



HAL
open science

Statistiques de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France

Michel Andre, Anne-Laure Roche, Lauréline Bourcier

► **To cite this version:**

Michel Andre, Anne-Laure Roche, Lauréline Bourcier. Statistiques de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France. [Rapport de recherche] IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2014, 137 p. hal-01431629

HAL Id: hal-01431629

<https://hal.science/hal-01431629>

Submitted on 18 Sep 2019

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

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

Statistiques de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France

Convention de recherche:

- *ARTEMIS-France: Adaptation des données françaises de parc automobile et de trafic à l'outil Artemis et participation au groupe de travail européen en vue du développement d'un outil spécifique français de calcul des émissions de polluants*
- soutien financier de l'ADEME – Convention n°08.66.C0053

Par :

Michel ANDRÉ, Anne-Laure ROCHE, Lauréline BOURCIER

Rapport Ifsttar-LTE

Janvier 2013 (révision mars 2014)



IFSTAR

INSTITUT FRANÇAIS
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES
DES TRANSPORTS,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DES RÉSEAUX

Auteurs :

Michel André

*Directeur de recherche
Transports et pollution de l'air*

Anne-Laure Roche

*Ingénieur d'études
Transports et pollution de l'air*

Lauréline Bourcier

*Chargé de recherche
Transports et pollution de l'air*

Ces travaux ont également bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des transports et du Logement MEDDTL, Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer – DGITM - Convention N°217, 2008, Calibrage et diffusion du modèle ARTEMIS de calcul des émissions de polluants du transport routier au sein du RST

Fiche bibliographique

1 UR (1 ^{er} auteur) LTE, Laboratoire Transports et Environnement		2 Projet n°		3 Rapport INRETS n° Rapport Ifsttar-LTE	
4 Titre Statistiques de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France					
5 Sous-titre				6 Langue F	
7 Auteur(s) Michel ANDRÉ, Anne-Laure ROCHE, Lauréline BOURCIER				8 Rattachement ext.	
9 Nom adresse financeur, co-éditeur				10 N° contrats, conv.	
				11 Date de publication <i>Janvier 2013 (révision mars 2014)</i>	
12 Remarques					
13 Résumé <p>Dans la suite du projet européen ARTEMIS, une mise à plat des questions relatives à la détermination des parcs automobiles en vue des calculs d'émissions de polluants est réalisée. Des mises à jour et améliorations conséquentes des données et hypothèses sont réalisées pour les différentes catégories de véhicules Français.</p> <p>Des outils de calcul sont élaborés pour intégrer l'ensemble de ces données et permettent la détermination du parc automobile français de 1980 à 2030 sur des hypothèses prospectives explicitées. Les parcs résultants (statiques et en circulation et décrits de manière très fine) seront intégrés dans le logiciel HBEFA/Artemis, afin d'estimer les émissions des polluants des transports routiers.</p> <p>La comparaison de différentes estimations de parcs français montre des écarts très conséquents qui justifient un travail approfondi sur les hypothèses et approches de calcul, et démontrent la nécessité d'approches convergentes et explicitées. Ces écarts montrent en effet la grande fragilité des calculs d'émissions qui reposent en grande partie sur la connaissance des parcs automobiles.</p> <p>Ce rapport explicite les données et hypothèses d'élaboration des parcs, décrit les outils, analyse les parcs obtenus, et aborde finalement les autres données nécessaires aux calculs d'émission.</p> <p>Les travaux se sont appuyés sur différentes actions impliquant le réseau scientifique et technique (groupe de travail sur l'exploitation des données de trafic, mise en œuvre des données et outils sur des cas d'application). Ils ont également conduit à la création d'un groupe de travail national sur l'harmonisation des parcs et hypothèses de construction. La valorisation des travaux inclut l'exportation des données de parcs dans les outils du RST (CopCETE) et dans les outils européens HBEFA (groupes de travail HBEFA et ERMES) ainsi qu'un retour d'expérience dans ces cadres.</p> <p>Ces travaux seront prolongés par l'ajustement d'hypothèses et la simulation de scénarios alternatifs, et par l'analyse détaillée des parcs obtenus et de l'évolution de leurs émissions de polluants.</p>					
14 Mots clés statistiques, parc, circulation, survie, kilométrage annuel, véhicules utilitaires, poids lourds, bus, autocars, deux-roues, véhicules particuliers, émission, polluants, modèle			15 Diffusion libre		
16 Nombre de pages 137 pages		17 Prix ----- €	18 Confidentiel jusqu'au		19 Bibliographie oui

Publication data form

1 UR (1st author) Transport and Environment Laboratory		2 Project n°		3 INRETS report n° Rapport Ifsttar-LTE	
4 Title Traffic statistics for the calculation of pollutant emissions from road transports in France					
5 Subtitle				6 Language F	
7 Author(s) Michel ANDRÉ, Anne-Laure ROCHE, Lauréline BOURCIER				8 Affiliation	
9 Sponsor, co-editor, name and address				10 Contract, conv. n° 11 Publication date <i>Janvier 2013 (révision mars 2014)</i>	
12 Notes					
13 Summary <p>In the following of the Artemis European project, these works aim at a questioning of the determination of the French road-vehicles fleet, in order to assess their pollutant emissions. Consequent updates and significant improvements are conducted regarding the necessary data and assumptions for the different vehicle categories.</p> <p>Tools are built-up to manage these data and assumptions, and they enable the computation of the French fleet from 1980 up to 2030, using clearly established assumptions. The resulting fleet data will be used as input data for the HBEFA/Artemis software, as a basis for the pollutants emission estimation.</p> <p>A comparison with different estimations of the French fleet gives very significant differences. Such gaps justify such in-depth works around assumptions and approaches, and demonstrate the need of harmonized and explicit approaches and assumptions. Such gaps show also the high fragility of the emissions estimation, which relies to a large extent on the detailed knowledge of the vehicles fleet.</p> <p>This report describes the data, assumptions and the tools, analyses the resulting fleet, and addresses also the other data needed for the computation of the pollutant emission, in particular the driving conditions through the traffic situations approach.</p> <p>The works have been realized with different cooperation. A French working group was initiated to attempt harmonisation and capitalisation around this topic. The fleet data have been integrated into French- (CopCETE) and European- (HBEFA) tools and the works will be shared within the European working groups (ERMES, HBEFA, COPERT).</p> <p>The works should be completed by adjustments of the assumptions, complementary simulations, and through the detailed analyses of the fleet and their pollutant emissions.</p>					
Vehicles fleet, modelling, pollutant emission, annual mileage, passenger car, light duty vehicle, heavy duty, lorry, bus, coach				15 Distribution statement free	
16 Nb of pages 137 pages		17 Price — — — — €		18 Declassification date	
				19 Bibliography yes	

Table des matières

INTRODUCTION	5
1. CONSIDERATIONS GENERALES ET TRAVAUX REALISES	9
1.1. Travaux d'élaboration des données de parc automobile	9
1.2. Actions menées dans ce cadre	10
1.3. Principaux résultats	12
1.3.1. Travaux sur l'élaboration des statistiques de parcs et trafics	12
1.3.2. Exploitation des données de parcs	13
1.3.3. Prolongement des questionnements	13
1.4. Difficultés et adaptation du programme de travail	14
1.5. Difficultés spécifiques aux calculs du parc	15
2. ELABORATION DES DONNEES DE PARCS AUTOMOBILES	17
2.1. Principes généraux d'élaboration des parcs pour les calculs d'émissions	17
2.1.1. Composition détaillée des parcs automobiles et du trafic	18
2.1.2. Autres données (conditions de circulation et d'utilisation)	19
2.1.3. Remarques préliminaires	20
2.2. Données de référence	21
2.3. Parcs statiques - Immatriculations	24
2.3.1. Généralités	24
2.3.2. Diagnostic des données actuelles, perspectives	25
2.3.3. Voitures particulières	26
2.3.4. Véhicules utilitaires légers	29
2.3.5. Camions, camions articulés	33
2.3.6. Autobus et autocars	36
2.3.7. Deux-roues motorisés	41
2.4. Parcs statiques - hypothèses de survie des véhicules	44
2.4.1. Voitures particulières	45
2.4.2. Hypothèses de survie des véhicules utilitaires légers	50
2.4.3. Camions, tracteurs routiers	53
2.4.4. Autobus et autocars	55
2.4.5. Deux-roues motorisés	56
2.4.6. Conclusions	58
2.5. Parcs en circulation - hypothèses d'utilisation des véhicules	59
2.5.1. Voitures particulières	59
2.5.2. Hypothèses d'utilisation des véhicules utilitaires légers	63
2.5.3. Camions, tracteurs routiers	64
2.5.4. Autobus et autocars	66
2.5.5. Deux-roues motorisés	67
2.6. Réglementation pollution	69
2.7. Parcs et trafic - tendances prospectives	72
2.7.1. Tendances prospectives des immatriculations - Travaux antérieurs	72
2.7.2. Prospective des immatriculations des voitures particulières	73
2.7.3. Prospective des immatriculations des véhicules utilitaires légers	75
2.7.4. Prospective des immatriculations des camions et tracteurs	76
2.7.5. Prospective des immatriculations des autobus et autocars	77
2.7.6. Prospective des immatriculations des 2-roues motorisés	78
3. COMPARAISON DES PARCS AUTOMOBILES A D'AUTRES ESTIMATIONS	79

3.1.	Confrontation à d'autres données de parcs	79
3.1.1.	Écarts sur les volumes totaux	80
3.1.2.	Écarts sur la distribution essence - diesel (VP)	81
3.1.3.	Écarts sur la distribution selon les réglementations pollution (VP)	81
3.1.4.	Écarts sur la composition du parc de poids-lourds	82
3.1.5.	Conclusion	83
3.2.	Comparaison aux estimations antérieures	85
3.2.1.	Cas des voitures particulières	85
3.2.2.	Véhicules utilitaires légers	90
3.2.3.	Camions / tracteurs routiers	93
3.2.4.	Autobus et autocars	95
3.2.5.	Parcs des 2-roues motorisés	98
4.	DESCRIPTION DES PARCS AUTOMOBILES	99
4.1.	Composition des parcs	99
4.2.	Technologies alternatives	100
4.3.	Diesel et filtres à particules	101
4.4.	Réglementation émissions	103
4.5.	Parcs urbains, ruraux et autoroutiers	106
4.5.1.	Voitures particulières	106
4.5.2.	Camions et tracteurs routiers	107
4.5.3.	Autobus et autocars	108
4.5.4.	Autres catégories de véhicules	108
5.	CONDITIONS ET VITESSES DE CIRCULATION	109
5.1.	Circulation en urbain, rural et sur autoroute	109
5.2.	Situations de trafic françaises	110
5.2.1.	Principes de la détermination des situations de trafic	110
5.2.2.	Élaboration de situations de trafic types	114
5.2.3.	Bilan et perspectives	114
6.	AUTRES DONNEES INTERVENANT DANS LES CALCULS D'EMISSIONS	117
6.1.	Chargements et configurations des poids lourds	117
6.2.	Conditions climatiques et données d'usage correspondantes	118
6.3.	Données d'utilisation des véhicules impliquées dans le calcul des émissions de démarrage à froid et par évaporation	119
6.4.	Composition des carburants	119
7.	INTEGRATION EN VUE DES CALCULS D'EMISSIONS	121
8.	OUTILS ELABORES	123
8.1.	Élaboration des données d'immatriculations historiques et futures	123
8.2.	Feuille de calcul de parcs	123
8.3.	Programme de calculs des parcs et trafics	126
8.4.	Outil de détermination des situations de trafic	128
	CONCLUSION : BILAN ET PERSPECTIVES	129
	BIBLIOGRAPHIE	131
	Annexe - Hypothèses de distribution du kilométrage selon les types de voies	133

Introduction

Dans une démarche de réduction de la pollution atmosphérique liée notamment aux transports, les États ont adopté des réglementations (émissions, qualité de l'air) de plus en plus sévères, et mettent en œuvre de nombreuses mesures visant à maîtriser les impacts des transports : développement de technologies moins polluantes, restriction et organisation du trafic, gestion de l'offre de transports et en particulier accroissement de l'offre de transports collectifs, gestion de la demande de transports par la planification, l'urbanisme, etc. Ces enjeux de pollution de l'air ont également engendré la nécessité d'études d'impact pour les projets d'infrastructures, d'aménagement, etc.

Autant pour ces études d'impacts que pour l'évaluation a priori ou a posteriori de ces nombreuses mesures et de l'évolution de la pollution atmosphérique, l'estimation précise des quantités de polluants actuelles et futures émises par chacune des catégories de véhicules et modes de transports est fondamentale, que ce soit à un niveau national ou international dans le cas de l'évaluation de la responsabilité des états, ou pour disposer d'éléments fiables quant au potentiel des différentes mesures, pour évaluer l'impact des projets d'infrastructures, ou de la mise en œuvre de nouvelles politiques de transports ou de gestion de trafics.

Les outils de calcul des émissions de polluants des transports sont élaborés à un niveau international, européen pour ce qui concerne la France, dans le cadre de grands projets de recherche et actions de coopération. Concernant spécifiquement les transports routiers, les coopérations COST319, COST346, et projets de recherche MEET, ARTEMIS, etc., se poursuivent actuellement dans le cadre de groupes de travail européens (HBEFA, COPERT, ERMES). De ces travaux, sont élaborés des outils ayant une relativement bonne acceptation, car reposant sur la plupart des laboratoires européens travaillant dans le domaine des émissions, sur une mise en commun de données, et une synthèse et un consensus autour des meilleures approches potentielles.

Aujourd'hui, 2 outils (ou méthodes) principaux existent et sont issus de ces travaux : COPERT (actuellement version 4) proposant une approche de calcul d'émissions relativement macroscopique à partir de fonctions de la vitesse moyenne de circulation pour les émissions moteur chaud, et HBEFA (version 3.2) permettant une approche un peu plus locale, par la définition de « situations de trafic », considérant la configuration de la voie et les conditions de circulation dans une approche plus fine que la seule vitesse moyenne. Ce dernier outil intègre l'essentiel des travaux réalisés dans le cadre du projet ARTEMIS qui avait également permis l'élaboration d'outils « ARTEMIS ». Ces outils dérivés du projet n'ont cependant pas été maintenus. Par contre les travaux se poursuivent dans le cadre ERMES/HBEFA, et l'on doit considérer que le futur d'ARTEMIS est dans HBEFA. On notera également que COPERT4 intègre également une grande partie des résultats du projet ARTEMIS.

Ce sont ces outils (ou méthodes) qui sont utilisés dans de nombreux pays européens et en France en particulier, pour les études d'impacts d'infrastructures ou de projets routiers (notamment au sein du réseau scientifique et technique qui développe et utilise COPCETE dérivé de COPERT), pour la surveillance de la qualité de l'air par le réseau des ASQA (associations pour la surveillance de la qualité de l'air), et pour de nombreux travaux d'évaluation (PDU, etc.).

L'approche ARTEMIS/HBEFA de calcul des émissions a été considérée comme prometteuse notamment pour les cas d'application à échelle « locale » (évaluation au niveau d'un aménagement, d'un quartier, d'une agglomération). C'est pourquoi sa mise en œuvre française a été envisagée. C'est l'objet principal ou final de ces travaux et de certaines autres actions concomitantes.

Hormis les outils, le calcul des émissions de polluants du transport routier nécessite une quantité importante de données d'entrée. Ce sont notamment la description précise des parcs automobiles en circulation, la connaissance détaillée des conditions de circulation (à différents niveaux d'agrégation selon les applications), et la description de nombreux paramètres liés à l'utilisation (chargement, etc.).

La plupart de ces données existantes pour la France reposaient sur les travaux antérieurs, et notamment ceux de (Hugrel et al., 2004 et 2006). Ces données étaient alors couplées avec le logiciel COPERT III et avec l'outil spécifique français Impact-ADEME, dérivé de la même méthode.

L'évolution des structures de calculs et des paramètres (COPERT4 et HBEFA), ainsi que l'application spécifique en situations de trafic imposent cependant une mise à jour et adaptation des données d'entrée, voire des compléments indispensables. De plus, après constat de certaines fragilités de données et hypothèses nécessaires au calcul, il a été conclu à la nécessité de leur révision systématique et en profondeur.

Cette révision des données et hypothèses nécessaires à l'estimation précise des parcs automobiles et à la caractérisation des conditions de circulation et d'usage, en vue des calculs d'émissions de polluants des transports routiers à échelles locale ou macroscopique, constitue en conséquence l'essentiel de ces travaux.

Ce rapport s'attache à reprendre de manière systématique ces données et améliorer les différentes hypothèses en les actualisant. Pour chacune des catégories de véhicules (véhicules particuliers, deux-roues, bus et autocars, véhicules utilitaires légers et lourds), une estimation des immatriculations actuelles et futures, du parc statique et du parc roulant (en circulation) est faite afin de pouvoir utiliser par la suite ces données par le logiciel Artémis et ainsi calculer les émissions liées au transport routier en France.

On construit également les éléments d'une comparaison systématique des parcs automobiles issus des 2 approches (données et hypothèses issues des travaux de Hugrel et al., 2004 et 2006 d'une part, et leur transposition dans ARTEMIS d'autre part), afin de dépister les éventuelles erreurs de transposition, et envisager des améliorations des données et hypothèses existantes. On

pourra ensuite effectuer des simulations des émissions de polluants françaises des transports.

L'ensemble de ce travail aura permis de fiabiliser la démarche et les données d'entrée et d'élaborer de nombreuses données et hypothèses relatives à la description du trafic en France, des conditions de circulation et d'usage de véhicules. Différentes applications pourront être envisagées ensuite: du calcul des émissions nationales aux études d'impact local.

Ce rapport récapitule ces travaux : pour chacune des catégories de véhicules, un travail long et complexe de recensement des données et hypothèses, d'améliorations éventuelles et leur intégration dans des outils de calcul a été entrepris, conduisant quelquefois à l'identification d'écarts importants par rapport aux approches antérieures. L'approche a d'abord été menée pas à pas par catégorie de véhicules, en progressant dans l'assimilation des données et en testant différentes hypothèses. L'assimilation de données récentes, et le nécessaire retour sur l'ensemble des questions ont permis de rationaliser et homogénéiser les approches et d'opter pour des principes cohérents pour l'ensemble des véhicules.

Au chapitre 1, ce rapport évoque également l'ensemble des actions qui ont été menées dans ce cadre ou en lien avec ces travaux sur les parcs automobiles, notamment en lien avec le réseau scientifique et technique, avec les institutions françaises et dans le cadre des groupes de travail européens sur les émissions de polluants des transports.

1. Considérations générales et travaux réalisés

Ces travaux se sont focalisés principalement sur l'élaboration des parcs automobiles en vue de leur utilisation pour les calculs d'émissions de polluants des transports routiers. Ces travaux seront résumés succinctement dans ce chapitre mais largement détaillés dans les chapitres suivants.

Nous évoquons surtout ici les différentes actions (groupes de travail, calculs d'émissions, approches méthodologiques, valorisation des résultats, etc.) qui ont accompagné ces travaux, les principaux résultats, ainsi que les difficultés rencontrées, qui nous ont conduit à adapter le programme de travail.

1.1. Travaux d'élaboration des données de parc automobile

Le calcul des émissions de polluants des transports routiers repose sur une connaissance détaillée de la composition du trafic par catégories de véhicules (VP, VUL, etc.), par motorisations, taille, réglementation pollution (pré-Euro puis Euro 1 à 6, etc.). Il nécessite également la connaissance des conditions de circulation (vitesses) et des conditions d'utilisation (charge du véhicule, carburants, températures, etc.). Dans l'élaboration des données de parc automobile, on s'appuie sur les données d'immatriculations annuelles, qui doivent être extrêmement détaillées, selon les déclinaisons techniques nécessaires aux calculs d'émissions. Mis à part ces données de base, des hypothèses cruciales interviennent, dont la fragilité est paradoxalement très grande à ce jour. Il s'agit notamment des hypothèses de survie des véhicules, des fonctions décrivant leur utilisation (kilométrages annuels) et des hypothèses prospectives. Ces points constituent l'un des enjeux majeurs de ces travaux.

L'ensemble des données actuelles décrivant les parcs automobiles pour les calculs d'émissions repose sur différents travaux successifs (Bourdeau 1998, Lacour et al 2002, Hugrel et al. 2004).

Une première phase de ces travaux a donc consisté en un examen systématique des données utilisées antérieurement (immatriculations), leur récupération / archivage et organisation en vue d'une gestion des données optimisée et fiable, et leur adaptation aux contraintes des nouvelles méthodes de calcul des émissions (Artemis/HBEFA, Copert, notamment en terme de structure du parc). Ces données ont nécessité quelquefois des corrections (erreurs de format) ou des corrections d'interprétation (mise en classe, etc.), ce qui a conduit inévitablement à des écarts d'estimation des parcs (et des émissions) par rapport aux travaux antérieurs. Ces données devront être toujours complétées en fonction de leur disponibilité pour les années à venir.

Cette phase préalable incluait également une analyse systématique des hypothèses élaborées lors des approches précédentes (courbes de survie, d'utilisation, etc.), leur transposition à l'identique (au moins à des fins de comparaison et lorsque cela est justifié) en vue de leur mise en œuvre dans les outils Artemis, et des adaptations lorsqu'elles s'avèrent nécessaires.

Il s'agissait enfin de réaliser l'intégration des données et hypothèses précédentes dans l'outil Artemis/HBEFA en vue d'abord du calcul direct du parc français – en lieu et place des outils élaborés antérieurement sous forme de fichiers Excel –, et ensuite de l'estimation de ses émissions (à la place des simulations antérieures Copert3 et Impact-Ademe). Cette intégration s'est accompagnée d'une comparaison pas à pas des résultats de simulation obtenus d'une part lors des travaux de Hugrel 2004 et 2006, et d'autre part lors de la simulation avec Artemis/HBEFA. Cette comparaison a porté d'abord sur la simulation du parc (afin de détecter tout risque d'introduction d'erreurs) puis sur les résultats d'émissions (incidence de l'évolution des méthodes de calcul).

Cette première phase des travaux a donc permis en premier de dresser un état des lieux documenté des données et hypothèses, afin de renforcer la traçabilité des travaux et des résultats, et notamment lorsque des adaptations ou corrections ont été nécessaires. Cela permet d'expliquer / justifier les écarts obtenus par rapport aux travaux antérieurs, et de justifier des bilans (ou conclusions) qui peuvent s'avérer très différents.

Cette phase a été suivie d'un travail d'approfondissement et de mise à jour des nombreuses hypothèses de trafic précédemment évoquées.

On a également réalisé l'acquisition de données récentes d'immatriculations (période 2001-2012), qui ont permis d'améliorer très significativement la qualité des estimations, notamment en ce qui concerne la déclinaison détaillée selon les catégories nécessaires aux calculs d'émissions.

L'ensemble de ces travaux a permis in fine de poser correctement l'ensemble des questions qui regardent la détermination des parcs automobiles en vue des calculs d'émissions, de collecter une quantité considérable de données nouvelles et d'élaborer les nombreuses hypothèses nécessaires aux estimations des parcs, de construire les outils permettant l'intégration des données et hypothèses et le calcul des parcs, de proposer et de mettre en œuvre un premier scénario d'évolution à horizon 2030, et sur cette base de construire la base de données des parcs automobiles français, et de les analyser.

Ce jeu de données sera prochainement intégré dans les outils de calcul HBEFA - version publique –, qui deviendront alors un outil à disposition des utilisateurs français pour des travaux reposant sur l'approche par situations de trafic.

Ce jeu de données a été également transposé pour être utilisable avec les outils COPCETE du RST, et également pour être utilisé avec COPERT4.

Enfin cette base de travail permettra d'affiner certaines hypothèses qui ont été identifiées comme importantes et fragiles, d'envisager d'autres scénarios d'évolution des parcs, et veut contribuer à harmoniser et fiabiliser les données françaises de parcs automobiles, actuellement multiples et quelquefois divergentes (cf. section 3.1).

1.2. Actions menées dans ce cadre

Ces travaux se sont appuyés sur différentes actions qu'il convient de citer :

- Il s'agit d'abord de l'animation ou d'interventions dans plusieurs groupes de travail au sein du réseau scientifique et technique (Certu, Sétra, réseau des Cete), visant :
 - d'une part à exposer les besoins de données opérationnelles pour les estimations nationales (inventaires d'émission) ou locales (études d'impact de projets routiers par exemple) des émissions de polluants des trafic, l'état des lieux de ces données, ainsi que les contraintes et difficultés associées,
 - d'autre part à tirer le meilleur parti des données opérationnelles qui peuvent exister (comptages de trafic, enquêtes mobilité, etc.),
 - enfin à recenser les pratiques opérationnelles des études d'impact sur la pollution de l'air et à en tirer parti pour la mise en œuvre des outils et l'élaboration des données.
 - Au global, ces réflexions et échanges auront permis une réelle mutualisation de la problématique, une valorisation de données de terrain, et une amélioration des hypothèses et données d'entrée des outils de calcul d'émission.
- Différentes actions de valorisation et de sensibilisation (connaissance des outils de calcul, information sur les parcs, sensibilité des émissions aux données de parcs et trafic) ont été également menées au sein du réseau scientifique et technique et notamment via le groupe de travail RST Air.
- Ces travaux ont été également accompagnés d'applications concrètes et de la mise en œuvre des outils et des données, notamment par le Cete Nord-Picardie dans le cadre d'actions pilotées par l'IFSTTAR. On a ainsi réalisé l'exercice complet de mise en œuvre des outils ARTEMIS (puis HBEFA) sur le territoire du PDU de Lille (Gadrat et al. 2008), en comparaison d'exercices précédents (projet PREDIT), puis l'articulation de ces outils avec les outils de dispersion et de calcul des concentrations de polluants (ADMS-Urban). Ces travaux ont débouché sur des recommandations méthodologiques sur l'utilisation des outils dans le cadre des études d'impacts par les Cete.
- Un travail conséquent d'analyse de la mise en œuvre conjointe des outils de simulation du trafic et des émissions a également été mené avec le Cete Ouest dans le cadre du projet de recherche ANR Eval-PDU (focalisé sur les méthodologies d'évaluation des PDU). Ces travaux ont ouvert à de nombreux questionnements méthodologiques qui sont l'objet de nouvelles actions de recherche (opération SERRES sur l'évaluation environnementale, projet CoerT-P et ANR TrafiPollu sur la mise en œuvre conjointe des outils de trafic et d'émission).
- Un travail d'inter-comparaison des outils de calcul d'émissions (COPERT4 et CopCETE, Artemis et HBEFA) a été également initié au sein du RST et qui, au-delà des écarts observés entre différentes approches, aura surtout permis l'acquisition d'une

connaissance et de pratique approfondies et mutualisées des outils, y compris dans l'intégration des données d'entrée (parcs, trafics, etc.)

