution du parc statique de poids lourds en France selon 9 classes de poids (tonnes).

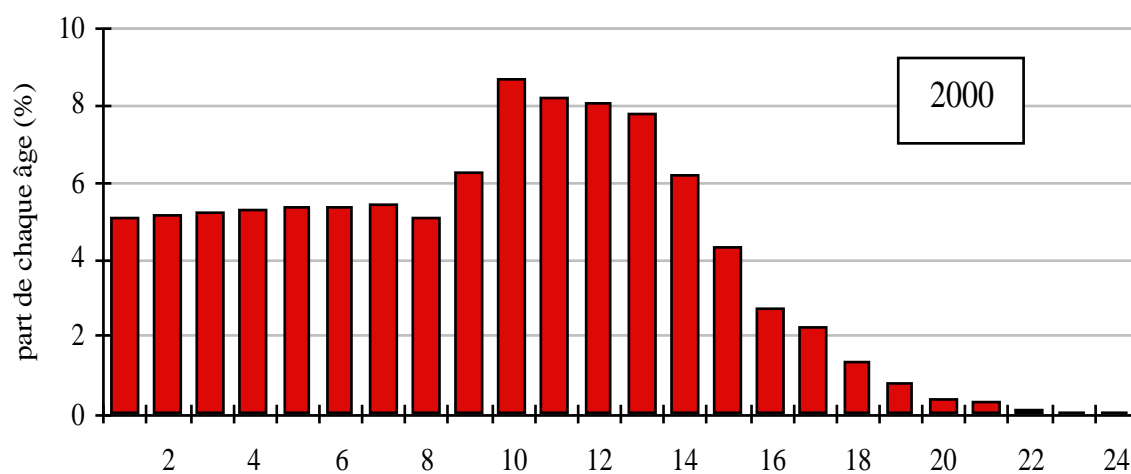
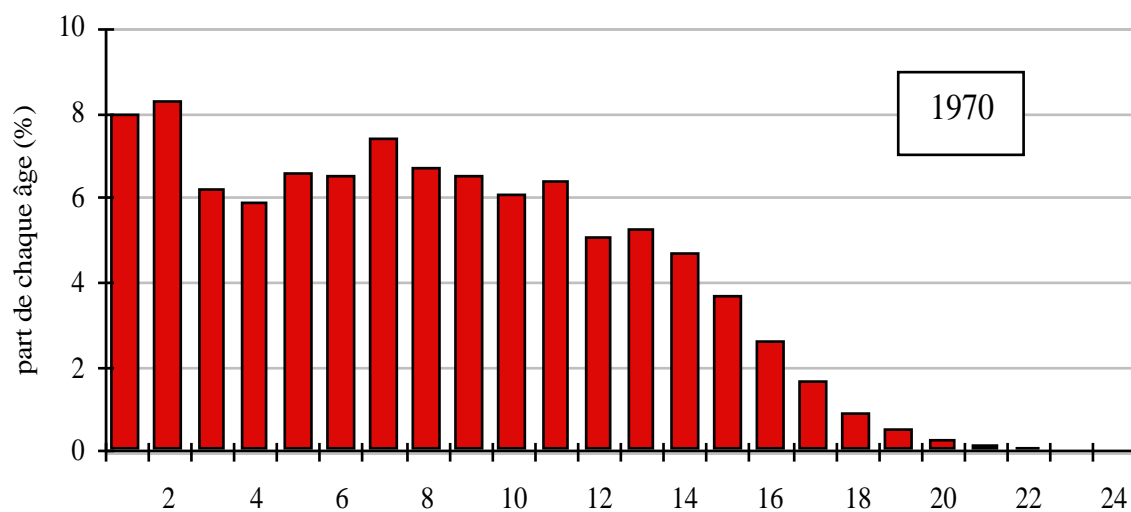


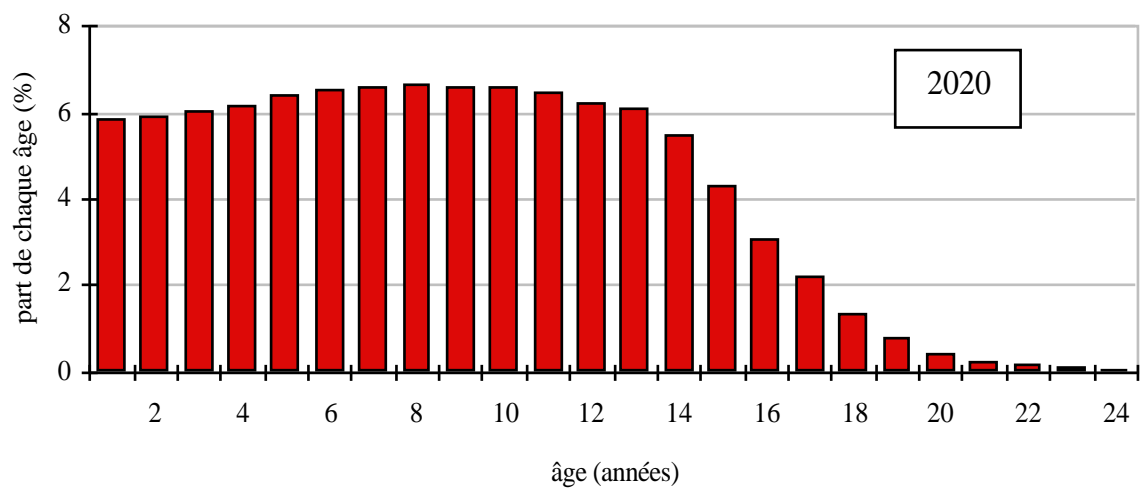
ANNEXE XI : Évolution de la distribution du parc statique de poids lourds en France selon 7 classes de puissance (kW).



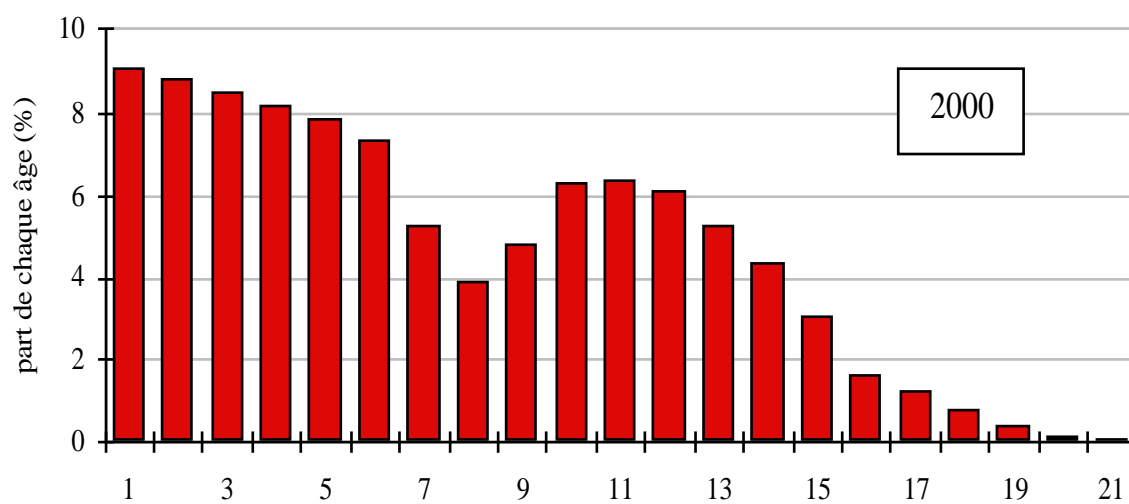
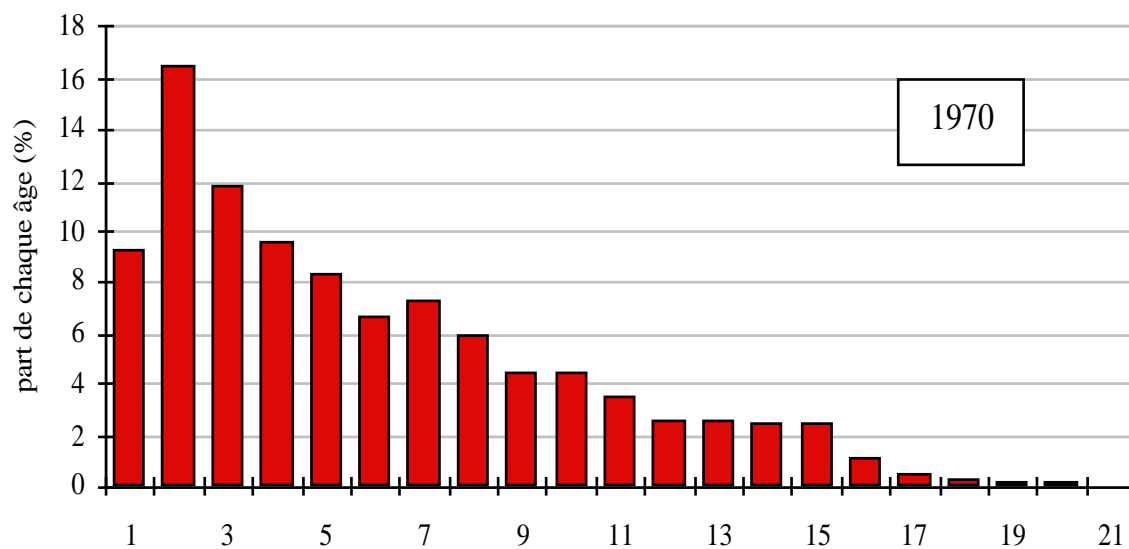