- Les données de parcs et autres données de calcul d'émission développées dans ce cadre ont enfin été intégrées dans l'outil CopCETE (développement pour le RST par Cete Normandie), et la coopération autour de cet outil a également contribué à son développement.
- D'autres données de parcs et de trafic existent également dans d'autres contextes (inventaire national du CITEPA, bases de données internationales, etc.), et peuvent dans ces cas être dérivées des travaux mentionnés plus haut, ou résulter d'autres hypothèses, sans la nécessaire transparence qui conviendrait à l'élaboration de telles statistiques. Le constat de la coexistence de ces jeux de données et de leurs divergences a conduit à proposer une action de mise à plat de l'ensemble de ces données et hypothèses en vue de mettre en œuvre et promouvoir les meilleures statistiques de description des parcs automobiles français. Ce volet complémentaire se place dans le cadre d'un groupe de travail national (GT Parcs) regroupant les principales institutions concernées. La confrontation des différentes approches devrait parachever les travaux effectués dans ce cadre et présentés dans ce rapport.
- Enfin, les données générées dans ce cadre (parc national et conditions de trafic) seront intégrées dans un très court terme dans les outils européens de calcul d'émissions (notamment l'outil Handbook of Emission Factors HBEFA) et leur adaptation au cas français, et les différentes applications françaises de calcul d'émission seront capitalisées sous la forme d'un retour d'expérience dans le cadre du groupe de travail européen ERMES (European Research group on Mobile Emission Sources).

1.3. Principaux résultats

1.3.1. Travaux sur l'élaboration des statistiques de parcs et trafics

On a réalisé un bilan systématique et une analyse critique des données et hypothèses antérieures, permettant de construire ou reconstruire les parcs automobiles. Cet état de l'art a été surtout le point de départ d'un approfondissement de nombreuses hypothèses, de mises à jour de données et de réflexion sur des principes robustes d'estimation.

Pour être plus précis, les calculs de parcs historiques et prospectifs ont été réalisés pour toutes les catégories de véhicules (VP, VUL, PL, autobus et autocars, et 2 roues motorisés). Ces données sont opérationnelles tant dans une démarche de calcul des émissions avec les outils classiques COPERT4 qu'avec les outils HBEFA. Plusieurs jeux de données ont été élaborés (versions de 2009, 2011 et 2013), objets d'améliorations successives des données et hypothèses et de validation, et qui ont été mis à disposition de plusieurs institutions qui souhaitaient disposer de ces données, même

dans leur caractère provisoire.

Les outils de calcul sont opérationnels et prêts à recevoir des hypothèses améliorées. De même, les procédures - relativement automatisées - d'introduction des données de parcs et trafic dans les outils HBEFA sont prêtes et ont été mises en œuvre sur le jeu de données de l'ensemble des catégories.

Une transposition de ces données pour leur utilisation dans le logiciel COPERT4 a également été réalisée en raison de la forte demande pour l'adaptation à ce format, et également pour permettre des inter-comparaisons d'outils. Les données de parcs ont été également transférées pour utilisation avec le logiciel Cop-Cete, outil français s'appuyant sur la méthodologie Copert4 mais permettant un calcul sur un réseau routier décrits en brins / arcs. Une passerelle relativement automatique a été réalisée à cet usage en partenariat avec le Cete Normandie.

1.3.2. Exploitation des données de parcs

Les jeux de données élaborés dans ce cadre (versions de 04/2009 et 11/2011) ont ainsi été - ou sont encore - utilisés dans différents contextes :

- Pour la simulation du PDU de Lille avec l'outil ARTEMIS, à la fois en terme d'émissions et en couplage avec les outils de calcul de la qualité de l'air (ADMS-Urban) en partenariat avec le CETE Nord-Picardie ; ces travaux se sont surtout intéressés au côté opérationnel de l'approche situations de trafic ;
- Dans le cadre du projet de recherche ANR Eval-PDU focalisé sur l'analyse critique des outils d'évaluation (ainsi que leurs données d'entrée et le couplage entre les différents outils trafic, émissions, qualité de l'air) des impacts environnementaux, avec comme cas d'application le PDU de Nantes,
- Ces données ont par ailleurs été sollicitées par plusieurs ASQA pour différents travaux de calculs d'émission et de modélisation de la qualité de l'air, par PTV qui dispose d'une interface entre outils de simulation dynamique du trafic et modèle HBEFA de calculs des émissions, etc.

1.3.3. Prolongement des questionnements

En dehors des données proprement dites, ces travaux auront par ailleurs permis de susciter une réflexion de fond sur l'élaboration et la qualité des estimations des parcs automobiles français, que ce soit à une échelle nationale (groupe de travail en cours sur l'élaboration des parcs nationaux en vue de l'amélioration, la mise en commun et la convergence des hypothèses et approches), ou pour des travaux locaux (projet Eval-PDU, évaluation des ZAPA, projets de recherche PREDIT Mocopo sur Grenoble et ZA-ParC focalisés sur l'observation et la variabilité des parcs locaux).

Ces travaux sont enfin l'opportunité d'un questionnement des calculs d'émissions, notamment dans les cadres Eval-PDU, Mocopo, Za-ParC, ainsi que dans le cadre d'un exercice d'inter-comparaison des outils de calcul d'émission (Copert4, CopCETE, HBEFA) en cours en partenariat avec les CETE Normandie et Nord-Picardie.

1.4. Difficultés et adaptation du programme de travail

En regard des travaux initialement prévus, il convient de mentionner que plusieurs difficultés techniques ont considérablement alourdi la tâche et nous ont conduit à adapter le programme de travail :

- Il faut d'abord souligner que ce projet - en ce qui concerne la connaissance des parcs automobiles - devait initialement s'appuyer sur les travaux du SOeS, croisant immatriculations et données issues du contrôle technique. Cette approche doit permettre en effet une estimation fiable des parcs automobiles. Ces travaux se heurtent cependant à de nombreuses difficultés et ne sont - à ce jour - que très partiellement disponibles (autobus et autocars sur quelques années). Ils ne seront par ailleurs vraisemblablement pas disponibles pour les années antérieures. De ce fait, il est nécessaire - sans doute pour plusieurs années encore - de poursuivre l'approche classique d'élaboration des parcs croisant immatriculations et hypothèses de survie des véhicules. Compte tenu de la complexité de cette approche et des hypothèses multiples, une grande partie des travaux a été dédiée à ce volet, au détriment d'autres aspects initialement envisagés.
- Ensuite, l'approche systématique - telle qu'initialement envisagée - de transposition des hypothèses antérieures sans amélioration (pour des soucis de comparabilité) n'est pas longtemps tenable, car des erreurs ont été quelquefois détectées qu'il était nécessaire de résoudre. On a donc abandonné assez rapidement l'idée d'une comparaison systématique des outils sur des hypothèses rigoureusement identiques, qui s'avère d'un faible intérêt.
- Comme on le verra également (cf. section suivante), la simulation directe du parc automobile dans l'outil Artemis (ou HBEFA) n'est pas opérationnelle compte tenu d'incohérence ou plutôt de divergence de données ou d'approches. Il a donc été nécessaire de construire une base de calcul du parc français année par année, indépendante de l'outil Artemis/HBEFA.
- Cette base de calcul a d'abord été construite sous forme de fichiers Excel automatisés autant que possible. Cela a nécessité un travail considérable d'assimilation des approches antérieures, et de (re-) développement de fonctions de calcul quelquefois complexes. Les données résultantes (parcs statique et roulant) sont ensuite introduites dans le logiciel Artemis (composition du parc). Cette base sous Excel ne permet cependant que d'élaborer les données année par année. Les calculs et leur transfert « artisanal » renforcent la nécessité d'une très grande traçabilité des données. Dans ce but des comparaisons systématiques des résultats sont effectuées à chaque étape.

- Afin de pallier aux limites des outils précédents, de travailler sur l'ensemble des années, et surtout pour permettre un bouclage ou validation sur des données externes, l'ensemble des étapes de calcul et de mise en forme des résultats a été ré-informatisé sous forme d'un programme en langage Fortran. Par ailleurs un outil d'importation automatique des données de parcs ainsi que des nombreuses données corrélatives (segmentation détaillées des données, distributions selon l'âge, hypothèses de kilométrage annuel et influence de l'âge, etc.) a été mis au point qui a permis de fiabiliser ces opérations de transfert.
- Enfin, ce projet était initialement conçu pour permettre la mise en œuvre des résultats du projet de recherche ARTEMIS et en particulier les outils de calculs d'émissions permettant une approche par situations de trafic au lieu de l'approche traditionnelle en fonction de la vitesse moyenne. Les limites de l'outil Artemis sont cependant apparues assez rapidement lors des calculs d'émission : des facteurs d'émissions sont en effet manquants pour certains polluants, certaines approches, certaines situations de trafic, etc. Le logiciel Artemis n'étant pas susceptible d'être mis à jour (car il a été élaboré dans le cadre strict du projet européen), nous avons été amenés à ré-orienter nos travaux vers le logiciel HBEFA - expert version, qui reprend la plupart des fonctionnalités d'Artemis, et qui a été corrigé de la plupart des défauts constatés dans Artemis. Cette évolution a impliqué cependant certaines restrictions, puisque l'outil a fortement évolué sur certains aspects et qu'il ne permet plus par exemple le calcul des émissions selon les vitesses moyennes (qui présentait un intérêt en terme de comparaison d'approches avec les résultats de Hugrel, 2006 sous Copert3). Cette évolution a surtout nécessité une adaptation des données aux versions successives de l'outil HBEFA, après leur mise en œuvre opérationnelle sous Artemis en 2009. La première version HBEFA opérationnelle et permettant effectivement de réintégrer les données françaises n'a par ailleurs été disponible que mi-2011.
- Nous emploierons donc dans la suite indifféremment les appellations Artemis, HBEFA ou Artemis/HBEFA, car les approches sont similaires, mais seuls les outils HBEFA version experte seront désormais utilisés.

1.5. Difficultés spécifiques aux calculs du parc

1.5.1.1. Difficultés liées aux calculs de parcs dans le logiciel HBEFA

Les outils ARTEMIS et HBEFA permettent deux approches de détermination des parcs automobiles : 1- l'une s'appuyant sur les immatriculations annuelles et les coefficients de survie, 2- l'autre utilisant directement une composition du parc et nécessitant une distribution des véhicules selon leur âge.

Les lois de survie proposées par (Hugrel et al., 2004) et antérieurement par (Bourdeau, 1998) et (Lacour et. al., 2002), ne sont pas compatibles avec les lois et l'approche de calcul du parc par les outils ARTEMIS (et sans doute HBEFA). Il n'est donc pas possible de les utiliser telle quelles. Des simulations font en effet apparaître une évolution anormale du parc (forte décroissance avant reprise

d'une tendance normale). En première approche et avant un travail de fond nécessaire sur cette question, les lois de survie (antérieures et nouvelles) ont donc été systématiquement utilisées hors du logiciel ARTEMIS/HBEFA, avec les tableaux d'immatriculation mis au format ARTEMIS, pour calculer le parc statique d'une ou de plusieurs années. C'est donc le parc simulé/observé qui est ensuite introduit comme donnée d'entrée des outils ARTEMIS (et non directement les immatriculations et courbes de survie). Ce constat s'applique à l'ensemble des catégories de véhicules.

Le calcul du parc précédent permet directement de déterminer la distribution des véhicules selon leur âge, pour chaque année éventuellement. Ces distributions sont également introduites dans le logiciel (données d'entrée).

Remarque : ce travail d'élaboration du parc hors des outils ARTEMIS (puis HBEFA) s'est poursuivi. La nécessité de traiter de nombreuses années et d'ajuster les parcs sur des statistiques externes nous a finalement conduit à développer ces calculs sous FORTRAN, qui permet un travail beaucoup plus rigoureux, systématique, et moins fastidieux qu'avec les outils de bureautique non appropriés à cet usage.

1.5.1.2. Aspects prospectifs des immatriculations et des parcs

Pour les mêmes raisons d'incompatibilité des lois de survie, il n'est - dans l'immédiat - pas possible d'utiliser le logiciel ARTEMIS/HBEFA pour simuler les parcs futurs de manière cohérente avec les travaux antérieurs. On calcule donc les parcs actuels et futurs hors Artemis/HBEFA et on les utilise comme données d'entrée du logiciel.

2. Élaboration des données de parcs automobiles

On décrit d'abord et brièvement dans ce chapitre les grandes lignes et les principales données et hypothèses impliquées dans les calculs de parc et de trafic nécessaires aux estimations nationales d'émissions de polluant.

On décrit ensuite de manière systématique ces données et hypothèses :

- données de cadrage ou de références, qui servent à ajuster les estimations : ce sont principalement des estimations externes des parcs automobiles, les kilométrages annuels ou l'âge moyen des véhicules résultant d'enquêtes,
- immatriculations annuelles et structures attendues (déclinaisons techniques) des parcs automobiles,
- hypothèses de survie des véhicules, ou probabilité d'un véhicule immatriculé l'année N de subsister à l'année N+m,
- hypothèses d'utilisation des véhicules, c'est à dire principalement les kilométrages annuels et leur évolution selon les catégories et l'âge des véhicules
- hypothèses ou tendances prospectives des immatriculations, permettant d'envisager la description des parcs pour les années à venir (ou pour les années pour lesquelles il n'existe pas de statistiques observées).

De manière assez systématique, on reprend ci-après les données, hypothèses, approches utilisées antérieurement lors des travaux de (Hugrel et al., 2004 et 2006), puis celles-ci sont discutées, améliorées, complétées de données récentes. Nous examinons les principales étapes de transposition, adaptation et amélioration des données et hypothèses pour leur utilisation dans les outils ARTEMIS ou HBEFA, et les implications de ces adaptations sur les estimations de parcs automobiles. Des recommandations d'adaptation et d'amélioration seront également soulignées.

2.1. Principes généraux d'élaboration des parcs pour les calculs d'émissions

Le calcul d'émission repose grossièrement sur :

- une déclinaison détaillée de la **composition du trafic** par catégories de véhicules (VP, VUL, autobus, autocars, poids lourds, 2-roues motorisés), par motorisations, taille (cylindrée des moteurs pour les véhicules légers et poids total en charge pour les véhicules lourds), réglementation pollution (pré-Euro puis Euro 1 à 6, etc.)

- la connaissance des **conditions de circulation** (vitesses, situations de trafic),
- la connaissance de certaines **conditions d'utilisation** (charge du véhicule, configuration poids lourds, carburants, etc.) et de paramètres ambiants (températures, etc.).

2.1.1. Composition détaillée des parcs automobiles et du trafic

Pour la France, l'élaboration de la composition détaillée du parc et du trafic pour le calcul des émissions de polluants repose sur le processus illustré Figure 1- s'appuie sur :

- des données de base (a) entrant dans le calcul :
 - o des **données annuelles d'immatriculations** (tirées du fichier des cartes grises), déclinées selon la structure nécessaire aux calculs d'émissions lorsque cela est possible,
 - o des **taux de survie** appliqués à ces immatriculations afin de dénombrer les véhicules de chacune des catégories et selon leur âge et qui demeurent présents dans le parc automobile au bout de N années. L'ensemble des résultats par catégories détaillées constitue une image du **parc statique** (non pondéré par son utilisation),
 - o les hypothèses d'**entrée en vigueur des réglementations** des émissions de polluants des véhicules (année d'entrée en vigueur, pourcentage de véhicules nouvellement immatriculés et concernés par la nouvelle réglementation). Ces hypothèses - combinées avec les immatriculations et taux de survie - constituent l'image du **parc statique décliné par réglementations** (non pondéré par son utilisation). C'est ce niveau de détail qui est nécessaire aux calculs d'émissions.
 - o des hypothèses d'utilisation des véhicules ou **kilométrages annuels**, variables selon les catégories et décroissants généralement avec l'âge des véhicules. Ces hypothèses d'utilisation permettent de déterminer le kilométrage total annuel parcouru par chacune des catégories ou sous-catégories de véhicules (ou volume de trafic), et l'ensemble des résultats constitue l'image du **parc en circulation ou roulant** (décliné comme précédemment).
- le recours éventuel à des statistiques externes pour cadrer / valider les calculs précédents (données de cadrage (b)) ; ces données externes pourront être des kilométrages annuels, âge des véhicules (résultats d'enquêtes), parcs totaux constatés, etc.
- S'ajoute à ce schéma l'application de tendances ou/et hypothèses prospectives (c) pour les années futures. Ces prévisions pourront porter sur les immatriculations des années futures (ou de celles postérieures aux statistiques disponibles d'immatriculations), sur les utilisations des véhicules (kilométrages, etc.), ou alternativement sur les parcs automobiles et volumes totaux de trafic.

Enfin, les calculs d'émissions nécessitent généralement des données complémentaires (d) : répartition spatiale ou selon les réseaux du trafic, vitesses, hypothèses sur l'utilisation des véhicules, etc., cf. plus loin.

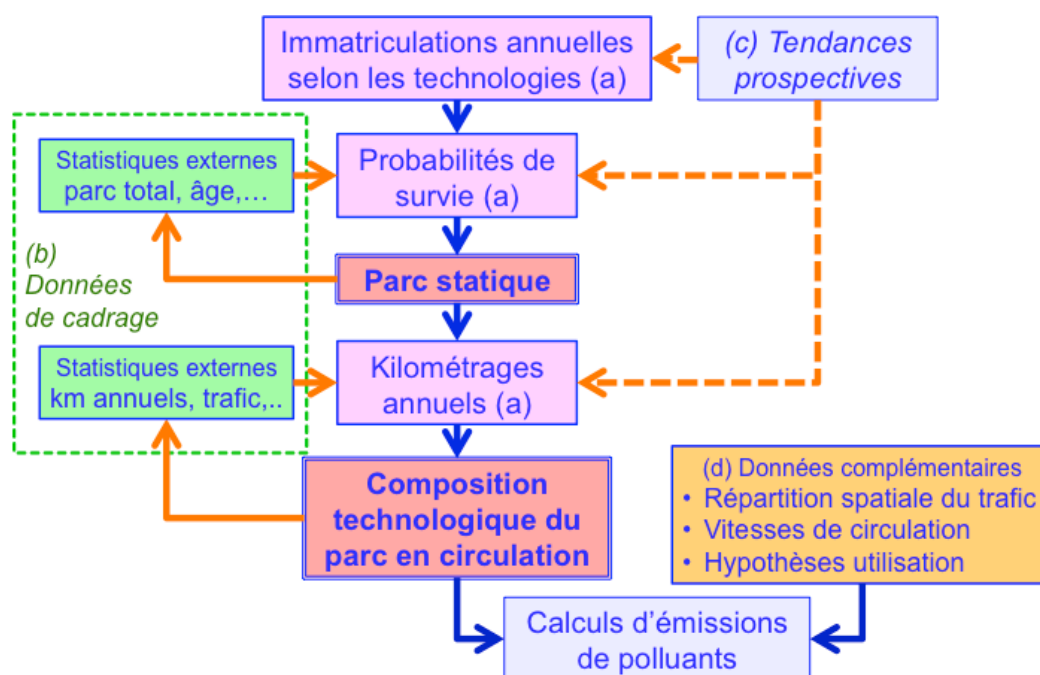


Figure 1: Schéma de principe de la détermination de la composition des parcs automobiles et trafics selon les caractéristiques techniques détaillées des véhicules, en vue des calculs d'émission de polluants.

(a) données de base entrant dans le calcul ; (b) données de cadrage, ajustement éventuel sur des statistiques externes ; (c) tendances prospectives ; (d) autres données nécessaires aux calculs d'émission

Par ailleurs, il convient cependant de préciser que certaines informations techniques complémentaires sont également nécessaires, comme par exemple l'équipement en filtre à particules, en climatisation, en dispositif de piégeage des évaporations de carburant, en dispositifs de dépollution EGR ou SCR, ainsi que le type d'injection (Directe / indirecte), etc.

Hormis les statistiques externes de cadrage et certaines informations techniques, l'ensemble de ces données a été élaboré dans le cadre de différents travaux successifs (Bourdeau 1998, Lacour et al 2002, Hugrel et al. 2004) pour permettre une simulation détaillée du parc français sur des périodes allant des années 1940 jusqu'à 2025.

2.1.2. Autres données (conditions de circulation et d'utilisation)

Les autres données nécessaires aux calculs d'émissions regroupent principalement :

- des conditions particulières d'utilisation des véhicules :
 - configuration et chargement des poids lourds
 - longueurs de trajets
 - durées de parking
 - conditions de conduite par classe de distance (vitesse) pour le calcul des émissions à froid et par évaporation,

- des conditions climatiques (statistiques météo), idéalement réparties temporellement (horaires, journalières, annuelles) et combinées avec la distribution temporelle du trafic selon ces périodes de temps,
- des propriétés de carburants (teneurs en Pb, S, etc.) et des proportions éventuelles de carburants pour certaines motorisations bi-carburants (i.e. 5% éthanol, 95% essence, GNV, etc.),
- des consommations des véhicules neufs (donnée de cadrage),
- des conditions de circulation (vitesses moyenne, ou situations de trafic) et la distribution du trafic (ou du kilométrage) selon ces conditions.

Nous reviendrons ultérieurement sur ces données et la démarche générale de leur élaboration.

2.1.3. Remarques préliminaires

Concernant spécifiquement l'élaboration de la composition du parc, il convient de souligner que :

- Dans les travaux précédents, la prospective ne s'applique qu'aux seules immatriculations annuelles (elle concerne alors l'achat et/ou la possession de véhicules), alors qu'elle devrait concerner également les autres paramètres qui conditionnent la mobilité (notamment les kilométrages annuels et la durée de vie des véhicules).
- Les données de taux de survie et d'utilisation (kilométrages annuels et leur évolution) apparaissent être des données cruciales, alors qu'on verra que ce sont des données / hypothèses relativement fragiles à ce jour.
- Les équations complexes qui relient d'une part immatriculations et taux de survie pour déterminer le parc automobile (en nombre et par catégories détaillées), et d'autre part parc en nombre et kilométrage annuel pour déterminer le trafic total ou parc roulant, nécessitent des hypothèses robustes de bouclage ou de cadrage afin de valider l'ensemble du calcul et des hypothèses sous-jacentes. On devra s'appuyer notamment sur les scénarios d'évolution de la mobilité, des kilométrages annuels, etc. Cependant, Hugrel 2004 avait montré la difficulté de ce cadrage qui peut conduire à un bouleversement radical et peu réaliste des lois de survie par exemple. Ce point constitue l'un des enjeux majeurs de ces travaux.
- Comme cela a été souligné antérieurement, l'incompatibilité des outils de calcul d'émission (Artemis/HBEFA) dans leur capacité à simuler l'évolution des parcs à partir de données immatriculations annuelles et d'hypothèses de survie, avec la forme variée des hypothèses de survie retenues pour les différentes catégories de véhicules français, nous a contraint à ne pas utiliser cette fonctionnalité, et en conséquence à générer les compositions de parcs séparément des outils de calcul d'émissions, puis à les introduire comme données d'entrée des calculs.

2.2. Données de référence

Comme on le verra par la suite, l'élaboration des parcs automobiles (en nombre et en veh x km) nécessite des ajustements ou validations s'appuyant sur des statistiques externes. Ce processus est mis en œuvre dans ce cadre, sur les plages d'années pour lesquelles on dispose de ces statistiques.

Ce processus concerne en particulier les nombres totaux de véhicules d'une certaine catégorie (dans le parc), qui permettent d'ajuster les hypothèses de survie des véhicules, connues insuffisamment. Les données dénombrant les parcs totaux et établies par le CCFA et le SOeS sont utilisées dans ce but. Elles concernent les différentes catégories de véhicules (VP, VUL, PL, Bus/Cars) avec quelques précisions (VP Diesel / Essences, Camions / tracteurs). Ce même processus a été également envisagé à partir de statistiques d'âge moyen des véhicules du parc d'une année (issues des enquêtes TNS-Sofres et ParcAuto analysées par Ifsttar-DEST).

Un ajustement est également envisagé pour l'élaboration de la composition du parc en circulation, à partir de statistiques de kilométrages annuels. On s'appuiera dans ce cas sur les résultats d'enquêtes : sur les parcs et leur utilisation (Parcauto, Ifsttar-DEST) pour les voitures, enquêtes de mobilité (ENTD), sur le transport de marchandises (TRM), ou sur les utilisations des autobus et autocars (TRV).

On récapitule dans le tableau suivant les données de référence qui ont été collectées et qui sont utilisées aux fins d'ajustement des lois de survie et des fonctions d'utilisation (kilométrages annuels).

Il conviendra de compléter au fur et à mesure ces statistiques par les dernières années disponibles, et notamment les estimations réalisées par le SOeS et croisant immatriculations et contrôle technique et donnant en conséquence une image fiable des parcs. Ces statistiques existent déjà pour autobus et autocars et devraient concerner à court ou moyen terme les 2-roues et les autres catégories de véhicules.

Remarque : il est aussi possible d'utiliser ce mécanisme d'ajustement sur des volumes d'immatriculations et kilométrages annuels prévisionnels (c'est à dire pour les années 2020, 2025 et 2030 par exemple).

Information	Categorie	Ref.	En milliers	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Nombre	PC	1	Voitures				18440	19130	19750	20300	20600	20800	21090	21500	21970	22520
Nombre	PC	1	Diesel				730	890	1077	1288	1453	1660	1885	2125	2390	2800
Nombre	PC		Essence				17710	18240	18673	19012	19147	19140	19205	19375	19580	19720
Nombre	LCV	1	Petits véhicules utilitaires (< 3,5t)				1985	2093	2181	2357	2666	2754	3422	3595	3762	3958
Nombre	HGV	1	Camions (plus de 3,5t)				379	364	340	338	371	357	357	400	398	397
Nombre	HGV	1	Tracteurs routiers				129	134	134	134	131	137	137	140	145	150
Nombre	BUS_COACH	1	Bus/Cars				57	59	61	61	62	62	64	65	65	65
Nombre	BUS	3	Bus urbains													
Nombre	COACH	3	Autocars													
Nombre	2W	3	2-Roues motorisés													
Nombre	2W	3	Cyclomoteurs													
Nombre	2W	3	Motos													
Information	Categorie	Ref.	En milliers	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Nombre	PC	1	Voitures	23010	23550	23810	24020	24385	24900	25100	25500	26090	26810	27480	28060	28700
Nombre	PC	1	Diesel	3265	3775	4275	4876	5536	6306	6938	7470	8029	8609	9261	9980	10889
Nombre	PC	0	Essence	19745	19775	19535	19144	18849	18594	18162	18030	18061	18201	18219	18080	17811
Nombre	LCV	1	Petits véhicules utilitaires (< 3,5t)	4125	4281	4377	4405	4443	4513	4564	4617	4750	4868	4974	5110	5249
Nombre	HGV	1	Camions (plus de 3,5t)	395	389	386	376	371	368	362	359	350	346	345	346	348
Nombre	HGV	1	Tracteurs routiers	160	170	178	178	175	181	190	197	198	204	210	217	220
Nombre	BUS_COACH	1	Bus/Cars	68	70	76	76	76	78	79	82	82	82	80	80	81
Nombre	BUS	3	Bus urbains									21	22	21	19	20
Nombre	COACH	3	Autocars									61	60	59	61	61
Nombre	2W	3	2-Roues motorisés						3135	3133	3130	2653	2640	3779	3744	3827
Nombre	2W	3	Cyclomoteurs						2158	2069	1980	1604	1523	2074	1951	1887
Nombre	2W	3	Motos						977	1064	1150	1049	1118	1705	1794	1940
Information	Categorie	Ref.	En milliers	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2020	2025	2030
Nombre	PC	1	Voitures	29160	29560	29900	30100	30400	30700	30850	31050	31300				
Nombre	PC	1	Diesel	11822	12729	13590	14348	15143	15922	16753	17458	18165				
Nombre	PC	0	Essence	17338	16831	16310	15752	15257	14778	14097	13592	13135				
Nombre	LCV	1	Petits véhicules utilitaires (< 3,5t)	5339	5418	5489	5549	5609	5679	5720	5750	5809				
Nombre	HGV	1	Camions (plus de 3,5t)	349	354	354	353	356	355	352	351	350				
Nombre	HGV	1	Tracteurs routiers	216	214	215	213	213	215	206	202	199				
Nombre	BUS_COACH	1	Bus/Cars	81	82	82	83	83	83	87	88	89	91			
Nombre	BUS	3	Bus urbains	21	23	21	21			24	24	25	25			
Nombre	COACH	3	Autocars	60	59	61	62			63	63	64	65			
Nombre	2W	3	2-Roues motorisés	3778	3751	3729	3765	3683	3822	4014	4174	4174	4178			
Nombre	2W	3	Cyclomoteurs	1758	1641	1527	1437	1303	1246							
Nombre	2W	3	Motos	2020	2111	2202	2328	2380	2577							

Tableau 1 : données de références utilisées pour ajuster les hypothèses de survie et d'utilisation des véhicules (sources CCFA, SOeS, IFSTTAR, enquêtes Parcauto, ENTd, TRM, etc.)

Information	Categorie	Ref.	En milliers	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Age	PC	2	Voitures						5,8	5,9	5,7	5,8	6,0	6,1	6,1	6,0
Annual_Mileage	PC	2	Voitures	11457	12322	12244	11579	12177	12159	11750	12160	12320	12330	12120	12320	12380
Annual_Mileage	PC	2	Diesel								11610	11680	11530	11480	11780	11640
Annual_Mileage	PC	2	Essence					26169	22170	22750	20890	21880	23200	20890	19000	19674
Age	LCV	3	Petits véhicules utilitaires (< 3,5t)													7,0
Annual_Mileage	LCV	3	Petits véhicules utilitaires (< 3,5t)													13720
Annual_Mileage	HGV	3	Camions (plus de 3,5t)													
Annual_Mileage	HGV	3	Tracteurs routiers													
Annual_Mileage	BUS_COACH	3	Bus/Cars													
Annual_Mileage	BUS	3	Bus urbains													
Annual_Mileage	COACH	3	Autocars													
Annual_Mileage	2W	2	2-Roues motorisés													
Information	Categorie	Ref.	En milliers	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Age	PC	2	Voitures	6,0	5,9	6,1	6,1	6,4	6,5	6,6	6,6	6,9	6,9	7,1	7,3	7,3
Annual_Mileage	PC	2	Voitures	12970	13041	13120	13330	13320	13640	13880	13820	13710	13770	13810	13560	14550
Annual_Mileage	PC	2	Diesel	11632	11651	11370	11420	11460	11400	11490	11360	11430	11240	11160	10780	11120
Annual_Mileage	PC	2	Essence	21280	20950	20560	20420	19460	19530	19740	19540	18760	18900	18970	18140	19830
Age	LCV	3	Petits véhicules utilitaires (< 3,5t)				6,9				7,7					8,0
Annual_Mileage	LCV	3	Petits véhicules utilitaires (< 3,5t)				14700				15360					15390
Annual_Mileage	HGV	3	Camions (plus de 3,5t)													
Annual_Mileage	HGV	3	Tracteurs routiers													
Annual_Mileage	BUS_COACH	3	Bus/Cars													
Annual_Mileage	BUS	3	Bus urbains													
Annual_Mileage	COACH	3	Autocars									26073	26559	26560	26763	25971
Annual_Mileage	2W	2	2-Roues motorisés													
Information	Categorie	Ref.	En milliers	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2020	2025	2030
Age	PC	2	Voitures	7,3	7,4	7,6	7,7	7,9					8,1			
Annual_Mileage	PC	2	Voitures	13490	13180	12490	12230	12760	12468	12320	12122	12030				
Annual_Mileage	PC	2	Diesel	10670	10190	10220	9960	9700	9380	9170	8480	8440				
Annual_Mileage	PC	2	Essence	17640	17100	17112	16570	16470	15760	15270	14990	14720				
Age	LCV	3	Petits véhicules utilitaires (< 3,5t)				7,8						8,1			
Annual_Mileage	LCV	3	Petits véhicules utilitaires (< 3,5t)				14056					13640				
Annual_Mileage	HGV	3	Camions (plus de 3,5t)		18800		20920			20520			18740			
Annual_Mileage	HGV	3	Tracteurs routiers		47040		50830			52170			49060			
Annual_Mileage	BUS_COACH	3	Bus/Cars							33775	33179	33435	33732			
Annual_Mileage	BUS	3	Bus urbains							38583	38515	38367	39070			
Annual_Mileage	COACH	3	Autocars	26133	26525	26366	26559			31967	31143	31562	31688			
Annual_Mileage	2W	2	2-Roues motorisés						2137							

Tableau 2 : données de références utilisées pour ajuster les hypothèses de survie et d'utilisation des véhicules (sources CCFA, SOeS, IFSTTAR, enquêtes ParcAuto, ENTID, TRM, etc.)

2.3. Parcs statiques - Immatriculations

2.3.1. Généralités

La construction d'un parc technologique détaillé repose sur les données annuelles d'immatriculations brutes ou mises en classes (par motorisation, cylindrée, PTAC, etc.). Les données qui étaient disponibles jusque-là sont principalement issues des travaux de (Bourdeau, 1998 et Hugrel et al, 2004). Elles ont été complétées de statistiques récentes.

Pour les années les plus reculées (1944-1970), on ne dispose généralement que de données agrégées (globalement pour une catégorie de véhicule par exemple).

Pour les années plus récentes (après 1999), il a été d'abord possible de s'appuyer sur les statistiques disponibles (SOeS), elles-mêmes agrégées en classes, mais qui souvent ne correspondent pas à celles attendues pour les calculs d'émission. Une interprétation est donc nécessaire pour adapter ces statistiques aux classes attendues.

On a ensuite et récemment fait l'acquisition de données d'immatriculations quasi-« brutes », c'est à dire déjà interprétées par classes et catégories selon les exigences des calculs d'émissions, mais préservant le plus possible l'information technique lorsqu'elle est disponible. On a ainsi pu préserver les informations sur la cylindrée, les technologies, les poids, etc. Cette acquisition de données, - auprès de l'A.A.A. (Association des Auxiliaires de l'Automobile) qui gère le fichier des immatriculations et a la possibilité de les enrichir d'informations techniques en croisant avec les fichiers de l'UTAC -, n'a malheureusement été possible que sur les 10 dernières années (2001-2012, 2004-2012 pour les cyclomoteurs), car il semble que l'historique des immatriculations n'est pas conservé au-delà de cet intervalle. Cependant, ce jeu de données, disponible sur l'ensemble des catégories de véhicules, constitue une amélioration très significative des données d'immatriculations pour la construction des parcs, car d'une part il porte sur les années récentes et fiabilise en conséquence les hypothèses prospectives, et d'autre part il permet une déclinaison beaucoup plus fiable en terme de technologies, motorisations, structures, etc. permettant de mieux appréhender les technologies émergentes (électriques, hybrides) et les évolutions récentes (diminution des cylindrées, évolution des PTAC, etc.).

Entre ces 2 périodes, on dispose de données détaillées d'immatriculations de (Bourdeau, 1998 et Hugrel et al, 2004), reprises généralement du Fichier Central Automobile des Immatriculations ou tirées de l'Argus de l'Automobile, avec cependant une hétérogénéité de détail et de classement : pour certaines catégories et années on dispose des immatriculations brutes, pour d'autres seulement d'immatriculations par classes, non toujours cohérentes entre elles et avec les objectifs de calcul d'émission.

On notera que la structure (motorisation, cylindrée, PTAC, etc.) nécessaire aux calculs d'émission a évolué avec les travaux ARTEMIS / COPERT (classes de cylindrées, PTAC différentes). Cela signifie que les données classées antérieurement ne sont pas toujours utilisables

dans les nouvelles structures. De ce point de vue, des données quasi-brutes sont préférables, car elles permettent de s'adapter à des structures évolutives.

On notera enfin que les calculs d'émissions nécessitent de plus en plus souvent d'informations techniques complémentaires sur les véhicules : équipement ou non en climatisation, en filtre à particule (Diesel), injection directe ou indirecte, SCR ou EGR pour les véhicules lourds, et cette liste pourrait s'allonger compte tenu de la diversité des technologies. Pour approcher ces aspects, il serait utile que ces informations techniques soient également connues au niveau des immatriculations (taux d'équipement, selon les catégories détaillées). Ce n'est actuellement pas le cas, et ces caractéristiques doivent être approchées au travers de statistiques externes, ou d'hypothèses quelquefois assez arbitraires.

2.3.2. Diagnostic des données actuelles, perspectives

Le diagnostic général sur les données d'immatriculation à notre disposition s'est considérablement amélioré avec l'acquisition de données sur la période 2001-2012 :

- les données historiques jusqu'en 1999 sont souvent de mauvaises qualité, mais ce sont les seules qui permettaient d'approcher de manière détaillée les structures nécessaires (en cylindrée et PTAC). Elles ont été largement complétées par et adossées aux statistiques officielles publiées par le FCA.
- les données récentes de 2000 à 2010 se sont appuyées d'abord essentiellement sur les statistiques en ligne et des rapports annuels du FCA (immatriculations). Elles ont donc nécessité une interprétation en terme de catégories (PTAC, types de bus, par exemple) qui peut être erronée ou très approximative.
- sur la base de ces données en ligne, seules les statistiques d'immatriculation des voitures particulières sont en relativement bonne correspondance avec les structures nécessaires aux calculs d'émission. C'est donc pour ces véhicules que l'approche sera la plus fiable et la mieux adossée aux statistiques récentes.
- l'acquisition de données quasi-brutes sur la période 2001-2012 permet de bien appréhender et caractériser les évolutions récentes, et de cadrer au mieux aux exigences des calculs d'émission (ou en tous cas de tirer le meilleur parti des informations disponibles via le fichier des immatriculations).
- Certains jeux de données sont plus fragiles que d'autres, par l'imprécision à certains recodages : c'est le cas des poids lourds (classement en PTAC et catégories), des autobus et autocars (identification des bus articulés par exemple), et des 2-roues (identification des moteurs 2-temps par exemple).

On aurait souhaité disposer de données fiables d'immatriculation sur au moins une vingtaine d'années récentes, sur l'ensemble des catégories de véhicules et selon les catégories très détaillées nécessaires aux calculs d'émissions, et permettant également de classer les véhicules à

motorisations électriques, alternatives, carburant E85, etc. déjà présents dans le fichier des immatriculations, et de traiter des informations techniques complémentaires (équipements, etc.). Ce travail n'a été possible que sur la dizaine d'années récentes. Il est fortement souhaitable de renouveler cet effort d'acquisition de données périodiquement (tous les 5 ans par exemple) afin de préserver la qualité nécessaire des estimations de parcs. Cet effort (qui intéresse plusieurs acteurs) devrait également permettre d'adapter au mieux les analyses (mises en classes, etc.) aux nécessités des calculs d'émissions (voire d'autres problématiques).

2.3.3. Voitures particulières

2.3.3.1. Structures et informations nécessaires

Selon les approches / outils, les calculs d'émissions nécessitent une différenciation :

- par motorisation, carburant ou énergie (essence, diesel, hybride-essence ou diesel, hybride rechargeable, véhicule électrique, GPL, GNV spécifique ou bicarburant essence/GNV, E85, diméthyl éther (DME), M85, hydrogène, moteurs 2 temps et 4 temps d'Europe de l'Est)
- et par cylindrée (< 1,4 litres, 1,4-2,0, et > 2.0), en fait seulement pour les motorisations classiques essence et diesel,
- les véhicules hybrides étant envisagés par catégories de taille (petits, moyen et gros)

On notera qu'une distinction des hybrides par niveau d'hybridation (stop&start, dimensionnement relatif des moteurs, etc.) serait sans doute plus pertinente. On notera également que parmi les nombreuses catégories envisagées ci-dessus, nombreuses sont prévues mais ne sont pas implémentées dans les outils faute de données d'émissions.

Des informations complémentaires sont également nécessaires :

- équipement ou non d'un filtre à particules (véhicules diesel),
- équipement en climatisation,
- équipement en dispositif de piégeage des évaporations de carburant (canister) et sa capacité, ainsi que la capacité du réservoir de carburant,
- injection directe ou indirecte.

2.3.3.2. Données antérieures

Les estimations du parc VP reposaient jusque-là (Hugrel 2004) sur les données d'immatriculation « agrégées » de 1944 à 1969 par catégories, et détaillées (ou brutes) par modèle de véhicule de 1970 à 1999. Les données de 1970 à 1999 avaient été gérées sous forme de fichiers Excel par plage de 10 années. Afin de faciliter la gestion et l'analyse des données, l'ensemble des données a été ré-archivées sous un fichier unique, couvrant les 2 périodes.

Les approches sous Copert III nécessitaient une structure des données par carburant, cylindrée et niveau réglementaire. La transposition Artemis/Copert4 est plus précise pour les véhicules diesel. L'intégration des données brutes a permis de recoder automatiquement les classes de cylindrée du

moteur selon ces préconisations. Un tableau croisé dynamique permet immédiatement de construire la structure par année, technologie, carburant et cylindrée du moteur. Les informations complémentaires (puissance du moteur, poids du véhicule, etc.) sont conservées dans le fichier.

Cependant des erreurs de codage de la cylindrée (par erreur de format des données d'origine) ont été identifiées pour les années 1998 et 1999. Ces erreurs concernent respectivement 17 et 36% des immatriculations, et ont conduit à affecter systématiquement ces véhicules à la classe de cylindrée > à 2,0 litres. Le parc évalué par (Hugrel, 2004) doit donc conduire à une forte surestimation de cette catégorie pour ces 2 années, mais aussi pour les années postérieures. Cette erreur a été corrigée ici. D'autres erreurs ont été également trouvées telle que la duplication des années 1985 et 1986 (rigoureusement identiques en structure) et qu'on ne peut malheureusement pas corriger.

2.3.3.3. Ajustements et données récentes

Afin de valider les données des années antérieures à 1999, on a introduit les statistiques officielles d'immatriculations annuelles, tirées du FCA (rapports annuels du SESP puis SOS) donnant les cumuls Essence, Diesel, bicarburant/GPL et électricité. Les structures dérivées des données précédentes sont ainsi corrigées par ces cumuls.

Les données d'immatriculations des années 2000 à 2010 ont d'abord été introduites en utilisant différentes sources ;

- données 2000 à 2006 du Medad/SESP, FCA, satisfaisant la structure Essence / Diesel et cylindrées,
- données 2000 à 2006 mises en classes par l'Ademe (cependant non totalement cohérents avec la structure demandée pour Artemis) et incluant les motorisations GPL, GNV, hybrides et électriques
- données 2003 à 2007 du site Beyond du SOeS, satisfaisant la structure demandée, y compris carburants alternatifs (GPL et bi-carburant, Superéthanol, électricité, autres) et hybrides (essence ou diesel),
- données 2008 à 2010 dérivées des publications trimestrielles du SOeS et ne donnant que les cumuls Essence, Diesel

L'acquisition de données récentes (2001-2012) limite l'utilité de plusieurs des sources précédentes, mais celles-ci restent utiles pour l'année 2000 (pas de données brutes) et pourront à nouveau être utilisées pour prolonger certaines tendances dans les années à venir et en attendant une nouvelle mise à jour. Ces nouvelles données (2001-2012) permettent assez directement de construire la structure exacte par année, technologie, carburant et cylindrée du moteur. Des informations complémentaires (puissance du moteur, poids du véhicule, etc.) sont également disponibles.

2.3.3.4. Constats, résultats

La Figure 2 illustre les fluctuations des immatriculations sur la période 1940-2012, ainsi que l'évolution des motorisations. On notera le caractère relativement accidenté de ces courbes, qui rend difficile l'élaboration de tendances. On note aussi la forte diésélisation. Les motorisations alternatives restent à un niveau très limité en 2012.

Remarque : l'année 2012 étant incomplète (arrêt de la base de données fin novembre 2012), une correction a été effectuée sur la base des statistiques d'immatriculations du Ministère de Transports (janvier 2013). Malgré une hypothèse de 8,5% d'immatriculations en décembre, l'année 2012 reste à un niveau relativement bas.

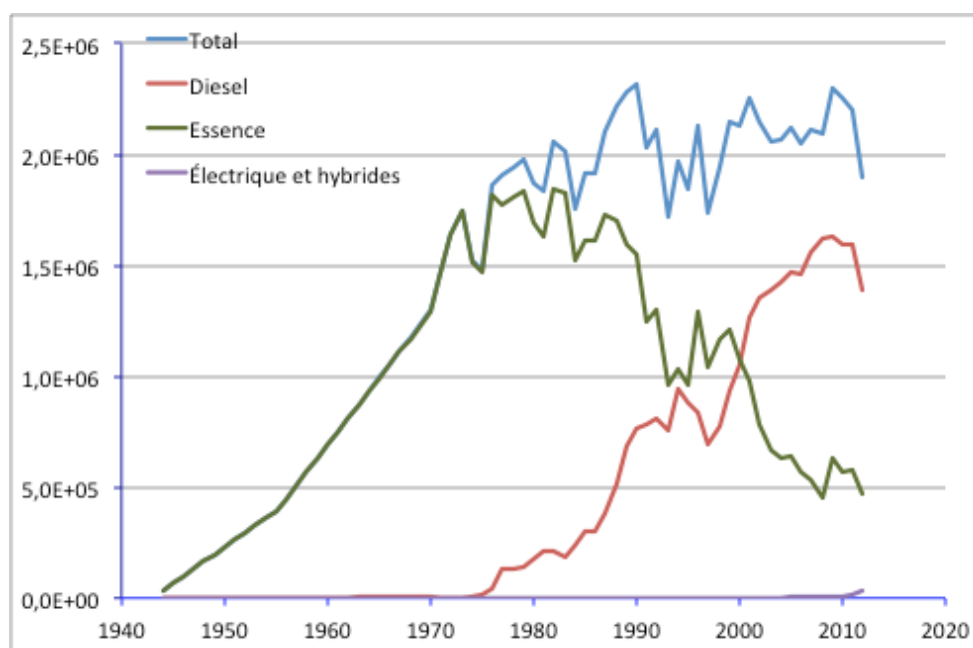


Figure 2 : Évolution des immatriculations des voitures particulières

On observe également une évolution des cylindrées (Figure 3), bien que là encore les tendances ne soient pas claires. On doit en tous cas considérer une diminution des grosses cylindrées (essence et Diesel) une progression des petites cylindrées essence, et des cylindrées intermédiaires Diesel.

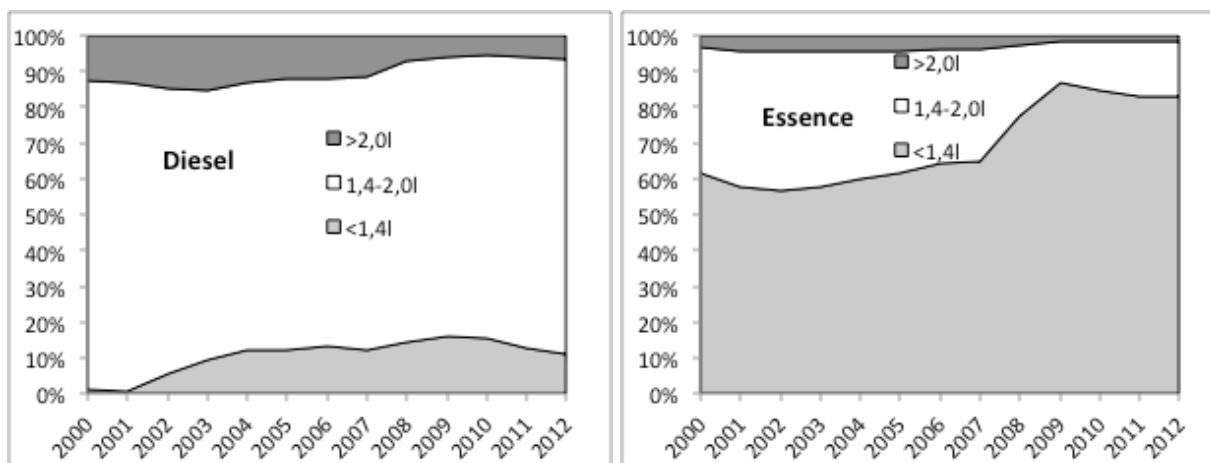


Figure 3 : Évolution des cylindrées des véhicules particuliers, Diesel (gauche) et Essence (droite), au cours des années récentes (en% du total)

On dispose donc d'une base d'immatriculations relativement solide pour les VP, bien qu'assez hétérogène sur différentes périodes, et dont la structure est satisfaisante. Cette structure inclut des catégories non utilisées par les calculs d'émission, mais qu'il est utile de conserver en terme de prospective de parcs. L'amélioration souhaitable de cette base de données serait de l'homogénéiser sur les années 2000 et antérieures.

2.3.4. Véhicules utilitaires légers

2.3.4.1. Structures et informations nécessaires

Selon les approches et outils, les calculs d'émissions nécessitent une différenciation

- par motorisation, carburant ou énergie (essence, diesel, hybride-essence, hybride-diesel, hybride rechargeable, véhicule électrique, GPL, GNV spécifique ou bicarburant essence/GNV, E85, diméthyl éther (DME), M85, hydrogène, moteurs 2 temps d'Europe de l'Est),
- et par catégorie (M1 et N1-I regroupées, N1-II, N1-III) qui correspondent également à des classes de taille de véhicules selon la « masse de référence » (masse à vide + 100 kg, respectivement <1305kg, 1305-1760, > 1760kg, les véhicules n'excédant pas 3,5 tonnes de PTAC). Dans HBEFA, cette classification par taille ne semble opérationnelle en fait que pour les motorisations classiques essence et diesel.

Comme pour les VP, de nombreuses catégories parmi celles envisagées ci-dessus ne sont pas implémentées dans les outils faute de données d'émissions.

L'approche HBEFA nécessite les informations complémentaires suivantes : filtre à particules, climatisation. A priori, les approches de calcul d'émission ne tiennent pas compte de dispositif de piégeage des évaporations de carburant (canister), ou du type d'injection directe ou indirecte.