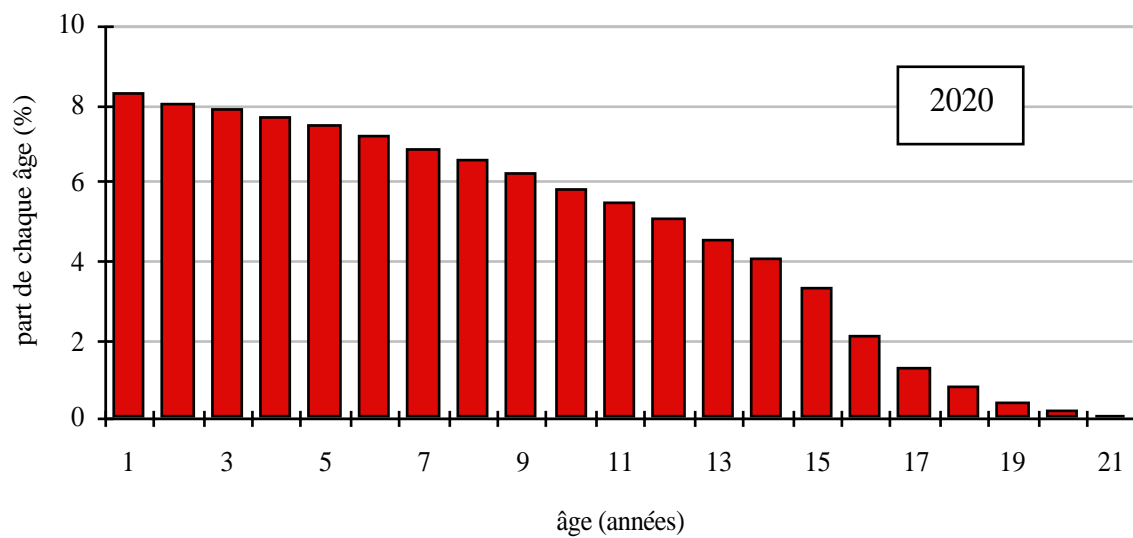
ANNEXE XII : Évolution de la distribution du parc statique de camions en France selon leur âge pour chacune des trois années 1970, 2000 et 2020.  
(en pourcentage du total du parc)



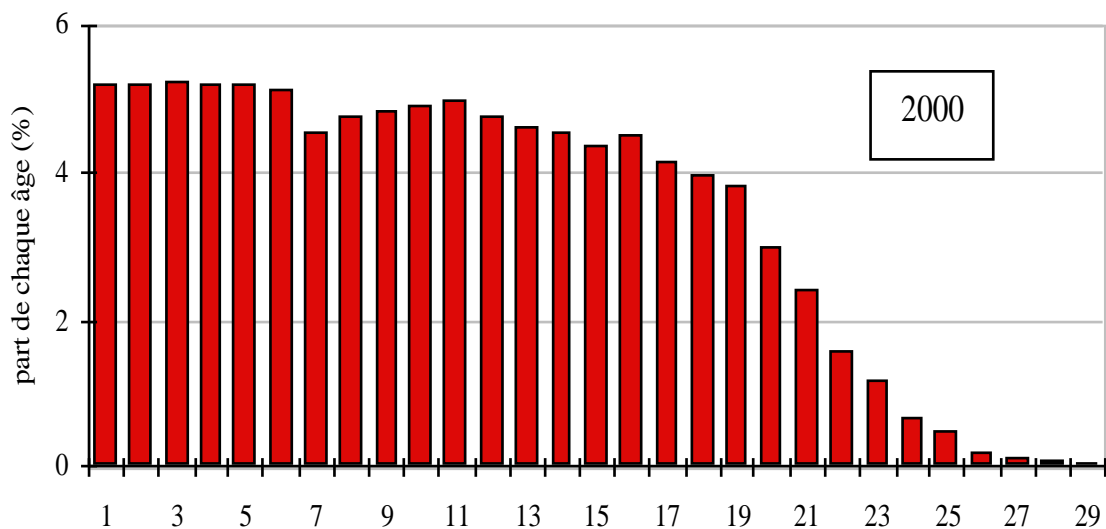
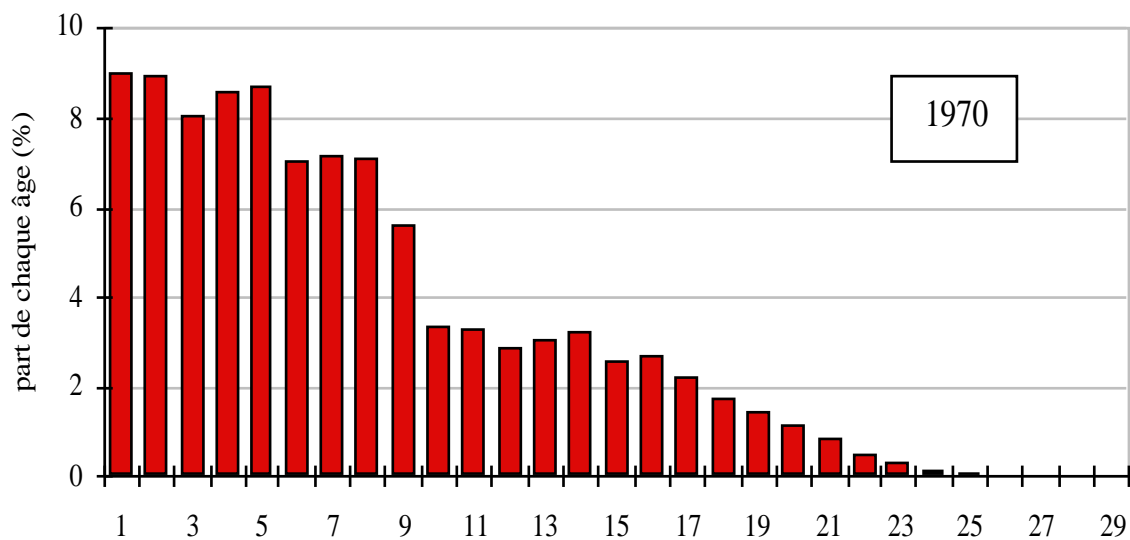


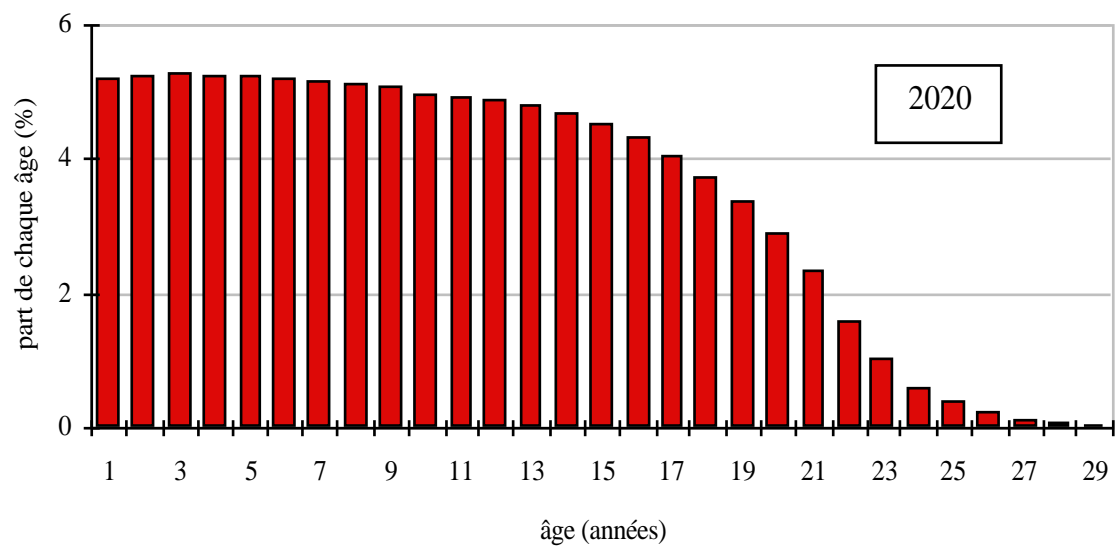
ANNEXE XIII : Évolution de la distribution du parc statique de tracteurs routiers en France  
selon leur âge pour chacune des trois années 1970, 2000 et 2020.  
(en pourcentage du total du parc)





ANNEXE XIV : Évolution de la distribution du parc statique de bus et cars en France selon leur âge pour chacune des trois années 1970, 2000 et 2020.  
(en pourcentage du total du parc)





---

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (1994)

Véhicules électriques : technologie, performance et perspectives.  
Ed. Technip, Paris, 223 p.

A.P.S.A.D. / POLLET R. (1993)

Étude du marché de l'automobile. Utilisation des voitures par les ménages français en 1990. Evolution de 1975 à 1990. Tome I, 230 p environ.

ARGUS DE L'AUTOMOBILE ET DES LOCOMOTIONS (1956 - 1995)

Statistiques automobiles. Numéro spécial annuel, octobre 1956 à 1995.

ARGUS DE L'AUTOMOBILE ET DES LOCOMOTIONS (1994)

Guide du tout-terrain et des utilitaires. Numéro spécial, février 1994, 178 p.

ARGUS DE L'AUTOMOBILE ET DES LOCOMOTIONS (1996)

Numéro spécial annuel, septembre 1996.

AUTO-JOURNAL (1990-1995)

Numéros hors-série "spécial salon", octobre 1990 à 1995, 380 p environ.

BARBUSSE S. (1996)

La climatisation automobile ; impacts énergétiques et environnementaux : premier constat.  
Rapport de synthèse ADEME, Sophia-Antipolis, France, 30 p.