2.3.4.2. Données antérieures

On dispose des données d'immatriculation « agrégées » par famille (Diesel / Essence) de 1948 à 1986, et détaillées par modèle de véhicule de 1987 à 1999. L'ensemble des données a été archivé sous un fichier unique, permettant également un codage automatique selon le PTAC. L'exploitation des données Artemis requiert une différenciation des véhicules suivant leur carburant et par classe de véhicule (catégories M1 - voitures et N1-I - VUL de moins de 1305kg, N1-II- VUL de 1305-1760 kg, et N1-III - VUL de 1760-3860kg). Les VUL sont définis par un PTAC de 3,5 t au maximum et d'un PTRA de 5 t, cette catégorie comprend essentiellement des véhicules de type camionnettes, fourgons, etc.

Au niveau de l'inscription du PTAC, des erreurs de données ont été observées dans le fichier d'origine (erreur de format) et corrigées sur la plupart des années. Les estimations antérieures de répartition par taille sur les années 1998-99 étaient donc certainement erronées.

2.3.4.3. Ajustements et données récentes

Comme pour les voitures particulières, nous avons repris les statistiques officielles d'immatriculations des véhicules utilitaires (toutes PTAC), de 1981 à 1996 via les rapports annuels (format pdf), puis de 1995 à 2008 via les statistiques en lignes du SOeS (bilans annuels). Cette source identifie les « camionnettes » de PTAC inférieures à 3,5T, et les classe selon les catégories <1,5 T, 1,5-2,5, et 2,5-3,5T. Cette classification par PTAC n'est donc pas directement utilisable pour les calculs d'émission. Ces statistiques ne seront donc utilisées qu'en données de recadrage des données antérieures sur la période 1981-1999 (ajustement sur le cumul considéré comme fiable).

Par contre on ne dispose pas - avec ces bases - de données précises et récentes en décrivant la structure par catégories de véhicules. La structure par taille a donc d'abord été estimée sur les données observées des 5 dernières années qui le permettaient (1995-1999, 1998 pour les véhicules Diesel en raison d'une erreur manifeste de données), et cette structure (cf. Tableau 3) a été appliquée inchangée aux années ultérieures.

LCV diesel M+N1-I	LCV diesel N1-II III	LCV diesel N1- M+N1-I	LCV petrol M+N1-I	LCV petrol N1-II III	LCV petrol N1- M+N1-I
22%	36%	42%	36%	38%	26%
		100%			100%

Tableau 3: Structure des immatriculations de VUL par catégories, estimée sur les années 1995-99 et appliquées aux années ultérieures.

Les statistiques en ligne via Beyond des années 2003 à 2009 ont été également utilisées en complément des 2004 à 2006 de l'ADEME. On notera également que - hormis les données détaillées des années 1987-99 - ce sont ces seules données récentes qui permettent de différencier les véhicules essence et diesel, et qui permettent également de dénombrer les véhicules utilisant des carburants nouveaux (électrique, GPL, GNV, E85 et autre non spécifié).

Dans un premier temps, ces données ont donc été utilisées pour construire l'évolution de l'équilibre VUL Diesel / Essence appliquée ensuite aux années antérieures et ultérieures. Elles sont

également utilisées pour projeter l'évolution des autres carburants.

Années	Gazole	Essence	Electricité – Electricité+essence ou gazole			Superéthanol	Autre carburant	Total général	
			LCV						
			Diesel	Petrol	LCV Electric				LCV LPG
2003	349287	7136		234	1404	0	0	204	358265
2004	374794	6886		299	1573	0	0	1	383553
2005	384554	6424		135	1436	0	0	3	392552
2006	402104	5468		54	809	0	0	976	409411
2007	424253	4628		53	454	0	9	600	429997
2008	425308	4037		82	302	0	15	755	430499
2009	341430	4981		115	116	0	66	1507	348215

Tableau 4: Structure des immatriculations de VUL par carburants (d'après les statistique en ligne, Beyond). La 2^{ème} ligne donne les correspondances avec les catégories des outils européens.

L'acquisition de données quasi-brutes d'immatriculations sur la période 2001-2012 permet d'améliorer considérablement l'approche, et la mise en catégories des immatriculations des VUL. On peut tout d'abord mettre à jour et étendre le tableau précédent, permettant ainsi la déclinaison par motorisation (Tableau 5), avec une affectation plus exacte.

Années	Gazole	Essence	Electrique	GPL	GNV	Autres dont		Total
						E85	hybrides	
2001	417899	12913	369	1893	0	0	0	433074
2002	392623	9597	343	1536	0	0	0	404099
2003	371841	7205	235	1643	0	0	0	380924
2004	398701	6940	385	1606	0	0	0	407632
2005	410858	6478	264	1460	0	0	0	419060
2006	431718	5515	258	809	975	0	21	439296
2007	454389	4656	451	454	601	9	22	460582
2008	453343	4044	467	302	755	15	32	458958
2009	365225	4990	604	137	1372	66	198	372592
2010	408602	4935	795	193	287	73	544	415429
2011	420197	3995	1677	221	363	39	160	426652
2012	374382	3270	3711	115	396	58	101	382034

Tableau 5: Structure des immatriculations de VUL par carburants, dont sont dérivées des tendances d'évolution appliquées aux années antérieures et ultérieures (source AAA data).

La structure par catégories (M1 et N1 selon PTAC) est effectuée directement à partir de la description des carrosseries (berline, coupé, cabriolet étant affectés à la classe M des véhicules particuliers, les autres véhicules étant classés selon leur PTAC - en fait le PTR). On notera qu'une confusion demeure entre PTAC et PTR au sein des données officielles d'immatriculations.

Remarques :

- On notera cependant que la catégorie « Hybrides » n'existant pas dans HBEFA, on a du affecter ces véhicules en « non spécifiés ».
- L'année 2012 étant incomplète, elle est majorée selon les observations statistiques établies en janvier 2013 (facteur 1,089, soit 8,1% d'immatriculations en décembre 2012).

Pour l'année 2000, les immatriculations totales sont connues, mais aucune donnée désagrégée n'est disponible ; la structure selon les motorisations et segments est donc reconstruite à partir de celle observée sur les années 1998-99 et 2001-02.

2.3.4.4. Constats, résultats

La Figure 4 donne l'évolution des immatriculations des VUL sur la période 1940-2012 et la diésélisation forte de ces immatriculations. Comme pour les VP, on notera le caractère accidenté de ces courbes, Les motorisations alternatives (non représentées) sont à un niveau très limité en 2012.

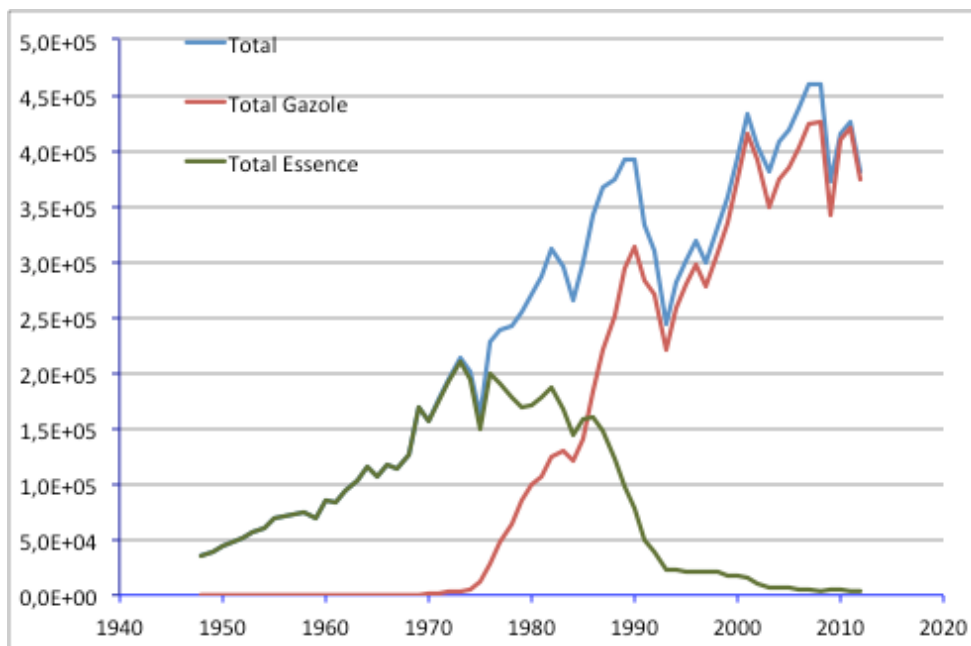


Figure 4 : Évolution des immatriculations des véhicules utilitaires légers

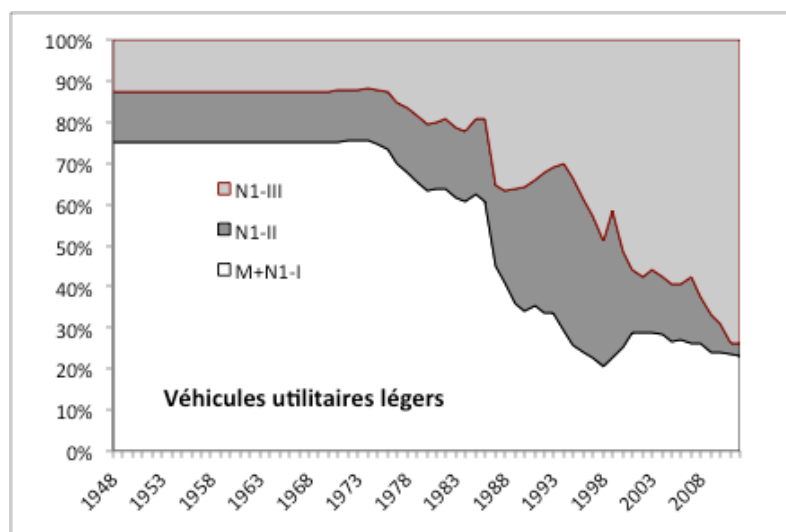


Figure 5 : Évolution des catégories des véhicules utilitaires légers

Selon la Figure 5, la distribution des VUL selon les catégories évoluerait vers une forte progression du segment N1-III (les plus lourds) et une réduction du segment intermédiaire. Cette évolution pourrait n'être liée qu'à l'évolution des poids des véhicules et dans ce cas, être peu

représentative de l'évolution des segments (fourgons, fourgonnettes, voitures). La question de la pertinence de cette classification mériterait en conséquence d'être examinée.

En conclusion, la structure d'immatriculations des VUL a été considérablement améliorée par l'acquisition de données récentes, qui permettent le classement selon les motorisations (Essence, Diesel, et les motorisations émergentes). L'affectation par catégories (M et N1-I, -II, et -III reste problématique en raison de sa définition et de l'imprécision des informations notamment le PTAC.

2.3.5. Camions, camions articulés

2.3.5.1. Structures et informations nécessaires

Selon les approches et outils, les calculs d'émissions nécessitent d'abord une différenciation camions rigides / tracteurs routiers. Concernant les motorisations / énergies, un segment de camion essence peut être envisagé (dans HBEFA, sans distinction de taille / PTAC), ainsi que 2 catégories en tailles de camions et de tracteurs des pays de l'Est. Ensuite, hormis les camions diesel, les motorisations GNV, électrique et pile à combustible sont envisagées et déclinées par classe de PTAC. Ces différentes motorisations ne sont cependant pas toujours opérationnelles dans les outils de calcul d'émissions.

Camions rigides et tracteurs routiers / camions articulés, sont ensuite différenciés par classes de PTAC (cf. Tableau 6).

On notera que l'approche ARTEMIS/HBEFA prévoit également de documenter les configurations de poids lourds en circulation, c'est à dire l'éventualité pour un camion d'être utilisé alternativement seul ou couplé avec une remorque, ce qui revient à lui attribuer différentes classes de PTAC selon la configuration, mais aussi à l'affecter à la catégorie « articulés » plutôt qu'à la catégorie « camions rigides ». Cette question ne peut pour l'instant pas être résolue compte tenu du manque de statistiques disponibles pour la France, mais nécessitera des investigations.

Au titre des informations complémentaires, l'équipement en EGR et en SCR est demandé par l'approche HBEFA. L'équipement en climatisation peut être renseigné mais il est vraisemblable que les calculs d'émission n'en tiennent pas compte à l'heure actuelle.

2.3.5.2. Données antérieures

On disposait de données d'immatriculation « agrégées » par famille (Tracteurs / Camions et classes de PTAC) de 1944 à 1986, et détaillées par modèle de véhicule de 1987 à 1999. L'ensemble des données a été archivé sous un fichier unique, séparant les 2 périodes et les 2 familles de véhicules, et permettant également un codage automatique du PTAC et selon les nouvelles classes de poids. Un tableau croisé dynamique permet immédiatement de construire la structure par année, famille, technologie, carburant et taille du véhicule, selon les classes nécessitées par l'approche Artemis/HBEFA ou Copert4, différentes de celles utilisées antérieurement

Les approches antérieures prévoyaient une classe ouverte PTAC > 32 tonnes. Les nouvelles classes incluent 32-40, 40-50, 50-60 tonnes. Un codage automatique affecte une grande proportion

de véhicules dans la classe 40-50 tonnes, car la plupart des immatriculations sont enregistrées avec l'information 44 tonnes (erronée par rapport à l'usage réel de ces véhicules, qui ne peut être qu'exceptionnellement à 44 tonnes). *En première approche, on réaffectera cette classe à la catégorie 32-40 tonnes.*

Les données antérieures à 1986 ayant déjà été l'objet d'un classement par PTAC, leur affectation dans les classes Artemis/HBEFA est très approximative. Seules donc les données de 1987 à 1999 permettent un classement fiable selon les classes de PTAC nécessaires aux calculs d'émission. On note cependant quelques discontinuités qui laissent penser à des erreurs des données d'origine.

2.3.5.3. Données récentes et ajustements

Les séries annuelles d'immatriculations (séparant camions et tracteurs) du fichier central des automobiles (rapports annuels) ont été archivées pour les années 1981-96 (documents papiers), puis pour les années 1995 à 2009 (en ligne). Ces données sont classées avec des limites de classes de 6, 11, 19, 21, 26 tonnes PTAC pour les camions, et de 11, 19, 21, 26, 44 tonnes PTRA pour les tracteurs. Ces classes ne sont pas compatibles avec celles demandées. Une correspondance approximative a donc été établie pour satisfaire au mieux ces exigences (cf. Tableau 6).

Les classes les plus proches ont donc été considérées et on regroupe ainsi les classes 19 à 26 tonnes PTAC. On notera que la classe 11-19 tonnes a été affectée complètement à la classe 14-20 tonnes, et non répartie entre les classes 12-14 et 14-20.

ARTEMIS/HBEFA COPERT4	SOeS Beyond	SOeS Autres	Ademe
	PTAC	PTRA	
RigidTruck <7,5t	3.6 à 6.0 tonnes	3,6 à 6,0 tonnes	>3,5 t ; <7,5 t
RigidTruck 7,5-12t	6.1 à 10.9 tonnes	6,1 à 10,9 tonnes	>7,5 t ; <12 t
RigidTruck >12-14t	11.0 à 19.0 tonnes	11,0 à 19,0 tonnes	> 12 t ; < 14 t
RigidTruck >14-20t			> 14 t ; < 18 t
RigidTruck >20-26t	19.1 à 21.0 tonnes	19,1 à 21,0 tonnes	> 18 t ; < 21 t
	21.1 à 26.0 tonnes	21,1 à 26,0 tonnes	> 21 t ; < 26 t
RigidTruck >26-28t	26.1 tonnes ou plus	26,1 tonnes et plus	> 26 t ; < 28 t
RigidTruck >28-32t	non déterminé		> 28 t ; < 32 t
RigidTruck >32t			> 32 t
Tractor for AT <=7,5t	moins de 5.0 tonnes		
Tractor for AT>7,5-14t	5.0 à 10.9 tonnes		
Tractor for AT>14-20t	11.0 à 19.0 tonnes	Moins de 11,0 tonnes	>3,5 t ; <28 t
Tractor for AT>20-28t	19.1 à 21.0 tonnes	11,0 à 19,0 tonnes	
	21.1 à 26.0 tonnes	19,1 à 21,0 tonnes	
		21,1 à 26,0 tonnes	
Tractor for AT>28-34t			>28 t ; < 34 t
Tractor for AT >34-40t	26.1 à 43.9 tonnes	26,1 à 43,9 tonnes	> 34 t ; < 40 t
Tractor for AT >40-50t	44.0 à 44.5 tonnes	44,0 à 44,5 tonnes	> 40 t ; < 50 t
	44.6 tonnes ou plus	44,6 tonnes et plus	> 50 t

Tableau 6: Structure des immatriculations de Camions / tracteurs routiers par classes de PTAC/PTRA, selon les différentes sources.

Les données en ligne (Beyond) des années 2003 à 2007, et 2003 à 2009 en séries mensuelles, ainsi que quelques données Ademe (années 2004-2006) ont été également utilisées, car d'une part elles donnent la répartition par classes de poids (avec des classes cependant non satisfaisantes), et d'autre part elles donnent une ventilation par énergie (Diesel, électrique, GNV). Cependant, les faibles nombres d'immatriculations de camions utilisant des énergies alternatives (GNV : 0,7%) ne

permettaient guère d'envisager cette déclinaison par carburant. Les années 2000 et antérieures sont déclinées selon ces éléments.

L'acquisition des données d'immatriculations des années 2001-2012 a permis de résoudre en grande partie les difficultés précédentes. Ces données permettent en particulier un reclassement correct en classes de PTAC (avec cependant une ambiguïté entre PTR et PTAC), et surtout elles permettent une description détaillée des motorisations alternatives : les véhicules au GNV et électriques peuvent être déclinés en classes de PTAC ; les véhicules hybrides peuvent être considérés (on les affecte à la classe « not specified-1 » de HBEFA, puisque l'outil ne prévoit pas de classe dédiée) ; les autres énergies (essence, GPL, hydrogène, etc.) sont affectées à la classe « not specified-2 ». L'année 2012 (incomplète) doit être corrigée par un facteur 1,078, ratio du nombre total d'immatriculations 2012 sur le nombre d'immatriculations de la base acquise 2001-2012.

2.3.5.4. Constats, résultats

On note l'évolution très variable des immatriculations au fil des années (Figure 6) et la progression importante du nombre de tracteurs routiers au détriment des camions. Cette évolution semble cependant relativement stabilisée sur la période récente 2000-2012.

Concernant les classes de poids (Figure 7, on notera la prépondérance des 34-40 tonnes pour les tracteurs routiers (les autres catégories représentant moins de 0,2%), et une relative stabilité de la répartition pour les camions, avec une prépondérance des PTAC de 14 à 26 tonnes (57% des camions), et une légère croissance des petits camions (moins de 7,5t) qui pourrait être liée à une problématique de livraison urbaine.

On notera enfin que les énergies alternatives ne représentent qu'une très faible part (0,4%, dont 0,2% pour le GNV sur les dernières années).

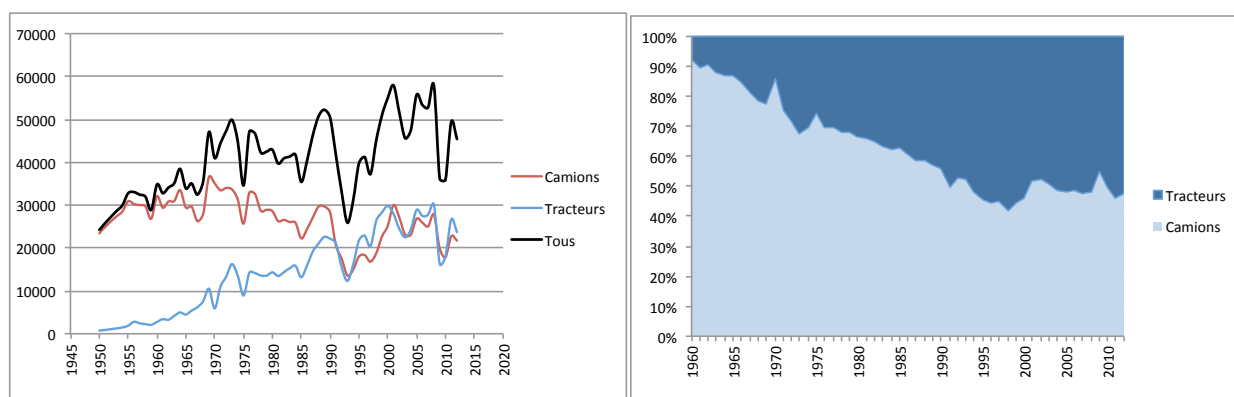


Figure 6 : Évolution des immatriculations des camions et tracteurs routiers et parts respectives à droite

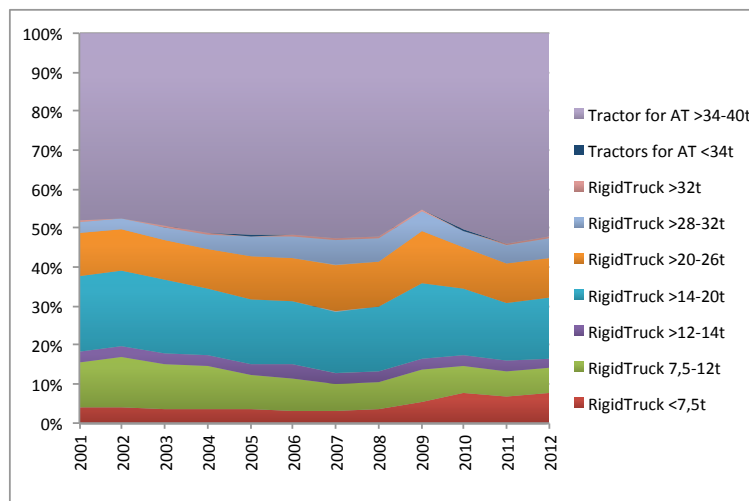


Figure 7 : Évolution des immatriculations des camions et tracteurs routiers selon les classes de PTAC

Au final, les statistiques d'immatriculations des poids lourds ont été considérablement améliorées par les nouvelles données immatriculations (2001-12), qui permettent une déclinaison détaillée et exacte selon les poids (PTAC ou PTR), la prise en compte des motorisations alternatives et les évolutions récentes. L'équilibre camions / tracteurs est bien documenté.

A ce stade l'équipement en EGR et SCR n'a pas non plus été documenté, les informations de « dépollution » du fichier des immatriculations ne le permettant pas. De même la configuration des camions en circulation (avec quelle remorque et quel poids roulant) manquera cependant dans l'approche ARTEMIS/HBEFA.

2.3.6. Autobus et autocars

2.3.6.1. Structures et informations nécessaires

Autobus et autocars sont clairement différenciés dans les approches et outils de calcul d'émissions. Autobus et autocars sont déclinées ensuite par taille correspondant aux « Midi-bus/autocars, de PTAC < 15t, « standards » de moins de 18t, et articulés ou 3 axes de plus de 18 tonnes. On notera cependant que la définition précédente, inscrite dans HBEFA et COPERT, n'est pas cohérente avec les poids réels des véhicules, les bus articulés se situant plutôt autour de 26 tonnes. Ce point a été discuté et confirmé avec le groupe HBEFA (les bus articulés sont de fait simulés avec un poids de 27 tonnes, les bus standard avec 18 tonnes pour le calcul des émissions). Enfin concernant les autocars, il s'agit plutôt de véhicules 3 essieux qui atteignent les même PTAC. La classification des bus / cars se fera donc en s'appuyant sur des limites à 15 et 26 tonnes de PTAC.

Concernant les motorisations / énergies, 3 catégories spécifiques issues des pays de l'Est sont envisagées. Ensuite, hormis les diesels, seules les motorisations GNV et éthanol (bus seulement) sont envisagées et déclinées par classes. Ces différentes motorisations ne sont pas toujours

opérationnelles dans les outils.

Au titre des informations complémentaires, l'équipement en EGR et en SCR est demandé par l'approche HBEFA, de même que l'équipement en filtre à particules. L'équipement en climatisation peut être renseigné mais il est vraisemblable que les calculs n'en tiennent pas compte.

2.3.6.2. Données antérieures

On dispose des données d'immatriculations d'autobus et autocars et minibus comme suit :

- sous forme agrégée (total annuel sans distinction) de 1941 à 1969,
- puis distinguant les minibus seulement de 1970 à 1980,
- puis classées par PTAC (avec comme limites 2,6, 3,5, 6, 11 tonnes) de 1981 à 1986, et de 1995 à 1996,
- enfin par modèle de véhicules de 1987 à 1994 et de 1997 à 1999.

L'ensemble de ces données a été archivé sous un fichier unique, couvrant les différentes périodes.

On notera que ces statistiques ne différencient pas toujours les minibus, et pas les autobus des autocars. De plus une faible plage d'années (7 + 3 années) permet une remise en classes de PTAC. Ces données seront utilisées pour reconstituer la répartition en « midi (bus/cars) < 15t », « standard (bus/cars) 15-18t », et « articulés > 18t ».

2.3.6.3. Données récentes et ajustements

Des ajustements et classifications notamment pour les années antérieures ont d'abord pu être effectués en utilisant les données disponibles (CCFA, SOeS, etc.). L'acquisition de données d'immatriculation 2001-2012 permettra ensuite une classification beaucoup plus rigoureuse pour les années récentes.

Données récentes

Les statistiques annuelles d'immatriculations (FCA) ont été archivées pour les années 1971 à 1995 (rapports annuels), puis de 1994 à 2008 (en ligne). Elles sont ventilées d'une part par classe de PTAC (classes 2,6, 3,5, 6, 11 tonnes) et par nombre de places assises. Ces statistiques permettent également d'identifier les minibus et voitures (moins de 3,5t) qui de fait ne seront plus classées parmi autobus/autocars après 1987.

Les données 2003-2007 de Beyond permettent de distinguer autobus et autocars, et même ceux utilisant des énergies alternatives (électrique + carburant, GPL + carburant, etc.), avec cependant toujours les mêmes classes de PTAC (une seule classe au dessus de 11 tonnes), ce qui ne permet pas de différencier les types de bus ou de cars (midi, standard et articulés). Ces données sont complétées avec les statistiques trimestrielles, pour les années 2008 à 2010.