BERLIET véhicules industriels (1966)

Analyse des immatriculations dans le marché français des autocars et autobus. BERLIET, Département commercial France, Analyse des distributions et des ventes, Novembre 1966. Archives de la fondation Marius Berliet, Lyon, France, p 2.

BERLIET M. (Fondation) (1996)

Archives de la fondation de l'automobile Marius Berliet, Lyon, France.

BERRY P. (1990)

Parcs automobiles, circulations et consommations de carburants : évolution sur longue période et analyse économétrique. Rapport de stage, OEST, 55 p.

BLOUET A. (1996)

Industriels, voici votre prochain dossier : transports. Décision Environnement, n°44, avril 1996, pp16-21

BOSCH GmbH (1988)

Mémento de technologie automobile. Ed. Delta Press, Aix en Provence, France, 732 p.

BONNAFOUS A., PLASSARD F., VULIN B. (1993)

Circuler demain. DATAR / édition de l'Aube, 191 p.

BONNETAIN Y., ROUMÉGOUX J.P., DELSEY J., FAVRE B. (1980)

Le poids lourd, conception et fonctionnement. Note d'information n°18, Institut de Recherche des Transports, Bron, France, 178 p.

BROECKE (van den) A.J. et van den LEUSDEN G.C. (1987)

Long term forecasting of car ownership with the cohort processing model. Communication à la 5ème Conférence Internationale sur les Comportements de Déplacements, La Baume-lès-Aix, France.

BRUNAT P.(1997)

LAMY transport tome 1. 8e partie : Fiscalité des transports. Chapitre I : La taxe à l'essieu. Ed. LAMY S. A., Paris, France. pp 548-550.

BRUNAT P.(1997)

LAMY transport tome 1. 9e partie : Source du droit des transports. Chapitre unique : Textes et jurisprudence. Ed. LAMY S. A., Paris, France. pp 815-821.

CASTELNAU (de) B. (1995-1996)

C.C.F.A., Communications personnelles.

CHIRON M., DONATI J., QUÉNEL P., ZMIROU D. (1996)

La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique. Bilan de 15 ans de recherche internationale. Société Française de Santé Publique, Vandoeuvre lés Nancy, France, Coll. santé et société, n°4, mai 1996, 251 p.

CITEPA (1994)

Estimation de l'évolution des émissions de polluants liés au trafic routier de 1990 à 2010. (NOx, COV, CO, poussières, SO2). Rapport CITEPA n°NA/289, Paris, France.

CLUB D'INGENIERIE PROSPECTIVE (1994)

Les cahiers du CLIP, Énergie et Environnement, n°2, 65 p.

COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN (1990)

Prospective technologique de l'énergie. "Énergie 2010", tome 2, pp 49-231.

COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN (1992)

Transports 2010. Rapport du groupe présidé par le commissaire au plan. La documentation Française, 516 p.



COMITE DES CONSTRUCTEURS FRANCAIS D'AUTOMOBILE (1995)

L'industrie automobile en France, analyse et statistiques. Ed. CCFA, Paris, France, 66 p.

COMITE PROFESSIONNEL DU PETROLE (1985-1996)

La route et l'automobile en France. Note d'information économique, CPDP.

COMITE PROFESSIONNEL DU PETROLE (1995)

Les transports en France. Note d'information économique, CPDP, n°164, 16 p.

COUDERC J. (1994)

Base de donnée Véhicules, ADEME, Département Organisation et Systèmes de Transport, Sophia-Antipolis, France.

CURTET R. (1997)

Immatriculations 1996 : hausse pour les véhicules neufs. Ministère des transports, DAEI, Service Économique et Statistique, Infos rapides n°2, Février 1997, 4 p.

DANIN B. (1996)

Consistance du réseau routier national et schéma directeur de la construction du réseau autoroutier. Ministère des Transports, Direction des routes, Paris La Défense, France.

DEBAT NATIONAL ENERGIE ET ENVIRONNEMENT

Rapport de synthèse, 84 p.

DECURE J.P. (1992)

Meilleure rentabilité des carrosseries non spécialisées. Note de synthèse, OEST, Novembre 1992.

DECURE J.P. (1996)

Communications personnelles sur le parc des camions en 1994. OEST, Paris-La Défense, France.

DECURE J.P., CAILLE B. (1992)

Performant, le tracteur routier. Note de synthèse, OEST, Décembre 1992, 2 p.

DECURE J. P., CALVIAC M. (1989)

En 1987, progression de 5% du kilométrage des véhicules de transport routier de marchandises. Note de synthèse, OEST, Février 1989, 2 p.

DEGOBERT P. (1992)

Automobile et pollution. Ed. Technip, Paris, France. 516 p.

DELION G. (1996)

Communications personnelles sur les statistiques automobiles annuelles de l'Argus de l'Automobile, Paris, France.

DELSEY J. (1993 à 1996)

Communications personnelles à propos de l'évolution des voitures diesel.  
INRETS - Laboratoire Énergie et nuisances, Bron, France.

DESCLOUDS S., MONOT F., THOMAS B. (1995)

Toutes les voitures vendues en France. Supplément Auto plus n°369, octobre 1995.

EGGLESTON H.S., GAUDIOSO D., GORISSEN J., JOUMARD R., RIJKEBOER R.C., SAMARAS Z., ZIEROCK K.-H. (1991)

CORINAIR Working Group on Emission Factors for Calculating 1990 Emissions from Road traffic. Vol. 1 : Methodology and Emission factors. Final report, Commission of the European Communities - DG XI, 116 p.

ENVIRONNEMENT MAGAZINE (1996) L'

Véhicules propres : composez votre parc. N° 1549, juillet-août 1996, pp. 42-43.

FAIVRE D'ARCIER B., NICOLAS J-P., ANDAN O. (1996)

Les réactions à la voiture électrique. Recherche exploratoire sur les comportements et les attitudes des ménages. Rapport Inrets n°210, mai 1996, Arcueil, France, 97 p.

FONTELLE J. P., AUDE T. (1994)

Opale : a new contribution for assessing pollutants emissions of road traffic to the atmosphere in France. 3rd intern. symposium "transports and air pollution", Avignon, 6-10 /06/94. Poster proceedings, Actes Inrets, n°37, Bron, France, pp 124-129.

FOURASTIÉ J., LÉVY S. (1985)

Statistiques appliquées à l'économie. Ed. Masson, Paris, France. 178 p.

FRANSES P. H. (1994)

Gompertz Curves with seasonality. Technological Forecasting and Social Change n°45, Ed. Elsevier Science Inc, New York, USA, pp.287-297.

GALLEZ C. (1994)

Modèles de projection à long terme de la structure du parc et du marché de l'automobile. Thèse de Doctorat, Université de Paris-I, Paris, France, 351 p.

GALLEZ C., HIVERT L. (1997)

Communications personnelles concernant les modèles et les enquêtes relatifs à l'évaluation du parc automobile, Inrets - DEST, Arcueil, France, juillet 1997.

GARRIGUES M. (1996)

Communications personnelles à propos de la survie des tracteurs routiers. D'après des données de l'Association Auxiliaire de l'Automobile. Renault VI, St Priest, France.

GARRIGUES M. (1997)

Communications personnelles à propos de la réglementation des véhicules utilitaires légers. Renault VI, St Priest, France.

GENET J. P. (1996)

Le marché français par segment : les petites urbaines sauvent la mise. Argus de l'Automobile, 25 Janvier 1996, pp. 6-7.

GIRAULT M., KAIL J. M. (1997)

Perspectives de la demande de transport et des émissions de polluants à l'horizon 2015. Congrès International Francophone ATEC, "Mobilité dans un environnement durable", Ed. Presse de l'ENPC, Paris, France, pp. 37-45.

HAUGER A. (1990)

Émissions de polluants du GPL. Rapport Inrets, n° LEN 9010, Bron, France, 77 p.

HIVERT L. (1993)

Achat de voitures, diésélisation et kilométrages des ménages. Communication INRETS, Arcueil, France, 15 p.

HIVERT L. (1990-1996)

Le parc automobile des ménages, étude de fin d'année 1988 à 1993. Rapport annuel de convention ADEME / INRETS, Arcueil, France.

HIVERT L. (1996 a)

Communications personnelles à propos des kilométrages annuels urbains des petits véhicules particuliers diesel. DEST, INRETS, Arcueil, France.

HIVERT L. (1996 b)

Le comportement des nouveaux diésélistes. Rapport de convention mission effet de serre - INRETS, Arcueil, France, 118 p.

INRETS (1996)

Série générale du parc automobile. Tableau synthétique, décembre 1996, Arcueil, France.

INSEE (?)

Enquête de conjoncture auprès des ménages. Document descriptif, INSEE, 3p.

INSEE, OEST (1988-1995)

Les comptes des transports. Coll INSEE résultats, série économie générale, Paris, France.

JANSSON J. O. (1989)

Car demand modelling and Forecasting - A new approach. *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. XXIII, n°2, pp 125-140.

JORGENSEN F., WENTZEL-LARSEN T. (1990)

Forecasting car holding, scrappage and new car purchase in Norway. *Journal of transport economics and policy* n°24, pp. 139-156.

JOST P., HASSEL D., BROSTHAUS J. (1981)

System analysis for a computer program to assess automobile emissions and energy consumption within EEC. Final Report, EUR Report 8688 EN, Commission of the European Communities, Luxembourg, ISBN 92-825-3916-4. 134 p.

JOUMARD R. (1986)

Représentation démographique fine du parc automobile actuel. Rapport INRETS, n° NNP 8602, Bron, France, 16 p.

JOUMARD R., ANDRE M., CRAUSER J. P., BADIN F., PATUREL L. (1987)

Méthodologie de mesures des émissions réelles du parc automobile. Rapport INRETS n°31, Bron, France, 81 p.