Immatriculations annuelles totales et déduction des minibus

Les statistiques annuelles d'immatriculations de 1971 à 2008, complétées jusqu'en 2010 par les statistiques trimestrielles permettent donc de quantifier précisément le volume total

d'immatriculations sur cette période, d'en déduire les minibus, et ainsi d'obtenir de manière fiable les immatriculations annuelles, autobus et autocars réunis.

Ces mêmes données permettent d'évaluer rétrospectivement le taux de minibus à déduire des immatriculations totales pour les années 1941 à 1970, par un ajustement sur les observations (taux de minibus) des années 1971-1980 par une régression logarithmique. Pour les années postérieures à 2010, on appliquera par contre un taux nul de minibus, prolongeant ainsi la disparition de leur comptage dans les statistiques (même si de fait un faible pourcentage 0 à 1% est toujours compté).

Les immatriculations des minibus sont correctement prises en compte dans la catégorie VUL (années 2001 et ultérieures). Par contre il conviendrait de réaffecter aux VUL celles déduites des années antérieures.

Répartition autobus et autocars

Jusqu'en 1989, on reprend une hypothèse constante de répartition, fixant à 35%, le nombre d'autobus immatriculés, sur le total bus + autocars (Hugrel, 2004). Entre 1990 et 1999, ce taux est déduit directement des immatriculations connues par modèles.

Les données Beyond des années 2003-2007 permettent une différenciation rigoureuse des autobus et autocars, en distinguant également 2 classes de PTAC (< et > à 11 tonnes). Ces données sont donc utilisées en complément de l'hypothèse antérieure. On estime donc à partir des ces 5 années, l'évolution (sous forme de tendances linéaires) des nombres d'autobus et autocars de plus et de moins de 11 tonnes. Dans un premier temps, cette distribution (évolutive) appliquée rétrospectivement aux années 2000-2002, puis aux années 2008 et suivantes, mais cela deviendra inutile avec les données d'immatriculations récentes (cf. plus loin).

Années	PTAC < 11 tonnes		PTAC de 11.0 tonnes ou plus	
	Bus	Car	Bus	Car
2000	0,019	0,208	0,359	0,414
2001	0,019	0,195	0,330	0,455
2002	0,020	0,185	0,306	0,490
2003	0,020	0,175	0,306	0,499
2004	0,020	0,166	0,260	0,553
2005	0,021	0,162	0,226	0,590
2006	0,017	0,154	0,228	0,601
2007	0,022	0,149	0,244	0,584
2008	0,021	0,144	0,214	0,621
2009	0,021	0,140	0,204	0,635
2010	0,021	0,136	0,196	0,647

Tableau 7: Structure des immatriculations des autobus et autocars observée (2003-2007) ou extrapolée.

Répartition autobus et autocars standard, midi- et articulés

Les calculs d'émissions sous HBEFA identifient 3 catégories selon leur PTAC : standard (15-18 t), midi- (<15 t) et articulés (> 18 t). En fait selon les caractéristiques des constructeurs, il faut plutôt considérer que les autobus / autocars articulés ont un PTAC supérieur à 25 tonnes.

Les séries d'immatriculations du FCA ne permettent pas de distinguer les bus standards et articulés, mais identifient cependant les véhicules de moins de 11 tonnes depuis 1981. Seules les données antérieures (1987-99) par modèles permettent la distinction standards et articulés, sans

cependant différentier bus et cars, et avec des erreurs (cf. Tableau 8).

ANNEE	Midi <=15t	Std >15-18t	Artic >18t (en fait > 25t)
1987	1058	1864	58
1988	912	1865	38
1989	645	2070	52
1990	597	2193	59
1991	522	2312	110
1992	298	2477	109
1993	218	2817	90
1994	226	2376	93
1995	74	0	0
1996	57	0	0
1997	264	2643	195
1998	260	3532	173
1999	497	3487	195

Tableau 8: Immatriculations (autobus + autocars) par catégories.

La différenciation selon les catégories d'autobus et d'autocars est donc proposée comme suit :

- Concernant les midibus (moins de 15 tonnes), leur nombre annuel d'immatriculations sera approché par la catégorie < 11 tonnes de PTAC, connue sur la plage 1981 à 2010. Antérieurement à 1981, on applique la structure (< 11t et > 11t) calculée sur les 5 années 1981-85, et au-delà de 2010 on appliquera une tendance (linéaire) d'évolution de cette structure observée sur les années 2000-2009 (cette dernière évolution devenant inutile avec les données d'immatriculations brutes 2001-2012).
- Concernant la répartition entre bus ou autocars standards et articulés, leur répartition sera définie comme suit :
 - o de 1941 à 1986, application de la structure moyenne calculée sur 1987-89,
 - o de 1987 à 1999 (sauf 1995-96), valeurs observées
 - o pour les années 1995-96 et postérieures à 1999, application d'une structure évolutive construite par régression linéaire sur les années 1992-99 (hors 95-96).
- Ces règles sont appliquées sur l'ensemble autobus et autocars (en distinguant les catégories de moins et plus de 11 tonnes).

Répartition selon les carburants

Les données SOeS Beyond des années 2003-2007 permettent de distinguer autobus et autocars, de moins et plus de 11 tonnes, et selon l'énergie : Gazole, GNV, GPL, Hybride. On propose d'appliquer cette structure à ces années, et de la prolonger aux années ultérieures en prenant une moyenne calculée sur les 3 dernières années. On applique donc cette structure de manière non évolutive pour l'instant.

	Bus < 11 tonnes				Bus > 11 tonnes				Cars < 11 tonnes				Cars > 11 tonnes			
	Gazole	GNV	GPL	Hybride	Gazole	GNV	GPL	Hybride	Gazole	GNV	GPL	Hybride	Gazole	GNV	GPL	Hybride
Avant 1998	1,00				1				1				1			
1998-2002	1,00				0,909	0,091			1				1			
2003	0,765	0	0	0,235	0,759	0,241	0,000	0	1,000	0	0	0	0,991	0,009	0	0
2004	0,823	0	0	0,177	0,888	0,112	0,000	0	1,000	0	0	0	1,000	0,000	0	0
2005	0,939	0	0	0,061	0,889	0,109	0,002	0	1,000	0	0	0	0,997	0,003	0	0
2006	0,960	0	0	0,040	0,784	0,216	0,000	0	1,000	0	0	0	0,999	0,001	0	0
2007	0,971	0	0	0,029	0,868	0,106	0,026	0	1,000	0	0	0	0,998	0,002	0	0
Post	0,957	0	0	0,043	0,847	0,144	0,010	0	1,000	0	0	0	0,998	0,002	0	0

Tableau 9 : Structure des immatriculations des autobus et autocars selon les carburants / énergies (observée 2003-2007 et extrapolée avant 2002 et après 2007).

Nouvelles données d'immatriculations 2001-2012

L'acquisition de nouvelles données sur les immatriculations des années 2001-2012, agrégées à un niveau très détaillé, a permis d'améliorer et de faciliter considérablement les classements en catégories. Ces données permettent d'abord une classification rigoureuse entre autobus et autocars, et entre catégories (midi-, standard et articulés) en reprenant les définitions précédentes et en les confortant par l'identification des marques et modèles et les nombres de places. Ces données permettent enfin d'identifier les différentes motorisations et énergies, notamment GPL, GNV, Hybrides, électriques, essence, et Diesel. Bien que ces catégories ne soient pas toutes traitées dans les outils de calcul d'émissions, nous les conserverons – notamment dans une visée prospective.

2.3.6.4. Constats, résultats

On note une progression assez forte des immatriculations, surtout au profit des autocars (Figure 8), et une augmentation de la part des autobus articulés (Figure 9). Les motorisations alternatives (électrique, hybride, GPL, GNV) représentent une part plus significative que pour les camions : 2,6% des immatriculations des dernières années (2% pour GNV).

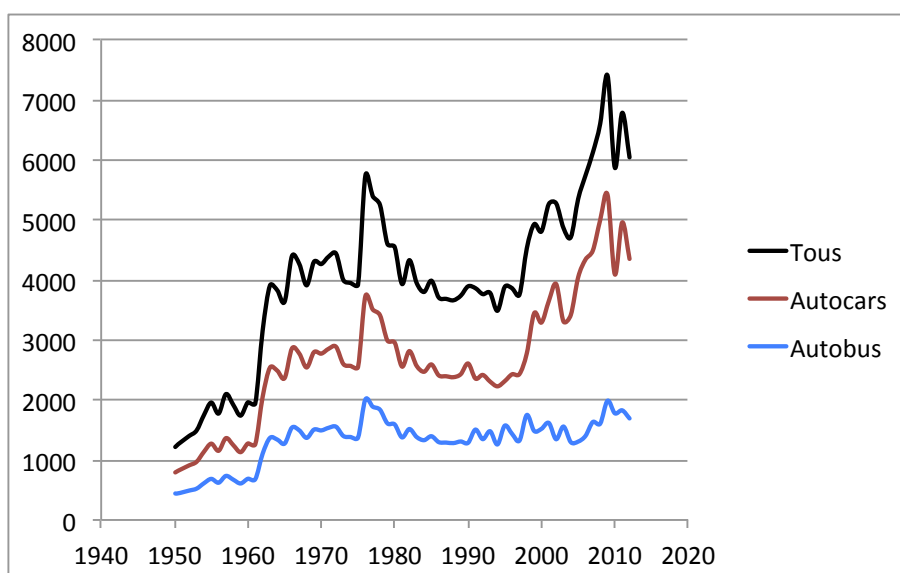


Figure 8 : Évolution des immatriculations des autobus et autocars

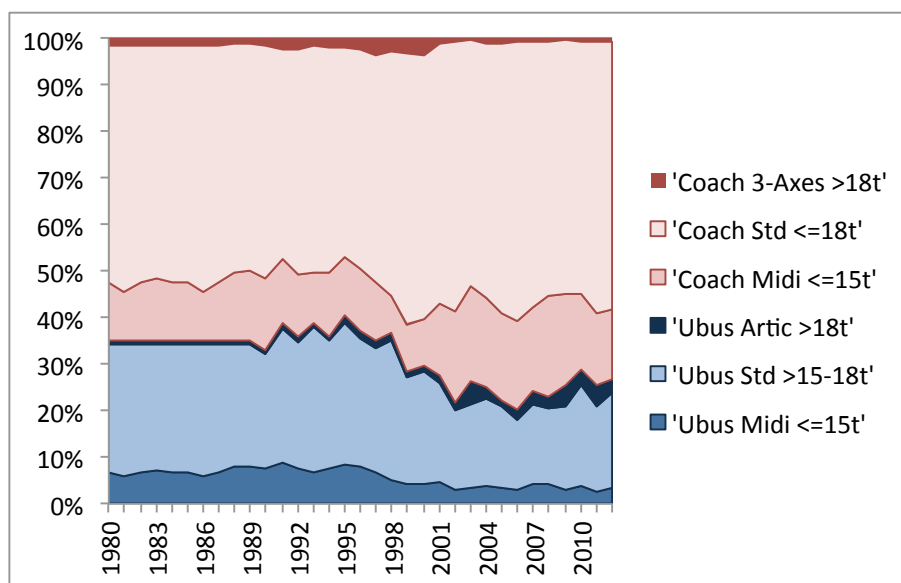


Figure 9 : Évolution des catégories des autobus et autocars (midi-bus/cars, bus/cars standards, et bus articulés ou autocars 3-essieux)

En conclusion, les immatriculations des autobus et autocars sont maintenant bien documentées, les immatriculations récentes permettant de bien appréhender les différentes catégories et sous-catégories, avec cependant et toujours une part d'incertitude sur ces classements.

Les classifications des données plus anciennes ont été résolues par des rétro-polations, et restent plus approximatives. L'identification des minibus n'est plus un problème puisque les immatriculations ne sont plus comptées dans la catégories bus/cars, mais rétrospectivement il conviendrait d'affecter les immatriculations correspondantes aux véhicules utilitaires légers (de l'ordre de 3-4000 immatriculations annuelles avant 1987, puis quelques centaines ensuite).

2.3.7. Deux-roues motorisés

2.3.7.1. Structures et informations nécessaires

Les approches de calcul d'émissions de polluants des 2-roues motorisés différencient les cyclomoteurs et les motos, puis dans ces catégories distinguent les 2-roues selon la cylindrée du moteur, et selon le type (2-temps, 4-temps). Une distinction des cyclomoteurs selon la vitesse limite autorisée (30 et 50 km/h) est aussi envisagée. Enfin les 2-roues « électriques » sont considérés dans la structure, en différenciant e-Bike et e-Scooters, et parmi les premiers ceux à appoint d'énergie électrique et ceux autonomes.

2.3.7.2. Données antérieures

Les données existantes (Hugrel, 2004) sur les 2-roues concernaient :

- des données d'immatriculations des années 1970 à 2002, pour les motos, classées par puissance fiscale entre 1977 et 2002 et réinterprétées en gammes de cylindrée,

- sur la base de ces données, les immatriculations des années 1955 à 1969 avaient été rétropolées, et celles des années 2003 ont été extrapolées, par des droites de régression établies sur des moyennes glissantes calculées sur 10 ans.
- La structure en cylindrées est également reproduite selon ces extrapolations.
- L'affectation des motorisations 2-temps était faite de manière arbitraire sur les motos de moins de 125 cm³.

Concernant les cyclomoteurs, on dispose des données d'immatriculations sur les mêmes années, et les principes d'extrapolation aux années antérieures et postérieures sont les mêmes

2.3.7.3. Données récentes et ajustements

Les immatriculations des motocyclettes ont été mises à jour à partir des données répertoriées par les SESP puis SOeS :

- de 1976 à 1995 (documents pdf en ligne),
- et de 1995 à 2009 (tableaux en ligne).

Le principe de classement en cylindrées à partir des puissances fiscales a été conservé. Pour l'affectation des motorisations 2-temps / 4 temps, on s'est appuyé sur des statistiques observées par le TNO (Dröge et al 2011) qui constatent que :

- les grosses cylindrées sont très peu concernées
- la proportion de moteurs 2-temps a considérablement diminuée pour n'être que d'environ 20% du nombre des motos de cylindrées inférieures à 125 ou 150cm³ (ou 1CV).

Nous avons donc retenu une évolution linéaire décroissante de ce taux de moteurs 2-temps, de 50% en 1975 à 20% en 2009. A défaut de données plus fiables sur cette question, cette proportion sera considérée comme fixe pour les années antérieures (50%) et ultérieures (20%).

Les immatriculations des cyclomoteurs ont été conservées inchangées.

L'acquisition des données d'immatriculations des années 2001-2012 (2004-2012 pour les cyclomoteurs) a permis de compléter ces hypothèses et données antérieures, par un classement rigoureux sur la période récente, selon cyclomoteurs / moto, selon les cylindrées et selon énergies. On détermine en conséquence de manière relativement fiable la distinction selon les catégories des calculs d'émissions, en considérant les cyclomoteurs ≤ 50 cm³ ($v < 50$ kmh), les motos ≤ 150 cm³ 2 et 4 temps, les motos de moins de 250 cm³, de moins de 750 et les plus grosses, ainsi que les vélos et scooters électriques (eBike (fast) et eScooter (fast)).

2.3.7.4. Constats, résultats

La Figure 10 montre l'évolution des immatriculations des 2-roues motorisés, qui atteint un volume d'environ 300 000 par an dans les années récentes, avec une répartition assez égale entre cyclomoteurs et motos. La Figure 11 illustre l'évolution des classes de cylindrée des motos. On note la diminution sensible des immatriculations des moteurs 2 temps, une certaine stabilité des petites cylindrées (< 150 cm³) autour de 44% du nombre de motos immatriculées sur les dernières années,

et une croissance de la catégorie des plus de 750 cm³. Les motos de plus de 250 cm³ représentent une grosse part de l'ensemble (53%).

Les cyclomoteurs électriques représentent près de 1,2% des immatriculations sur les 5 dernières années.

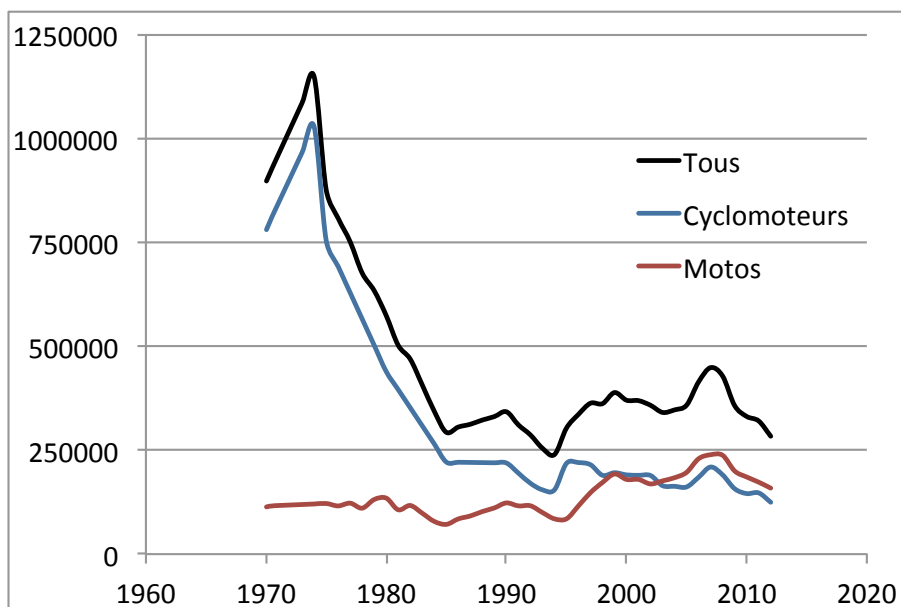


Figure 10 : Évolution des immatriculations des 2-roues motorisés

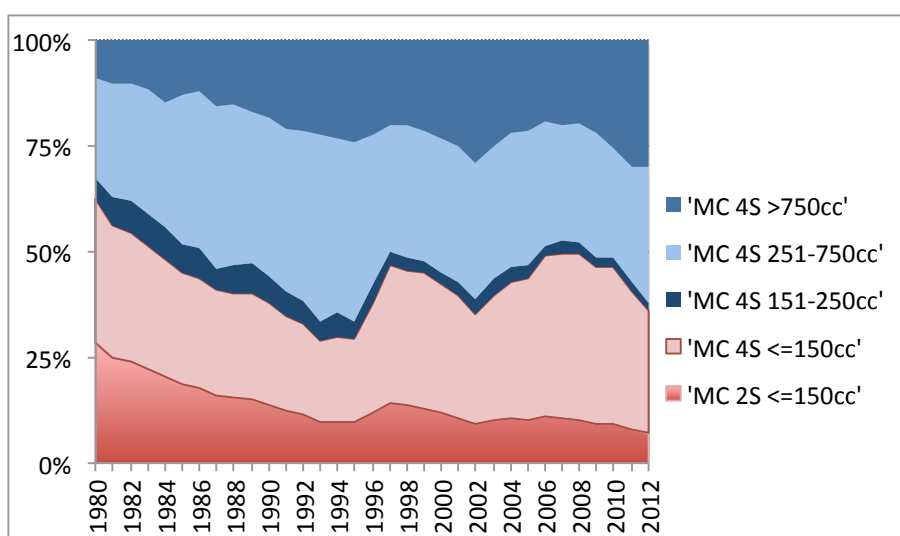


Figure 11 : Évolution des immatriculations des motos selon les classes de cylindrée

En conclusion, les immatriculations des 2-roues sont maintenant assez bien documentées, mais l'historique semble assez fragile.

2.4. Parcs statiques - hypothèses de survie des véhicules

Les hypothèses de survie des véhicules, appliquées aux immatriculations annuelles au fil du temps sont des données particulièrement cruciales de l'estimation du parc automobile en nombre et en âge. De fait ces hypothèses de survie traduisent 2 réalités bien distinctes : 1- la « durabilité » ou longévité des véhicules au sens de leur capacité à résister au temps, 2- les comportements d'achats ou de renouvellement des véhicules qui eux peuvent être liés à des conditions économiques ou d'opportunité (prime à la casse, promotions, etc.), ou de mode, et intègrent également la longévité des véhicules.

Les hypothèses de survie sont cependant assez fragiles, car connues seulement par grandes catégories de véhicules (VP Diesel, Camions, etc.), et élaborées à partir de peu d'observations et sur des plages temporelles très restreintes. Elles sont surtout appliquées ensuite sur de larges plages d'années sur lesquelles elles ne sont certainement pas valides, compte tenu de l'évolution technique des véhicules et des comportements d'achats.

Actuellement des hypothèses ajustées de survie, tenant compte de la longévité des véhicules et d'autres paramètres, sont élaborées annuellement par le CCFA. Ces hypothèses ne sont cependant pas publiques. Une possibilité de contourner cette contrainte de confidentialité consiste à ajuster les hypothèses plus grossières en calant annuellement les estimations de parcs selon les statistiques publiées du CCFA. On notera le côté curieux de cette approche, dans laquelle on considère comme référence des statistiques dont l'élaboration n'est pas transparente, statistiques qu'on utilise ensuite pour ajuster les hypothèses de survie par un processus complexe (qui par ailleurs n'est également pas nécessairement transparent, ni sans risque) plutôt que de disposer des hypothèses de même nature ayant servi à l'élaboration de cette référence.

Ce processus a cependant été mis en œuvre dans ce cadre, sur les plages d'années pour lesquelles on dispose de statistiques (nombres total de véhicules d'une certaine catégorie, cf. section 2.2). Le même processus de bouclage a été également envisagé à partir de statistiques d'âge moyen des véhicules du parc d'une année (voitures particulières et utilitaires légers seulement).

En première approche, les hypothèses de survie qui ont été retenues sont quasiment intégralement dérivées des travaux antérieurs (Bourdeau 1998, Lacour, 2002, Hugrel 2004). Elles sont explicitées dans ce qui suit. Appliquées quasiment à l'identique aux nouveaux calculs de parcs (et immatriculations décrites à la section précédente), elles sont cependant ensuite ajustées par le processus de bouclage sur les données de référence. En conséquence, même si ces hypothèses sont imparfaites parce que basées sur des travaux trop ponctuels, le cadrage permet de les adapter à l'évolution.

Parallèlement, nous avons recensé les quelques statistiques qui doivent permettre d'améliorer ces hypothèses (enquêtes sur les transports de marchandises, ENT-D, ParcAuto, travaux de Kolli 2012, etc.), et dans un court terme, ces statistiques seront exploitées pour améliorer les hypothèses de survie.

2.4.1. Voitures particulières

2.4.1.1. Hypothèses antérieures

Les hypothèses de survie utilisées par Hugrel, 2004 sont dérivées des travaux de (Gallez, 1994 et 2000) et suivent une loi de survie estimant la survie des véhicules âgés de a années, selon la forme suivante :

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

avec :

- a : âge des véhicules considérés
- A : âge limite de survie
- m : taux de survie médian
- σ : écart-type de la distribution, indicateur de la rapidité de disparition
- ϕ : loi log-normale
- $S(a)$ proportion restante de véhicules après a années

Les lois de survie pour les VP sont au nombre de 7 (Tableau 10). Elles distinguent 2 périodes et les 3 classes de cylindrées pour les véhicules essence, mais une seule courbe est proposée pour les Diesel. Pour toutes les autres catégories de véhicules (électrique, hybride, GPL, E85) nous avons utilisé arbitrairement la courbe N°3 des petits véhicules essence. C'est donc un schéma très simplifié qui est proposé pour les voitures.

	Catégories de véhicules	A	m	s
1	"PC Diesel -2025"	27,495	2,419	0,411
2	"PC petrol <1,4L -1978"	25,739	2,469	0,507
3	"PC petrol <1,4L 1979-2025"	26,977	2,422	0,408
4	"PC petrol 1,4-<2L -1978"	24,533	2,194	0,502
5	"PC petrol 1,4-<2L 1979-2025"	24,508	2,349	0,407
6	"PC petrol >=2L -1978"	25,003	2,226	0,503
7	"PC petrol >=2L 1979-2025"	24,508	2,254	0,557

Tableau 10: Lois de survie pour les voitures particulières (Hugrel, 2004).

2.4.1.2. Amélioration par bouclage sur les statistiques de parc

Afin de corriger les faiblesses des lois de survie VP soulignées précédemment, il est possible de réaliser un ajustement par plages d'années, afin de cadrer au mieux aux statistiques de parc (nombre de véhicules) établies année par année par le CCFA ou par d'autres moyens d'observations.

On peut également réaliser un ajustement sur les statistiques d'âge des véhicules, observées par exemple lors d'enquêtes comme PARCAUTO ou SOFRES-TNS Wordpanel. Cet ajustement est un peu moins aisé car il conviendrait d'avoir une référence exacte de l'âge, qui peut dépendre en particulier de la période de l'enquête.

Cette procédure a été mise en œuvre pour reproduire les nombres de véhicules essence, Diesel et totaux des années 1979 à 2010. Le principe retenu est de modifier la valeur médiane m et l'âge

maxi A intervenant dans la loi de survie. On ne modifie donc pas l'écart-type et donc la forme de la loi de survie. Par ailleurs, on n'a pas cherché à réaliser un ajustement année par année, mais plutôt des ajustements par plages d'années assez larges, car on peut supposer une certaine stabilité « statistique » des hypothèses de survie (intégrant les comportements d'achat et la durabilité des véhicules) et surtout parce que le temps de réponse du parc aux survies est très long. Un ajustement année par année, sauf à constater une évolution très lente et progressive des hypothèses de survie, pourrait à l'inverse conduire à des paramétrages très contrastés se compensant d'une année sur l'autre.