JOUMARD R. (1993 à 1997)

Communications personnelles sur les émissions de polluants des véhicules routiers. Laboratoire Énergies et Nuisances, INRETS, Bron, France.

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANCAISE (1991)

Décret n° 91-369 du 17 avril 1991 modifiant certaines dispositions du code de la route. Article R.280-1 sur les visites techniques des véhicules : échéancier. pp 5055-5056.

JOURNAL OFFICIEL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (1990)

Proposition de directive du conseil modifiant la directive 70/220/CEE concernant le rapprochement des législations des états membres relatives aux mesures à prendre contre la pollution de l'air par les émissions de véhicules à moteurs. n°C 81, 30 mars 1990, p 81/4.

JOURNAL OFFICIEL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (1997)

Proposition de directive du conseil relatives aux mesures à prendre contre la pollution de l'air par les émissions de véhicules à moteurs et modifiant les directives 70/156/CEE et 70/220/CEE du conseil. n° C 77, 11 mars 1997, Annexe I, p 8 et 16.

JOURNAL OFFICIEL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (1997)

Proposition modifiée de directive du conseil relatives aux mesures à prendre contre la pollution de l'air par les émissions de véhicules à moteurs et modifiant les directives 70/156/CEE et 70/220/CEE du conseil. n° C 106, 4 avril 1997, Annexe I, p 6.

- KYRIAKIS N.A., SAMARAS Z.C., ANDRIAS A.E. (1997)  
Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Transport. Road Traffic Emissions. LAT Report No 9718, Task 2.2 / Deliverable 16. Aristotle University of Thessaloniki, Greece. 121 p.
- LARROUMET S., BRUET E., BOURQUIN J. (1997)  
Le GPL : guide d'achat des modèles disponibles. Action Auto moto n°31, janvier-février 1997, pp. 61-66.
- LAUX J.M. (1989)  
Les moteurs Diesel pour les transports. Culture et technique n°19, Ed.C.R.C.T. Neuilly / Seine, France, pp. 20-29.
- LE BRETON M. (1986)  
Les indices nationaux de la circulation routière : pourquoi, pour qui, comment ? Note d'information SETRA/DTCS n°7, Bagneux, France, 4 p.
- LE BRETON M. (1996)  
Longueur des réseaux nationaux en France.  
SETRA informatique, Bagneux, France.
- LE MENEZ D., MADRE J.L.(1991)  
Pour une meilleure compréhension de la cohérence des statistiques sur l'automobile. CREDOC, Collection des rapports, Paris, France, n° 100, 105 p.
- MADRE J.L. (1994 à 1996)  
Communications personnelles sur les différents sondages concernant l'utilisation des réseaux urbain, routier et autoroutier en France. INRETS - DEST, Arcueil, France.
- MADRE J.L. (1996)  
L'utilisation de l'automobile vue à travers différents instruments d'enquête. Document de travail, janvier 1996, INRETS - DEST, Arcueil, France.
- MADRE J.L., LAMBERT T. (1989)  
Prévision à long terme du trafic automobile. CREDOC, Coll. des rapports, n° 60, Paris, France.
- MADRE J.L., MAFFRE J. (1994)  
L'enquête transports et communications 1993-1994. Courrier des statistiques n° 69, mars 1994, Amiens, France, pp. 53-56
- MANISSIER C. (1996)  
Recensements de la population française en 1962, 1968, 1975, 1982 et 1990. Insee Rhône-Alpes, Service Études Diffusion, Lyon, France.

MINISTERE DU L'ECONOMIE, DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE (1994)

La taxe à l'essieu. Dépliant d'information. Direction du budget. Bureau de l'information et de la communication.

MINISTERE DES TRANSPORTS - OEST (1996)

Perspectives d'évolution de la demande de transports à l'horizon 2015. Note de synthèse - cadrage des schémas directeurs, Paris, France, 31p.

MINISTERE DU TOURISME (1992)

Mémento du tourisme, 12ème édition, Paris, France, 167p.

MOUTARDIER M., GLAUDE M. (1978)

Projection de la demande d'automobiles pour 1980 et 1985. Les collections de l'Insee n° 64 M, coll. C2, Paris, France, 148 p.

NOPPE J. (1997)

Communications personnelles a propos de la règlementation européenne sur les émissions de polluants gazeux par les véhicules routiers. Ademe, DOST, Paris, France.

OCTEL S.A. (1986 à 1990)

Caractéristiques techniques des voitures particulières françaises. Ed. Octel S.A., Paris, France ; 1986, 1987, 1988, 1989, 1990 ; 50 p environ.

OEST (1993)

Les transports en chiffres, tableaux synthétiques, plaquette OEST, Paris, France.

OEST / DECURE J. P. (1995 a)

Le marché des véhicules. Immatriculations et parcs en 1994, OEST, Paris, France, 238 p.

OEST / DECURE J. P. (1995 b)

L'utilisation des véhicules de transport routier de marchandises, OEST, Paris, France, 122 p.

OEST / DECURE J. P. (1995 c)

L'utilisation des véhicules utilitaires légers en 1991, OEST, Paris, France, 54 p.

OEST / Insee (1988-1994)

Bilan de la circulation et des consommations d'énergie par véhicules et réseaux. Les comptes des transports en 1993. Dossier Insee, Paris, France, pp. 65-68.

OEST / ROUXEL O. (1995)

L'utilisation des véhicules de transport en commun de personnes, OEST, Paris, France, 63 p.

OFFICIEL DES TRANSPORTEURS (1995)

Transports de marchandises, Spécial bilan 1995. L'officiel des transporteurs n°1873-1874, 16 décembre 1995, pp 24-46.

OWSINSKI J. W., ROMANOWICZ T. M. (1988)

On dynamic modeling of car populations. Part II. Technological Forecasting and Social Change n°34, Ed. Elsevier Science Inc, New York, USA, pp. 135-144.

PANHARD J. (1989)

Petite histoire de l'automobile en France. Culture technique n°19, "Les transports", Ed. Centre de Recherche Culturel et Technique, Neuilly/Seine, France, pp. 29-22.

PILLOT D. (1991)

Emissions de polluants des véhicules lourds, synthèse bibliographique. Rapport INRETS, n° LEN 9102, Bron, France, 53 p.

PILLOT D. (1992)

Parc et circulation des véhicules utilitaires en France. Rapport INRETS, n° LEN 9205, Bron, France, 45 p.

PILLOT D. (1993 à 1996)

Communications personnelles sur les poids lourds, INRETS - LEN, Bron, France.

POLLET R. (1997)

Communications personnelles concernant le contrôle technique imposé aux voitures particulières en France. APSAD, septembre 1997.

POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Informations internationales, juillet-septembre 1993, p 12.

POLUZOT J. F. (1970)

Le parc automobile français : évolution et perspectives. Thèse de doctorat de spécialité de 3ème cycle, Université de Paris, Faculté de droit et de sciences économiques, Paris, France, 299 p.

PSA PEUGEOT CITROEN (1996)

Évolutions des réglementations sur les émissions de gaz polluants des voitures particulières et utilitaires. Plaquette synthétique, Ed. PSA, Paris, France.

RAMBEAU S. (1992)

Sondage de circulation 1990 sur le réseau national. Note d'information SETRA-CSTR, octobre 1992, Paris, France, 6 p.

ROL TANGUY J. (1992)

Technique : un jeu d'enfant. Auto-Journal n° 14/15, octobre 1992, pp. 52-57.

ROMANOWICZ T. M., OWSINSKI J. W. (1988)

On dynamic modeling of car populations. Part I. Technological Forecasting and Social Change n°34, Ed. Elsevier Science Inc, New York, USA, pp.81-94.

SAHLI H. et GOURJON C. (1989)

L'enquête aux Frontières. Rapport de stage et annexes, OEST, 94 et 128 p.

SALOMON A. (1995 et 1996)

Communications personnelles sur les consommations de produits pétroliers  
Union Française des industriels du Pétrole, Paris, France.

SCHMITT J.-L.(1987)

Le diesel : son histoire et son avenir. Revue automobile médicale n°330,Février-Mars 1987,  
pp. 35-37.

SCHWARTZ L. (1992)

Automobile : les 10 innovations qui vont tout changer. Science et Avenir, novembre 1992,  
pp. 32-35.

VAN RUYMBEKE C., GUITTON J.P., VIDON R., PRUVOST C. (1992)

Representativity of rapid methods for measuring pollutant emissions from passenger cars.  
INRETS, Rapport n° LEN 9219, Bron, France, 64 p.

WALSH M. P. (1992)

Global trends in motor vehicle pollution control.Traffic induced air pollution ; Emisions,  
Impact and Air Quality. Symposium, Technische Univ. Graz, September 1992, pp 31-71.

WALSH M. P. (1996)

EU Commission Releases Comprehensive Auto Pollution Proposal. Car lines 96-4, july  
1996, Arlington, USA, p1.

WALSH M. P. (1997)

Communications personnelles à propos du parc automobile mondial. Mars 1997.

WOLF R. (1995)

Le véhicule électrique gagne le coeur de la ville. Centre français de l'électricité,  
Paris-La Défense, France, 341 p.



ZACHARIADIS T., SAMARAS Z., ZIEROCK K.-H. (1995)

Dynamic modeling of vehicle populations : an engineering approach for emissions calculations. *Technological Forecasting and Social Change* n°50, Ed. Elsevier Science Inc, New York, USA, pp.135-149.

ZANON P., TAYLOR R. (1996)

Les ennemis du diesel ont-ils raison ? *Auto-Plus* n°396, 9-15 avril 1996, pp. 22-29.