Pour les VP, le processus est bien illustré Figure 12. On constate notamment comment l'écart lié à l'approximation due aux lois de survie peut atteindre jusqu'à 5 millions de véhicules en une quinzaine d'années. L'ajustement réalisé suit de manière très satisfaisante la courbe de référence.

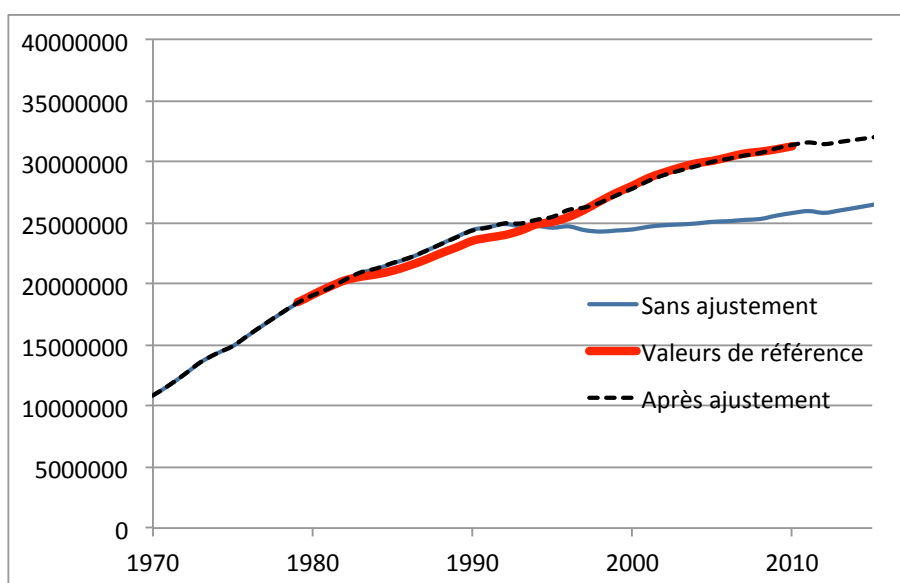


Figure 12 : Simulation du parc de VP sans puis avec ajustements sur les valeurs de références (1979-2010)

De fait cet ajustement a été réalisé séparément pour les véhicules Diesel et Essence (Figure 13). La comparaison des calculs avec les statistiques de référence permet les constats suivants :

- Diesel : une sous-estimation de 8% est constatée en 1979 (première année de comparaison), se résorbe de 1980 à 1988 puis surestimation atteignant 8% en 1991, qui décroît ensuite jusqu'en 1997, une sous-estimation s'aggravant ensuite jusqu'à -10% entre 2003 et 2010.
 - o Afin de compenser ces écarts, il est nécessaire d'appliquer une loi de survie dont les coefficients sont 30% plus forts de 1940 à 1974, puis les coefficients sont ajustés par 0,95 fois leur valeur initiale de 1975 à 86, enfin il est nécessaire de ré-augmenter la durée de vie (facteur 1,07) à partir de 1987. Cette valeur est conservée pour l'extrapolation au-delà de 2010.

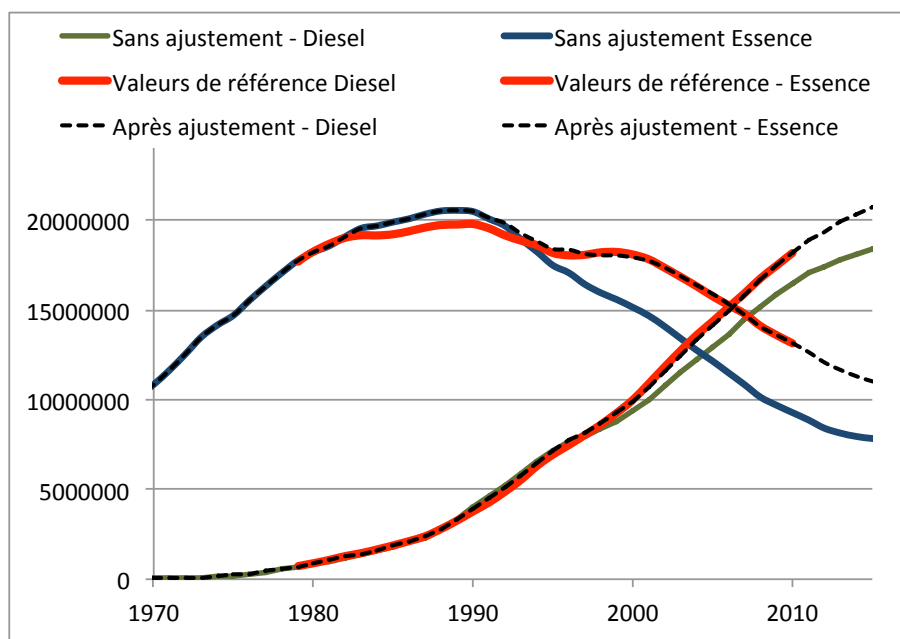


Figure 13 : Simulation du parc de VP sans puis avec ajustements sur les valeurs de références (1979-2010)

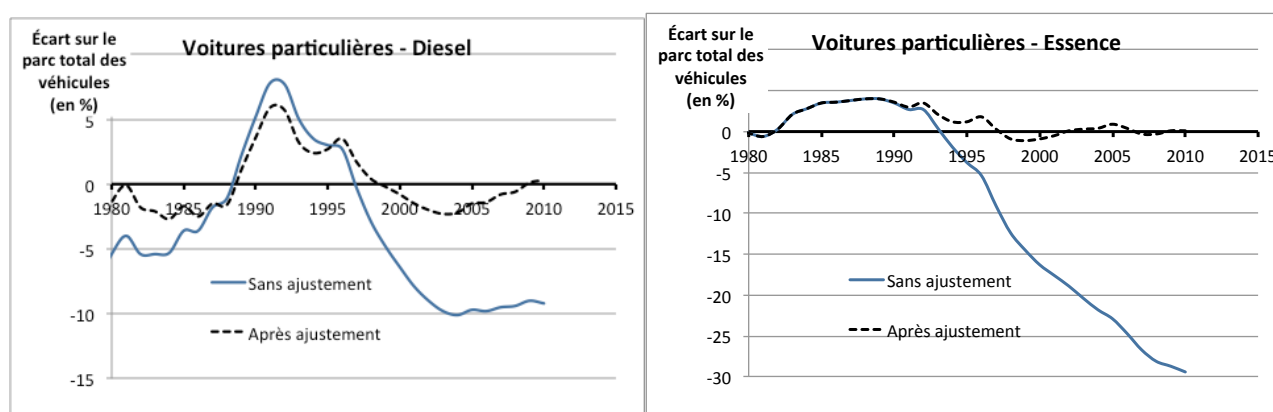


Figure 14 : écarts en % entre calculs de parcs et statistiques CCFA sans et avec ajustements des lois de survie

- Essence : on observe une légère surestimation (< à 5%) jusqu'en 1990, et au-delà on assiste à une sous-estimation croissant jusqu'à -30% en 2010.
 - o On ne modifiera donc pas les lois de survie jusqu'en 1985 (on conserve celles prévues en 2 périodes), mais les coefficients doivent être majorés de 12% à partir de 1986 afin de compenser la très forte sous-estimation.
- Les estimations résultantes au niveau du parc total sont assez satisfaisantes, puisque les écarts restent inférieurs à 4%, particulièrement dans les dernières années.

On notera cependant que les ajustements nécessaires sont assez forts, et que cela conduit à des lois de survie significativement différentes comme illustré à titre d'exemple Figure 16 et Figure 17.

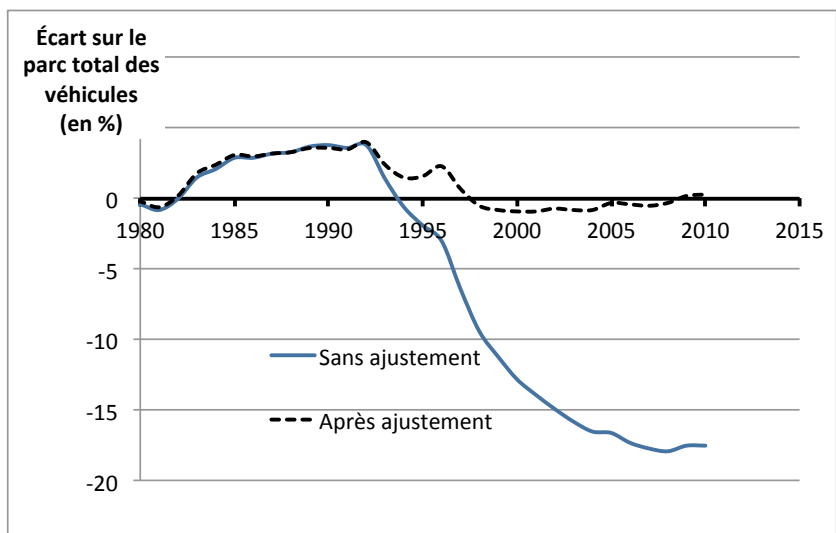


Figure 15 : Incidence des ajustements des lois de survie au niveau du parc total (écarts en % entre calculs de parcs et statistiques CCFA)

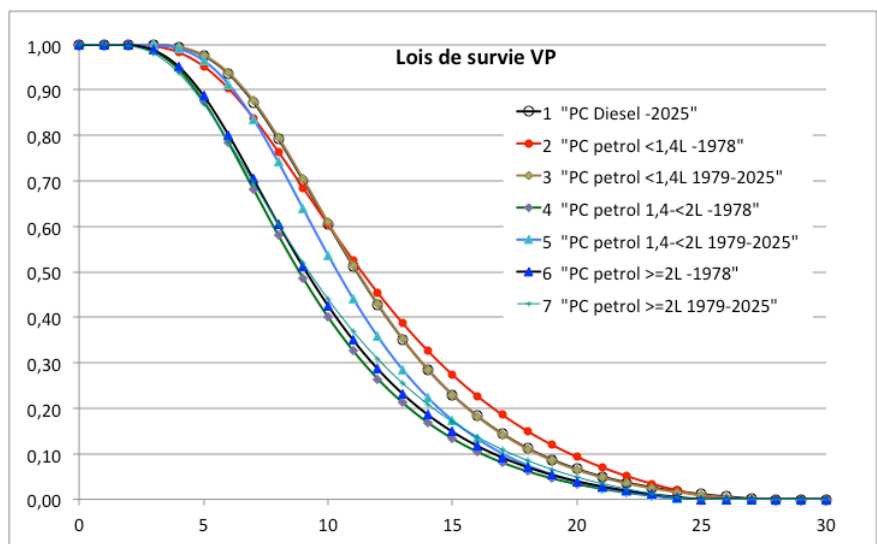


Figure 16 : Lois de survie initiales, en 2 périodes et 3 classes de cylindrée pour les VP essence, et unique pour les Diesel.

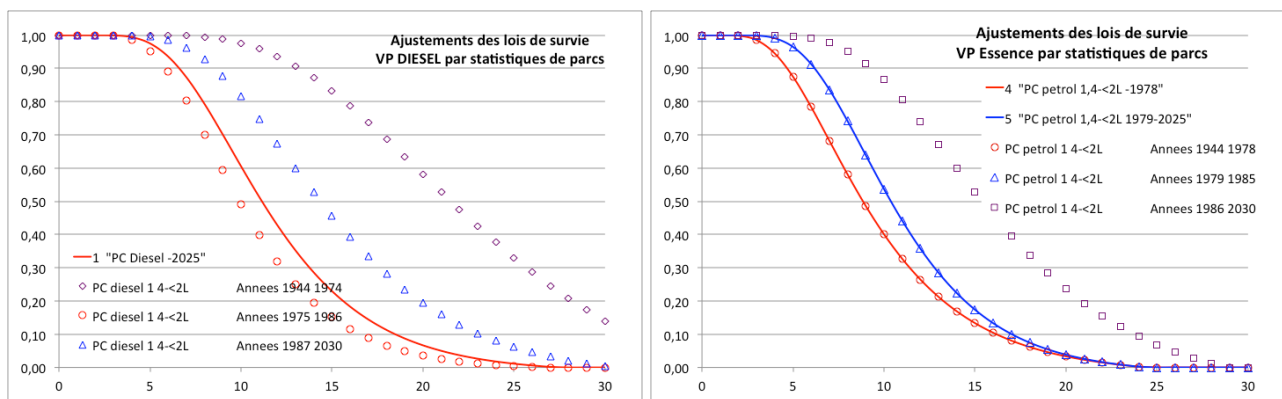


Figure 17 : Exemples d'ajustements des lois de survie en 3 périodes pour minimiser les écarts aux statistiques de parcs.

Les lois de survie initiales sont en effet relativement serrées, tandis que les ajustements conduisent à des écarts beaucoup plus importants. Pour les courbes représentées ci-dessus (qui ne sont pas exactement celles définitivement retenues), on observe ainsi que l'âge théorique (i.e. âge calculé à partir de la distribution sans distorsion liée aux immatriculations annuelles réelles) correspondant à chacune des courbes varie entre 6,5 et 7,4 pour les courbes d'origine, mais que les ajustements conduisent à un âge théorique Diesel de l'ordre de 12 ans pour les années avant 1978, et de l'ordre de 9 ans pour Diesel et Essence après 1987.

La Figure 18 montre les âges moyens de l'ensemble du parc automobile VP, calculés avec et sans ajustement des lois de survie, et les statistiques d'âge publiées par CCFA-INRETS sur la base de l'enquête SOFRES. On observe un décalage entre calculs et observation qui peut provenir en partie de l'approche d'estimation de l'âge (milieu ou début d'année, etc.). L'ajustement des lois de survie diminue considérablement cet écart particulièrement en fin de période (moins de 5%), et le rend plus cohérent sur l'ensemble de la plage d'années (majoration systématique de 0,5 à 1 année). Grosso modo, on assiste à une augmentation de l'âge du parc d'un peu plus de 6 ans en 1980 à environ 8 ans en 2006. Pour les années ultérieures à 2012, selon les lois ajustées, l'âge moyen atteint 8,4 ans puis se stabiliserait à 8,1 ans, puisque les lois de survie sont conservées et que les hypothèses d'immatriculations sont très régulières.

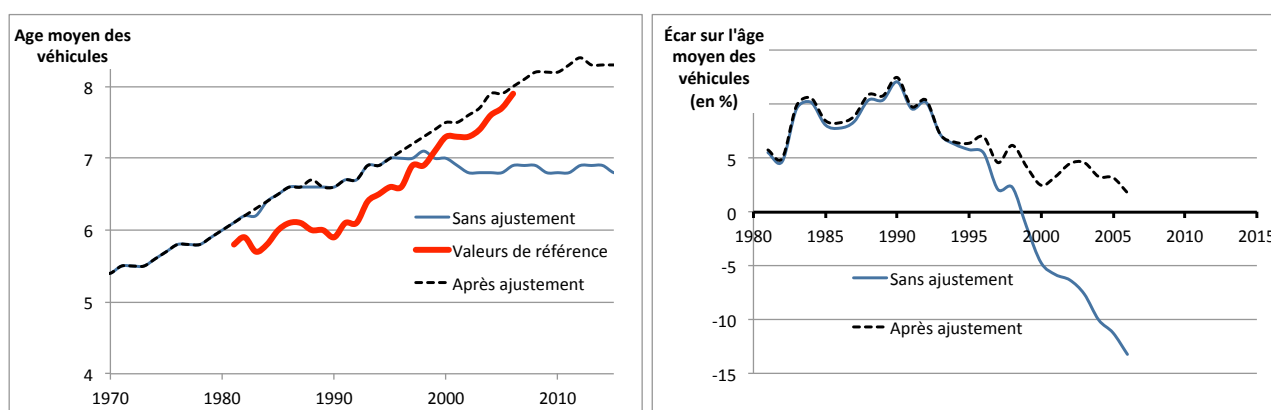


Figure 18 : Ages moyens du parc automobile calculés sans et avec ajustement des lois de survie des VP et comparaison avec les âges observés par l'enquête SOFRES (CCFA-INRETS). A gauche les écarts en %.

Paradoxalement, l'âge moyen des véhicules Diesel reste bas (7 ans en 2012) en raison d'un marché en progression (donc avec beaucoup de véhicules neufs) tandis que les véhicules essence, en retrait, vieillissent (10,6 ans en 2012).

La Figure 19 montre les distributions selon l'âge, du parc et par catégories pour l'année 2012. Les véhicules essence en déclin ces dernières décennies présentent une distribution plus étalée vers les âges élevés. Les technologies émergentes sont au contraire et principalement d'âge limité.

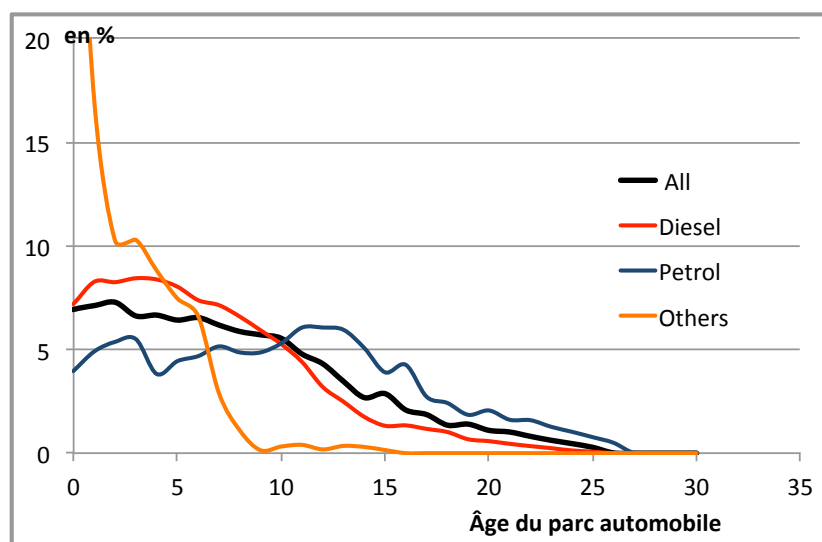


Figure 19 : Distribution du parc automobile (VP) selon l'âge des véhicules en 2012, et selon les catégories

2.4.1.3. Amélioration par les travaux Parcauto

Les travaux récents à partir de l'enquête Parcauto (Kolli, 2012) permettront une révision des lois de survie et une mise à jour des hypothèses par catégories essence / diesel, par plages d'années restreintes et ce jusqu'en 2008. Il s'agira donc d'une amélioration considérable des hypothèses antérieures.

Kolli, 2012 envisage plusieurs formes pour les lois de survie : log-normale, log-logistique et Weibull, et analyse également les lois de survie par type de véhicule (essence, diesel), par plages d'années, et les conditions d'ajustements année par année des lois de type Weibull aux statistiques observées des parcs automobiles.

Après analyse approfondie de ces travaux, les lois de survie mises à jour seront donc proposées et appliquées aux nouvelles estimations du parc de voitures particulières.

2.4.2. Hypothèses de survie des véhicules utilitaires légers

2.4.2.1. Hypothèses antérieures et ajustements

Les hypothèses de survie utilisées par Hugrel, 2004 ont été dérivées de l'enquête sur les véhicules utilitaires légers réalisée en 1991 (OEST, 1995). Cette enquête (23000 questionnaires) a permis de décrire le parc effectif des véhicules en 1991 et leur âge. Une loi de survie en a été tirée par (Bourdeau, 1998). Cette loi n'est pas de la forme log-normale utilisée pour les VP mais directement sous une forme numérique selon l'âge. Ces hypothèses ne différencient pas les véhicules Diesel et Essence, et une seule loi de survie est proposée, couvrant ainsi toute la plage de calculs (de 1940 à 2010 puis en extrapolation prospective).

On a donc à ce niveau une double approximation pour ces véhicules et une grande fragilité de cette hypothèse (ponctuelle, non mise à jour, etc.).

Comme pour les VP, il est possible de corriger cette faiblesse, en réalisant un ajustement des hypothèses de survie, par plages d'années, afin de cadrer aux statistiques de parc (en nombres de véhicules) établies par année par le CCFA. Le principe d'ajustement retenu est assez trivial et est le suivant :

- on n'ajuste pas séparément les VUL Diesel et Essence, car les statistiques du CCFA ne les différencient pas et donc ne le permettent pas,
- on décale les hypothèses de survie de manière homogène (ajout / retrait d'une probabilité absolue de survie sur chaque âge, y compris le premier âge de probabilité nulle, sans toutefois autoriser de probabilité négative ou supérieure à 1).

Cet ajustement est illustré Figure 19. On note le décalage significatif auquel pouvait conduire les courbes de survie d'origine, le redressement portant jusqu'à près de 800,000 véhicules soit 12%.

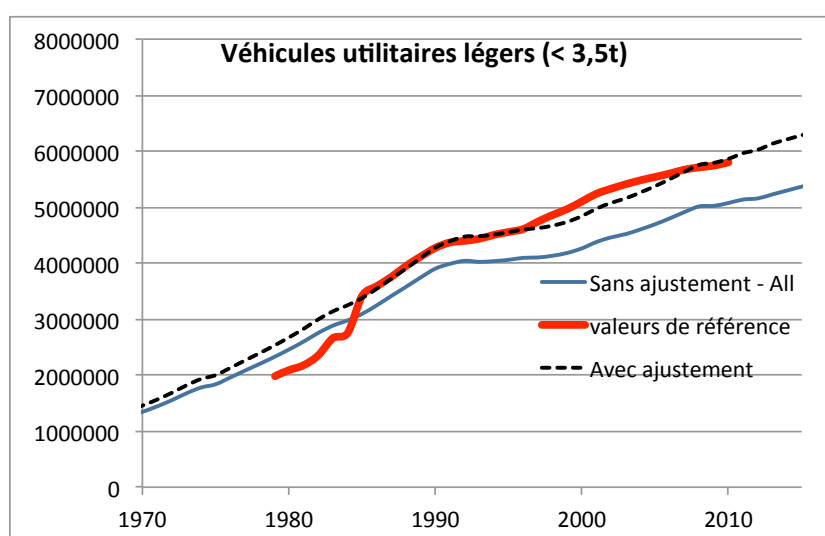


Figure 20 : Simulation du parc de véhicules utilitaires légers, sans puis avec ajustements sur les valeurs de références (1979-2010)

La comparaison des calculs de parc VUL sans ajustement avec les statistiques de référence permet le constat suivant : on observe une surestimation du calcul de l'ordre de 18% sur les années 1979-82, qui tombe à 8% en 1983-84 avant de passer en sous-estimation brutale de -9% sur la plage 1985 à 1993, sous-estimation qui dérivera ensuite progressivement jusqu'à -16% de 1994 à 2009 (Figure 21).

Les écarts très rapides observés notamment entre 1982 et 1983, et surtout entre 1984 et 1985 ne peuvent être compensés par un ajustement des lois de survie, car le temps de réponse du calcul de parc aux lois de survie s'étale sur une plage d'années conséquente. D'autre part il est vraisemblable que ces écarts correspondent à des artéfacts aux niveaux des comptages des immatriculations. Il est donc proposé de tenter de réaliser l'ajustement entre calcul et statistiques de références qu'à partir de 1985 inclus (on accepte donc que des écarts soient observés sur les années antérieures). Un décalage des lois de survie de +0,065 entre 1940 et 1985 permet d'arriver à un ajustement à 1%

près en 1985. Au-delà, un décalage de +0,095 de la loi de survie sur la période 1986-2010 permet de rester à moins de 5% des parcs de référence (Figure 21).

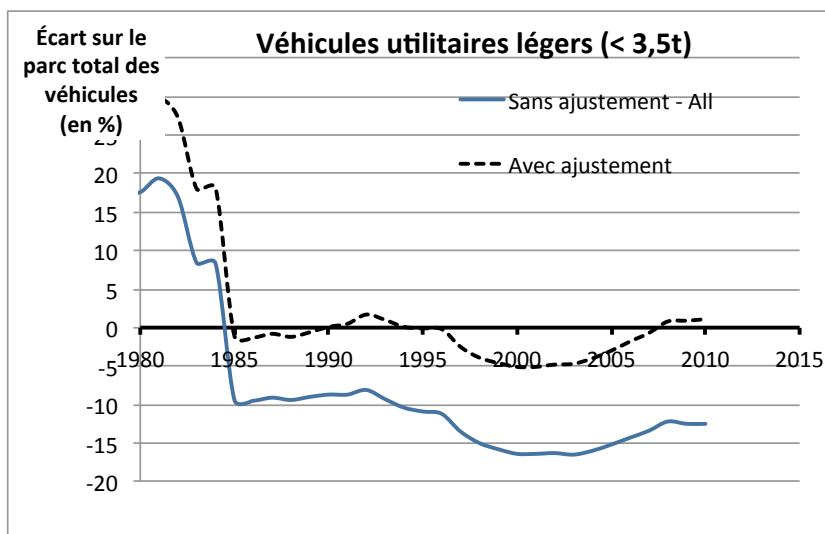


Figure 21 : Incidence des ajustements des lois de survie des VUL au niveau du parc total (écarts en % entre calculs de parcs et statistiques CCFA) - L'ajustement n'est réalisé qu'à partir de 1985

Remarque : l'ajustement précédent des courbes de survie VUL conduit à augmenter la durée de vie théorique des VUL de 7,9 ans (survie initiale) à 8,4 (survie utilisée sur la période 1944-1985) et 8,6 ans (période 1986-2030).

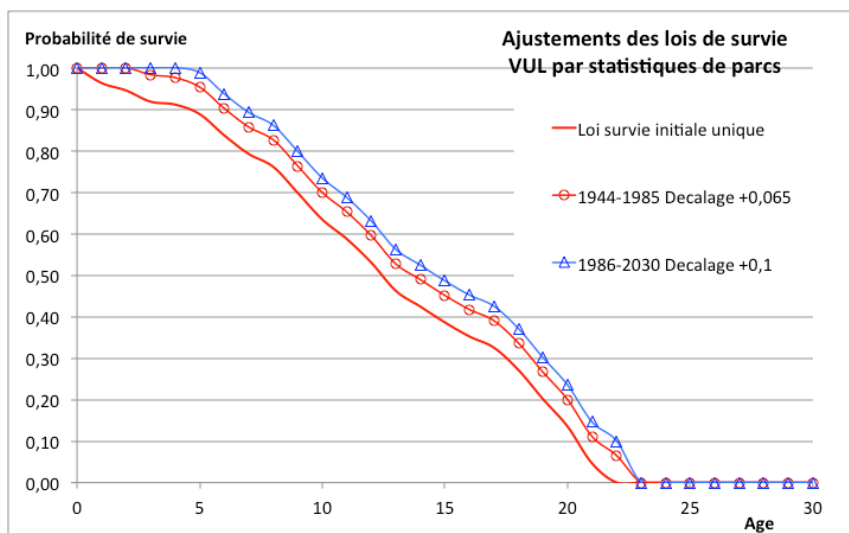


Figure 22 : Loi de survie VUL initiale et ajustement en 2 périodes (avant et après 1985) pour minimiser les écarts aux statistiques de parcs.

De fait, l'âge moyen du parc calculé de VUL est de 6.8 ans en 1980, 7.1 entre 1985-90, 8 ans en 1995, et oscille entre 8,0 et 8,2 entre 2000 et 2010. Comme pour les VP, les véhicules VUL Diesel sont plus jeunes et ont entre 7 et 8 ans entre 2000 et 2010, tandis que les véhicules essence sont

beaucoup plus âgés sur cette période (13 à 14 ans).

La comparaison avec les données d'âge des véhicules utilitaires légers – avant et après ajustement - est illustrée Figure 23. On notera qu'on ne dispose dans ce cas que de quelques valeurs de référence et non d'une série.

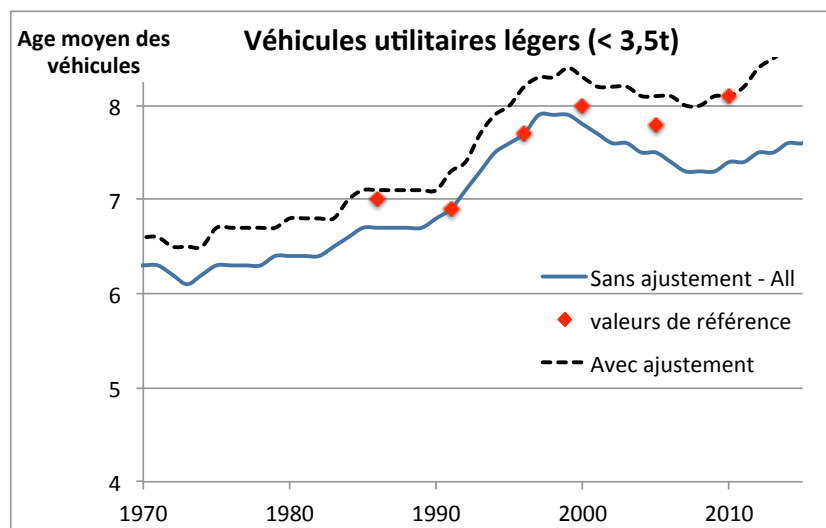


Figure 23 : Ages moyens du parc de véhicules utilitaires légers, calculés sans et avec ajustement des lois de survie des VUL et comparaison avec les âges observés par enquête.

2.4.2.2. Recommandations

Il y a lieu d'améliorer les courbes de survie des véhicules utilitaires légers, par la prise en compte d'enquêtes plus récentes.

2.4.3. Camions, tracteurs routiers

Pour les camions, on retrouve une configuration très similaire à celle des VUL, avec une hypothèse de survie pour chacune des 2 catégories (camions / tracteurs) dérivée d'enquêtes antérieures, et appliquées sur l'ensemble de la plage d'années 1940 - 2010 (et au-delà en prospective).

Un ajustement sur les statistiques de parc séparées (camions / tracteurs) du CCFA conduit à ajuster les hypothèses de survie :

- sur 2 périodes 1985-1999 et 2000-2010 (et au-delà) pour les camions rigides,
- sur 3 périodes 1940-79, 1980-95 et 1996-2010 (et au-delà) pour les tracteurs.

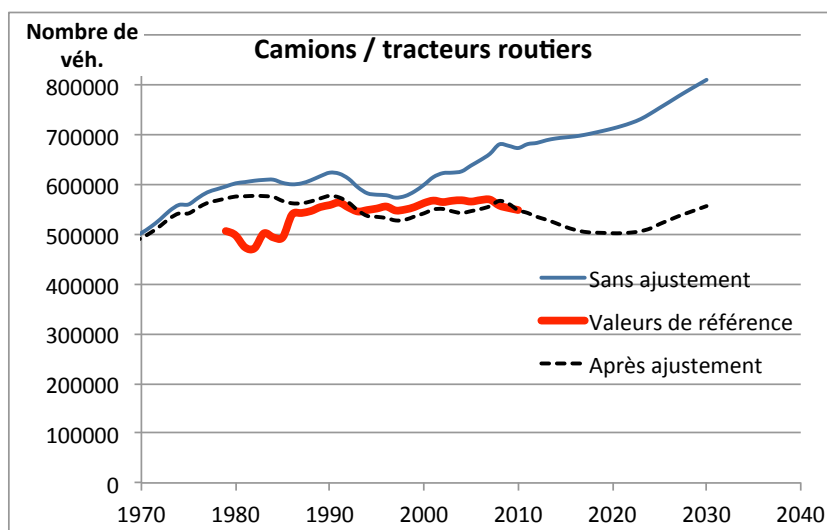


Figure 24 : Simulation du parc de camions et tracteurs routiers, sans puis avec ajustements sur les valeurs de références (1979-2010)

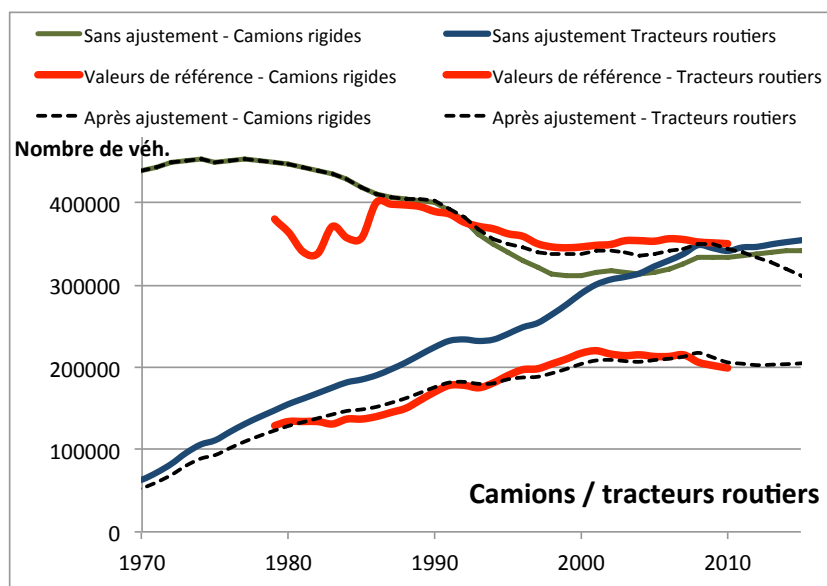


Figure 25 : Simulation séparée des parcs de camions et tracteurs routiers, sans puis avec ajustements sur les valeurs de références (1979-2010)

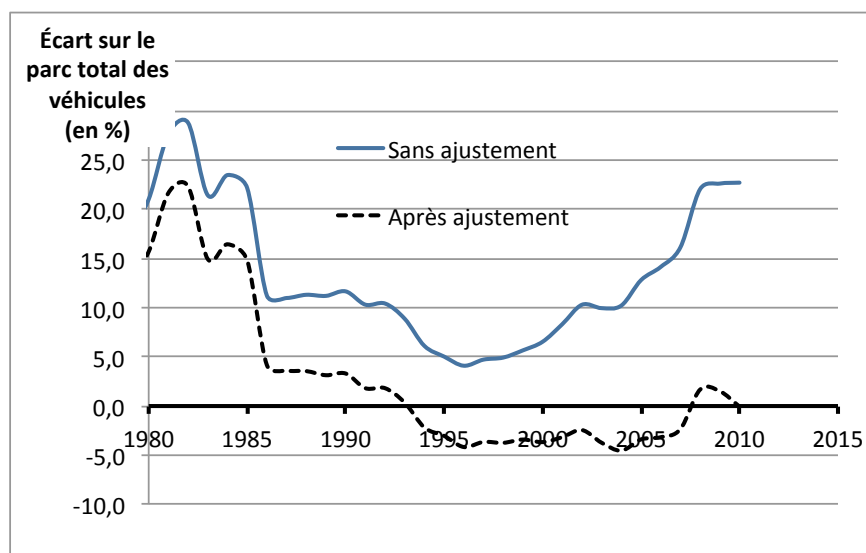


Figure 26 : Incidence des ajustements des lois de survie des camions et tracteurs routiers au niveau du parc total (écarts en % entre calculs de parcs et statistiques CCFA) - L'ajustement n'est réalisé qu'à partir de 1985 pour les camions

Il faut noter que les ajustements sur les statistiques du CCFA sont très significatifs, car celles-ci donnent 343000 camions et 206000 tracteurs en 2010, alors que les calculs « ouverts » (sans ajustements) donnent respectivement 332,000 et 341,000, soit un total plus élevé et surtout une répartition différente. L'ajustement sur les statistiques du CCFA est réalisé par les inflexions sur les hypothèses de survie. Il se traduira également par une distorsion importante de la composition « en circulation » puisque les hypothèses d'utilisation (kilométrages annuels) des 2 catégories sont très significativement différentes.

2.4.4. Autobus et autocars

Pour les autobus et autocars, on retrouve une configuration très similaire à celle des VUL, avec une seule hypothèse de survie ne distinguant pas autobus et autocars, dérivée d'enquêtes antérieures, et appliquée sur l'ensemble de la plage d'années 1940 - 2010 (et au-delà en prospective).

Les statistiques de références du CCFA portent globalement sur autobus et autocars, mais des statistiques sur le parc autocars du SOeS permettent différencier les catégories. On peut donc ajuster séparément les autobus et les autocars. Les calculs des parcs autobus et autocars sont de fait effectués séparément, car les outils HBEFA attendent des parcs séparés. Il sera d'ailleurs intéressant de confronter les résultats aux estimations du SOeS croisant immatriculations et contrôle technique et donnant en conséquence une image sans doute fiable du parc autobus et autocars.

Le processus de simulation et d'ajustement conduit aux résultats de la Figure 27. Là encore, on observe l'incidence considérable de l'ajustement sur la forme de la courbe, notamment pour le cas des autocars. La comparaison à la série complète des valeurs de parcs du CCFA (Figure 28) montre

un ajustement assez satisfaisant sur la période 1991 - 2010, avec des écarts toujours inférieurs à 4%, et convergeant autour de 1 à 2%.

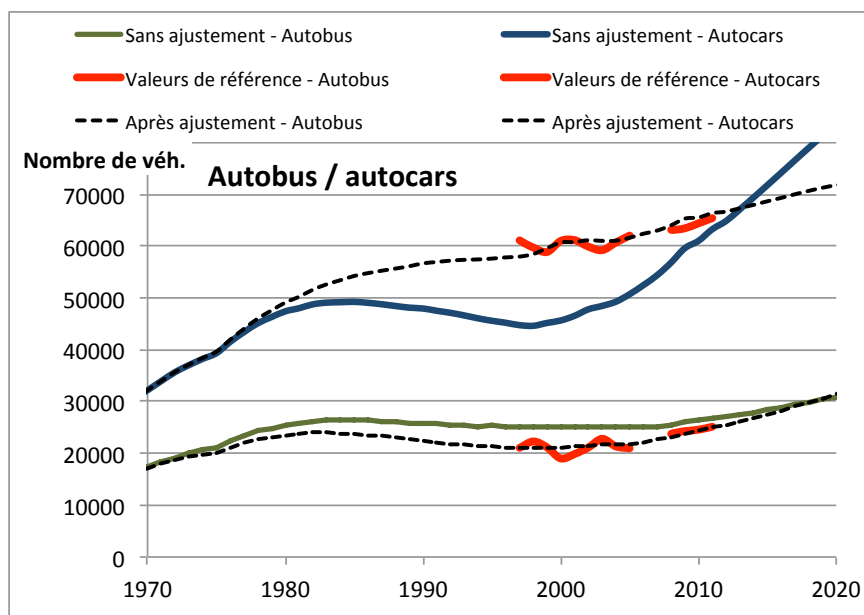


Figure 27 : Simulation séparée des parcs d'autobus et d'autocars, sans puis avec ajustements sur les valeurs de références (disponibles sur 1997-2011)

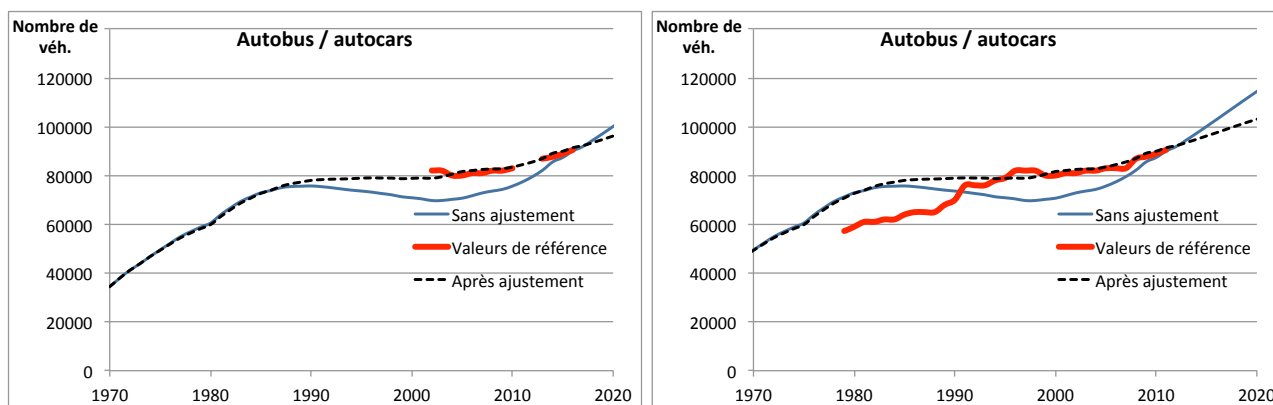


Figure 28 : Simulation résultante du parc autobus + autocars, sans puis avec ajustements sur les valeurs de références (disponibles sur 1997-2011). A droite comparaison avec la série du CCFA (plage 1979-2011)

2.4.5. Deux-roues motorisés

Le cas des 2-roues motorisés a été traité par (Hugrel 2004) de la même manière que les voitures particulières, avec des courbes de survie suivant une loi Log-Normale. Les paramètres de ces courbes sont récapitulés Tableau 11.

On notera que l'on ne considère qu'une courbe sur l'ensemble de la période, et que l'on ne différencie pas les catégories de motos par exemple.

Des travaux à venir permettront d'améliorer ces hypothèses, ou de compléter sur différentes périodes, notamment en analysant les statistiques qui peuvent exister dans l'ENTD 2008 puis au

travers de l'analyse du parc par le SOeS, lorsque celle-ci sera disponible.

Catégories de véhicules		A	m	s
1	Cyclomoteurs	15	1,846	0,224
2	Motos	15	2,151	0,1

Tableau 11: Lois de survie pour les 2-roues motorisés (Hugrel, 2004).

Dans l'immédiat, nous avons retenu ces mêmes hypothèses, et avons appliqué le principe des ajustements, puisque l'on dispose d'éléments sur le parc global de 2-roues de 1994 à 2007, et distinguant les catégories cyclos / motos de 1994 à 2004. Ce principe est illustré Figure 29. Il est un peu plus chaotique que pour les autres catégories de véhicules, car les statistiques (immatriculations et données de cadrage) semblent être moins robustes.

Les ajustements ayant été réalisés séparément sur la période 1994-2007, la comparaison avec les données de cadrage sur l'ensemble du parc disponibles jusqu'à 2011 (Figure 30) montre clairement un écart sur les dernières années. On pourra donc affiner l'ajustement afin d'optimiser également cette période.

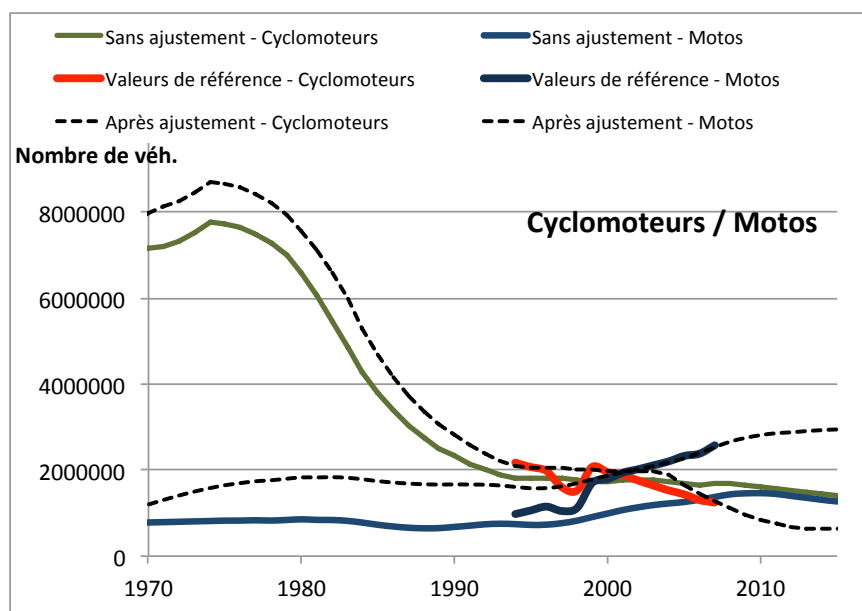


Figure 29 : Simulation séparée des parcs cyclomoteurs et motos, sans puis avec ajustements sur les valeurs de références (disponibles sur 1994-2007)

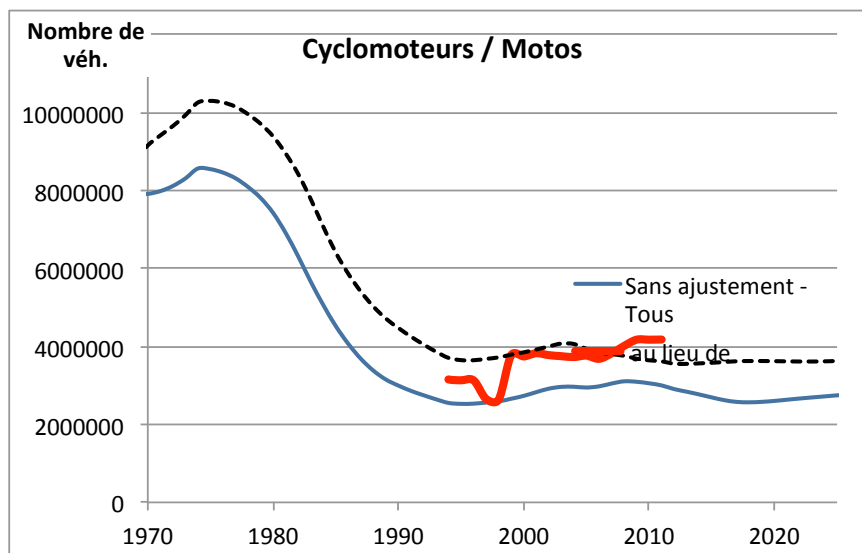


Figure 30 : Simulation cumulée des parcs cyclomoteurs et motos, sans puis avec ajustements (1994-2007), et comparaison avec la série complète (disponibles sur 1994-2011)

2.4.6. Conclusions

L'ensemble des hypothèses de survie pour toutes les catégories de véhicules a été récapitulé ici, et mis en œuvre pour les calculs de parcs automobiles. Le bouclage sur les statistiques de parcs (CCFA, SOeS, Ifsttar-DEST) conduit généralement à des ajustements de ces hypothèses en quelques longues périodes, par sous-catégories de véhicules lorsque les statistiques le permettent, et les résultats obtenus sont globalement très satisfaisants. Quelques optimisations peuvent être espérées, notamment pour les 2-roues.

Ce volet pourra être complété par l'amélioration des hypothèses de survie de base, en s'appuyant sur les statistiques déjà identifiées (enquêtes récentes de mobilité, parcs, travaux de Kolli 2012, TRM, TRV, TC du Certu). Ceci permettra d'étayer ces hypothèses sur différentes périodes. Le bouclage sur les données de référence restera cependant le meilleur garde-fou contre les dérives éventuelles des estimations de parcs.

2.5. Parcs en circulation - hypothèses d'utilisation des véhicules

Les hypothèses d'utilisation des différentes catégories de véhicules consistent en fait principalement en les kilométrages annuels moyens réalisés et leur évolution avec l'âge des véhicules. Comme pour les hypothèses de survie, les données d'utilisation sont cruciales dans la détermination des parcs et de leurs émissions de polluants, car elles déterminent la composition des parcs en circulation (pondération des parcs statiques par leur utilisation). Elles sont également très fragiles puisque généralement établies par grandes catégories de véhicules (VP, camions, etc.), reposant sur peu de données et des périodes courtes, et généralisées à de longues périodes.

Dans le cadre de ces travaux, nous avons : 1- récapitulé les hypothèses existantes dérivées des travaux de (Hugrel, 2004) et antérieurs, 2- remis en œuvre ces hypothèses aux nouveaux calculs de parcs, 3- prospecté sur les statistiques récentes qui permettraient de compléter ces hypothèses un peu anciennes, mais pas encore mis en œuvre ces nouvelles données, 4- élaboré un processus de bouclage sur les statistiques connues, en l'occurrence les données de kilométrage annuels moyens effectués en France par catégories de véhicules, 5- collecté ces statistiques (cf. section 2.2), et 6- mis en œuvre les calculs et opéré les ajustements de manière à cadrer au mieux avec ces données de référence. Nous décrivons ci-après ces travaux par catégories de véhicules.

2.5.1. Voitures particulières

2.5.1.1. Hypothèses antérieures

Les hypothèses antérieures d'utilisation des véhicules particuliers ont été élaborées par (Bourdeau, 1998) à partir de l'enquête Parc Auto entre 1985 et 1994. Ces hypothèses établissent les kilométrages annuels moyens des véhicules en fonction du carburant utilisé et de leur cylindrée. Elles sont corrigées par une fonction exponentielle décroissante pour tenir compte de l'âge des véhicules, établie sur la période 1993-1994 à partir des travaux de (Madre, 1994).

Le kilométrage annuel parcouru par une voiture d'âge i (exprimé en nombre d'années), de cylindrée k et de carburant c suit une loi exponentielle de la forme :

$$km(i, k, c) = g(k) \times p(k) \times km(c) \times f(i) = g(k) \times p(k) \times km(c) \times \exp(-\alpha \times i)$$

avec un kilométrage parcouru plus faible pour la première année de mise en circulation des véhicules du fait d'une entrée progressive sur le marché de façon progressive à l'échelle d'une année (cf. Tableau 12). De fait on notera que la fonction d'évolution selon l'âge est indépendante de la « taille » ou catégorie du véhicule (cylindrée), de même que le kilométrage de référence.

	$km(c)$ kilométrage de référence	$p(k)$ Correction autre	$g(k)$ correction cylindrée	$f(i)$, fonction de l'âge
Essence < 1.4 l	11 500	1,446	0,895	$\exp(-0.0561 \times i)$ et $f(0) = 0.858$
Essence 1.4 l – 2 l	11 500	1,446	1,183	$\exp(-0.0561 \times i)$ et $f(0) = 0.858$
Essence > 2 l	11 500	1,446	1,252	$\exp(-0.0561 \times i)$ et $f(0) = 0.858$
Diesel < 2 l	20 100	1,149	0,994	$\exp(-0.02488 \times i)$ et $f(0) = 0.858$
Diesel >2 l	20 100	1,149	1,030	$\exp(-0.02488 \times i)$ et $f(0) = 0.858$

Tableau 12 : Paramètres de la fonction d'utilisation des véhicules particuliers (d'après Bourdeau, 1998 et Hugrel, 2002)

Les principales limites de ces fonctions d'utilisation sont d'être uniques (et donc constantes), pour une catégorie de véhicule au cours de la période étudiée, ce qui n'est sans doute pas réaliste. Elles n'appréhendent pas non plus les spécificités éventuelles de motorisations alternatives (véhicules électriques, etc.) et les changements de comportements de mobilité.

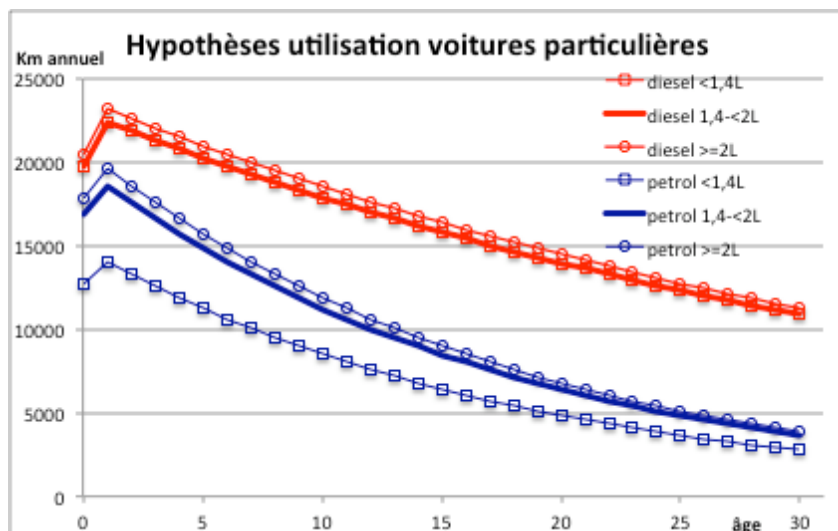


Figure 31 : Hypothèses d'utilisation (kilométrage annuel et évolution selon l'âge) pour les voitures particulières (d'après Hugrel, 2004 et Bourdeau 1998).

2.5.1.2. Amélioration par bouclage sur les statistiques de mobilité

À défaut de statistiques à jour, un ajustement des fonctions d'utilisation est réalisé en s'appuyant sur les kilométrages annuels moyens observés au travers d'enquêtes (cf. section 2.2). La règle de correction des fonctions ci-dessus adoptée dans ce cadre est de n'ajuster que le kilométrage de référence, sans modifier les autres paramètres de la fonction.

On calcule ainsi le kilométrage réellement simulé pour une année donnée et une catégorie de véhicules (produit des nombres de véhicules par catégorie et âge compte tenu des immatriculations annuelles et lois de survie, pondéré par leurs hypothèses d'utilisation compte-tenu de leur âge). Ce kilométrage annuel est comparé à la statistique de référence de l'année calculée. Un ajustement des paramètres de la courbe d'utilisation permet de cadrer au mieux à cette référence, soit pour une

année donnée soit sur une plage lorsque les écarts sont systématiques, et surtout pour généraliser des fonctions d'utilisation (et donc des « comportements ») sur des longues périodes, car - hormis événement conjoncturel, on peut supposer que les comportements d'utilisation des véhicules évoluent lentement.

La Figure 32 illustre différents ajustements réalisés pour la catégorie Diesel 1,4-2litres. Ces ajustements sont assez significatifs (à titre indicatif les courbes varient entre -15 et +20% par rapport à la courbe initiale), mais ceci s'explique par le fait que les statistiques annuelles d'âge moyen sont assez variables, et qu'elles intègrent en particulier la distribution des véhicules selon leur âge, elle-même variable.

Au final, les ajustements Diesel ont été effectués sur 16 années ou plages d'années, cadrant ainsi très précisément avec les statistiques de cadrages. Ces ajustements ont été appliqués pour toutes les catégories diesel (<1,4, 1,4-2, et >2 litres) puisqu'il n'existe qu'une hypothèse initiale d'utilisation pour ces catégories et que l'ajustement ne peut se faire que sur le total Diesel. Les ajustements des catégories essence ne sont effectués qu'en quatre plages d'années, les kilométrages annuels calculés étant assez proches des statistiques observées.

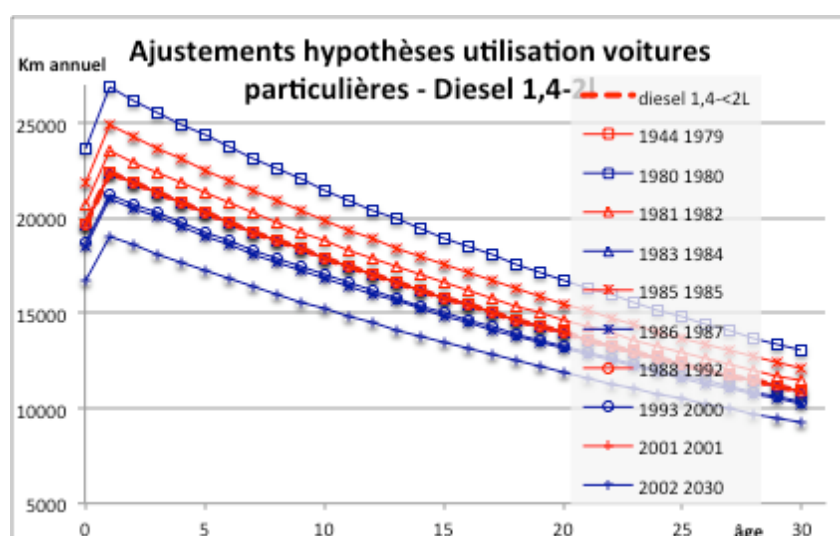


Figure 32 : Ajustement des hypothèses d'utilisation (kilométrage annuel et évolution selon l'âge) pour les voitures particulières Diesel.

La Figure 33 illustre les ajustements réalisés et leur incidence sur les calculs des kilométrages annuels Diesel et essence d'une part, et la comparaison avec les statistiques globales d'autre part. On notera que les écarts ont été considérablement réduits par les ajustements. Ils sont globalement contenus à moins de 3% pour chacune des catégories sur toute la plage d'années. On note un écart sur le parc global, qui pourrait être dû à une incohérence des données de cadrage globale et par catégories.

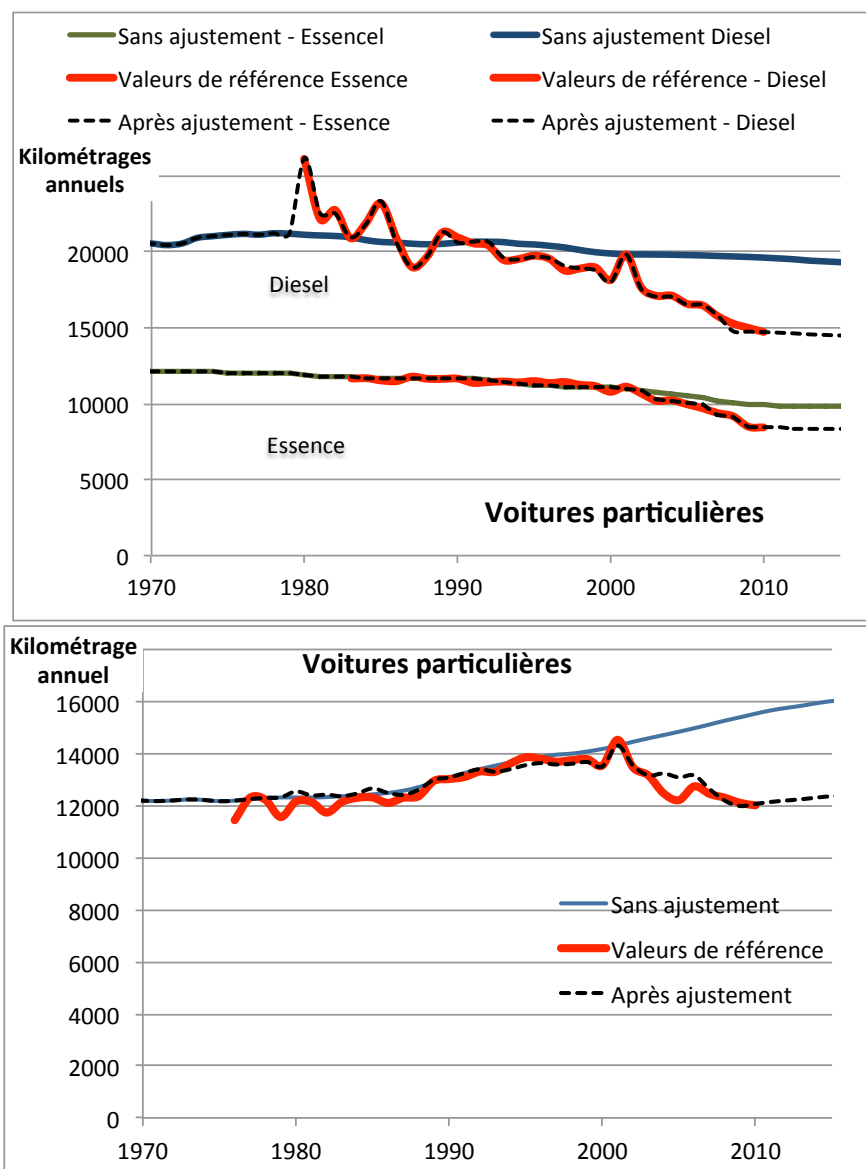


Figure 33 : Kilométrages annuels calculés avant et après ajustements des hypothèses d'utilisation (kilométrage annuel) des voitures particulières Diesel et essence (en haut) et globalement (en bas).

2.5.1.3. Autres catégories de véhicules

De manière arbitraire et à défaut d'autres données, les hypothèses d'utilisation des véhicules ont été affectées comme suit :

- véhicules électriques, E85, GPL : idem véhicules essence 1,4-2,0 litres,
- véhicules hybrides / essence : comme véhicules essence et selon leur « taille » (small= $<1,4l$),
- véhicules hybrides / diesel : comme véhicules diesel et selon leur « taille ».

2.5.1.4. Améliorations à envisager

Il conviendra d'explorer les enquêtes récentes sur les parcs automobiles (Parcauto) et notamment les travaux de (Kolli, 2012) afin de déterminer des fonctions d'utilisation correspondant aux

comportements observés jusqu'à des années récentes.

2.5.2. Hypothèses d'utilisation des véhicules utilitaires légers

2.5.2.1. Hypothèses antérieures

Les hypothèses antérieures d'utilisation des véhicules utilitaires légers sont dérivées des travaux de (Lacour, 2002) sous forme d'une fonction de la forme :

$$km(i,c) = km(c) \times f(i)$$

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

avec ϕ loi log-normale

	km(c)	I	i	m	s
Diesel	27 000	30	1 à 21	4	1,4
Essence	16 000	30	1 à 21	8	3,5

Tableau 13 : Paramètres de la fonction d'utilisation des véhicules utilitaires légers (Lacour, 2002)

2.5.2.2. Déclinaison et ajustements des hypothèses d'utilisation

Hormis la distinction Essence / Diesel, les hypothèses précédentes sont établies sans tenir compte des catégories de véhicules utilitaires légers ; elles sont donc mises en œuvre sans distinction de taille / type des véhicules. De manière arbitraire, les hypothèses Essence ont été affectées aux motorisations / carburants alternatifs, c'est à dire véhicules électriques, GPL, GNV, E85 (et autres non spécifiés).

On ne dispose de statistiques de références du kilométrage annuel pour les petits véhicules utilitaires seulement pour quelques années ; il est donc possible d'ajuster ces courbes d'utilisation sur ces données.

L'ajustement a été réalisé en première approche par plages autour des années connues, et les résultats sont donnés Figure 34. On note que cette approche n'est pas complètement satisfaisante, car, si elle permet de bien respecter les valeurs de références, elle conduit à une approche en « dents de scie » peu réaliste. Il conviendra de chercher plutôt un ajustement plus continu.

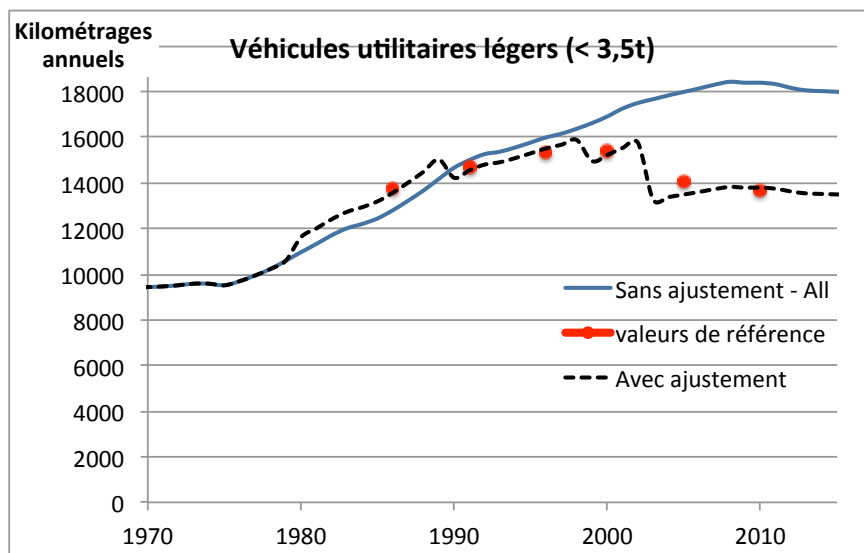


Figure 34 : Kilométrages annuels calculés avant et après ajustements des hypothèses d'utilisation (kilométrage annuel) pour les véhicules utilitaires légers.

2.5.2.3. Améliorations à envisager

Il conviendra de mettre à jour les hypothèses d'utilisation, si des travaux (enquêtes, etc.) plus récents permettent de disposer d'éléments. Un ajustement continu devra être recherché.

2.5.3. Camions, tracteurs routiers

2.5.3.1. Hypothèses antérieures

Les hypothèses d'utilisation des camions et tracteurs sont dérivées des travaux de (Lacour, 2002) à partir de l'enquête TRM de 1997, et font intervenir un taux d'immobilisation des poids lourds afin de corriger la différence de champ d'étude avec l'enquête TRM. Ce taux d'immobilisation est fonction de l'âge i (et non $i+1$, ce qui semble conforme aux travaux initiaux) des véhicules suivant la forme :

$$Tx_{immobilisation}(i) = 1 - 0,83 \times \left(1 - \frac{\phi\left(\frac{i-m}{\sigma}\right)}{\phi\left(\frac{I-m}{\sigma}\right)} \right)$$

ϕ est la loi log-normale

	I	i	m	σ
Porteurs	26	0 à 23	8	2
Tracteurs	21	0 à 20	3,5	0,925

Tableau 14 : Paramètres du taux d'immobilisation des poids lourds établis par (Lacour, 2002)

Selon Hugrel, 2004, ces paramètres conduisent à un taux d'immobilisation moyen de 35 % contre 30% constaté dans l'enquête TRM, l'écart s'expliquant par le champ de l'enquête TRM

restreint aux véhicules de moins de 15 ans, les véhicules plus âgés étant effectivement moins utilisés.

Hormis ce taux d'immobilisation, (Lacour 2004) propose une fonction d'évolution du kilométrage annuel selon l'âge des véhicules en fonction de leur âge, élaborée également à partir des résultats de l'enquête TRM (kilométrage annuel par classes d'âge). La forme de cette fonction est exponentielle pour les camions et log-normale pour les tracteurs, et les 2 fonctions sont appliquées en i (et non $i+1$) en conformité aux travaux d'origine.

$$km(i, c) = km(c) \times f(i)$$

	Km	f(i)	I	i	m	σ
Porteurs	68 000	$\exp(-0,0766 \times i)$	NC	0 à 23	NC	NC
Tracteurs	100 000	$1 - \frac{\phi(\frac{i-m}{\sigma})}{\phi(\frac{I-m}{\sigma})}$	21	0 à 20	2,5	1

Tableau 15 : Paramètres de la fonction d'utilisation des poids lourds (d'après Lacour, 2002)

2.5.3.2. Déclinaison et ajustements des hypothèses d'utilisation

De manière arbitraire et à défaut d'autres données, les hypothèses d'utilisation des camions et tracteurs sont appliquées indifféremment à toutes les classes de taille (PTAC) - ce qui constitue sans doute une approximation forte -, et aux différentes motorisations (véhicules électriques, GNV, etc.).

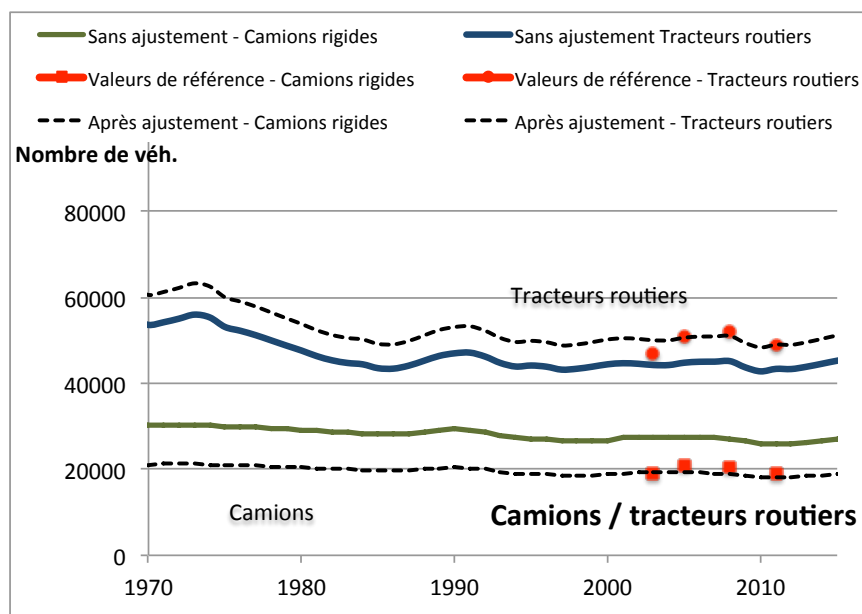


Figure 35 : Kilométrages annuels calculés avant et après ajustements des hypothèses d'utilisation (kilométrage annuel) et séparément pour les camions et les tracteurs routiers.

On ne dispose que de quelques statistiques de référence du kilométrage annuel des camions et tracteurs. Nous avons donc ajusté globalement de manière à cadrer au mieux avec ces valeurs.

L'ajustement a cette fois été réalisé sur toute la période. On obtient donc un décalage relativement constant des kilométrages annuels (Figure 35). L'ajustement est assez satisfaisant.

2.5.3.3. Améliorations à envisager

Il conviendra de mettre à jour les hypothèses d'utilisation, avec des travaux (enquêtes, etc.) plus récents et déjà identifiés.

2.5.4. Autobus et autocars

2.5.4.1. Hypothèses antérieures

Les hypothèses d'utilisation des bus et des autocars, élaborées par (Lacour, 2002) sur la base de l'enquête TRV, ajustent le kilométrage annuel des véhicules en fonction de leur type (bus ou autocars) et de leur âge (Tableau 16), selon la forme :

$$km(i,c) = km(c) \times f(i)$$

$$f(i) = 1 - \frac{\varphi\left(\frac{i+1-m}{\sigma}\right)}{\varphi\left(\frac{I-m}{\sigma}\right)}$$

avec φ loi log-normale.

Comme l'enquête ne porte que sur les véhicules effectivement en fonctionnement, tandis que les véhicules immobilisés pour des raisons diverses (utilisation occasionnelle, maintenance, nettoyage...) sont exclus, (Lacour, 2002) propose un taux d'immobilisation (établi sur la base de l'enquête) de 30 % pour les autocars et de 15 % pour les bus urbains.

	km(c)	I	i	m	σ	Coefficient d'immobilisation
Bus	55 000	35	1 à 29	3	1	0,15
Autocars	55 000	35	1 à 29	7	2,8	0,30

Tableau 16 : Paramètres de la fonction d'utilisation des bus et autocars selon (Lacour, 2002)

Ces hypothèses sont appliquées indifféremment aux différentes catégories de bus / autocars (midi, standard, articulés), ce qui constitue une grosse approximation, et aux motorisations alternatives (ou carburants).

2.5.4.2. Ajustements sur statistiques de référence

On dispose pas de statistiques de kilométrage annuel pour les autocars (série assez longue issue des enquêtes TRV) et de valeurs plus rares mais récentes pour les autobus (issues de l'analyse des parcs à partir des immatriculations et du contrôle technique par SOeS). On peut donc réaliser un ajustement par catégorie et sur ces séries de valeurs.

L'ajustement a été réalisé globalement sur toute la période pour les autobus (Figure 36) et en 2 plages pour les autocars. Comme pour les véhicules utilitaires légers, cette dernière approche pose

question, compte tenu de la discontinuité engendrée. Celle-ci peut être liée à un défaut de cohérence des statistiques de référence. Une approche plus continue devra donc être recherchée dans un second temps.

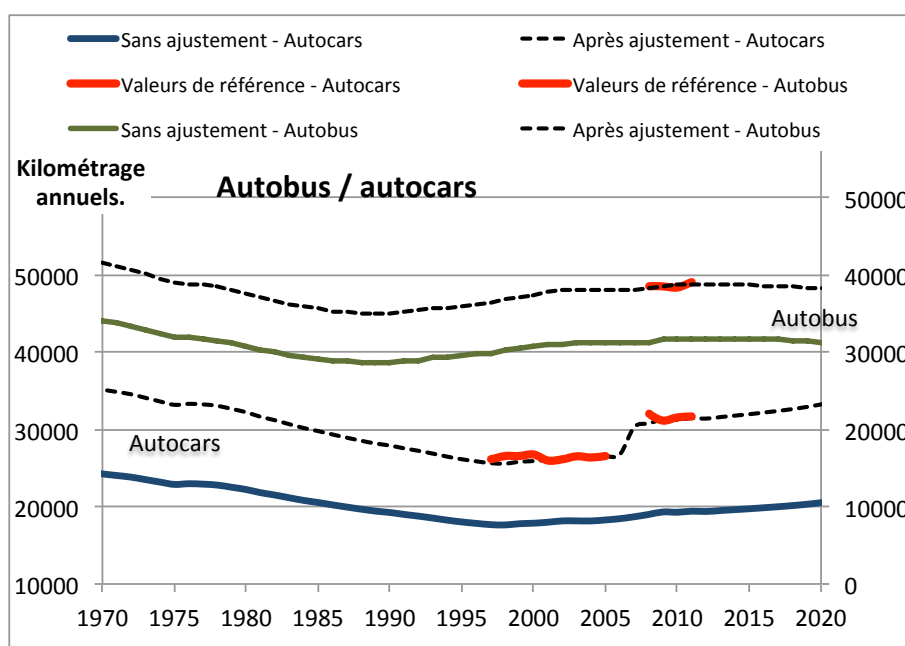


Figure 36 : Kilométrages annuels calculés avant et après ajustements des hypothèses d'utilisation (kilométrage annuel) et séparément pour les autocars (axe de gauche) et les autobus (axe de droite).

2.5.4.3. Améliorations à envisager

Il conviendra de mettre à jour les hypothèses d'utilisation, avec des travaux (enquêtes, etc.) plus récents (notamment l'enquête TRV de 2005), et de différencier les catégories de bus / cars. On pourra également exploiter les données des exploitants (rapportés notamment via les fédérations).

La question de la continuité des hypothèses de kilométrage annuel des autocars devra être approfondie.

2.5.5. Deux-roues motorisés

2.5.5.1. Hypothèses antérieures

Les hypothèses d'utilisation dérivées des travaux antérieurs sont de la forme $Ax + B$, où B est un kilométrage véhicule neuf, A est une décroissance annuelle, et x est l'âge du 2-roues. Ces règles ont été élaborées à partir de données d'enquête.

Les paramètres de ces courbes sont donnés dans le Tableau 17. Ils sont de fait ajustés selon classes de motos, mais établis sur une seule enquête, ils sont donc appliqués pour toute la période de simulation.

	B	A (décroissance		
	Type	(km de référence)	annuelle)	Age maximum
Moped <=50cc (v<50kmh)	4	2258	-125	15
"MC 2S <=150cc"	4	4191	-272	15
"MC 4S <=150cc"	4	4191	-272	15
"MC 4S 151-250cc"	4	3277	-246	15
"MC 4S 251-750cc"	4	7409	-448	15
"MC 4S >750cc"	4	7892	-408	15

Tableau 17 : Paramètres des fonctions d'utilisation des cyclomoteurs et motos selon (Hugrel, 2004)

2.5.5.2. Ajustements sur statistiques de référence

On ne dispose que d'une valeur de référence pour le kilométrage annuel des 2-roues motorisés (celle de l'année 2007). Un ajustement a cependant été réalisé sur cette valeur et appliqué sur l'ensemble de la période. Cet ajustement est illustré Figure 37 ; il demeure assez fragile compte tenu du peu de points de référence.

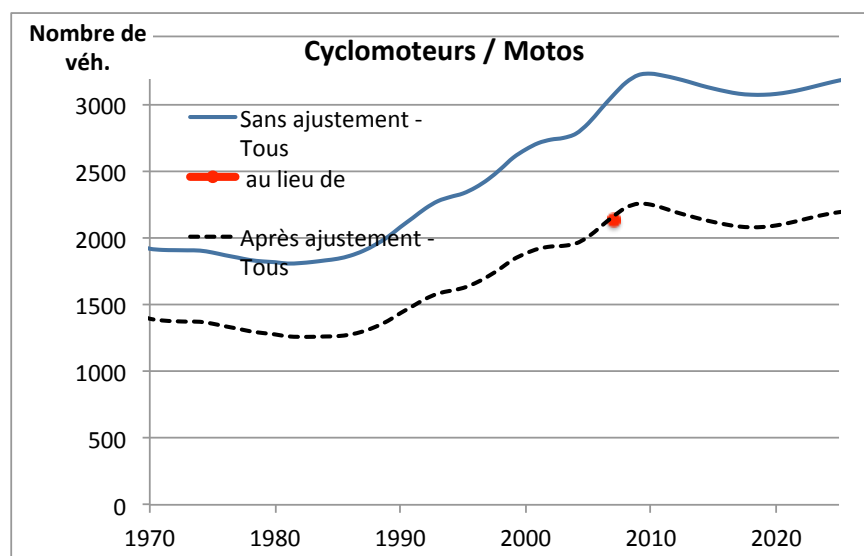


Figure 37 : Kilométrages annuels calculés avant et après ajustements des hypothèses d'utilisation (kilométrage annuel) pour les deux-roues motorisés.

2.5.5.3. Améliorations à envisager

Il conviendra de mettre à jour les hypothèses d'utilisation, avec des travaux (enquêtes, etc.) plus récents (notamment travaux du Certu sur les 2-roues, et informations dérivées des enquêtes de mobilité, de ParcAuto et des enquêtes ménages déplacements qui peuvent porter sur les déplacements en 2-roues). Il serait intéressant de différencier, les catégories cyclomoteurs et motos lors des ajustements.

2.6. Réglementation pollution

Les outils HBEFA/ARTEMIS permettent de donner précisément les années d'introduction des différentes réglementations de pollution, en tenant compte du chevauchement de différentes réglementations pour une même année.

Pour la France, l'introduction d'une réglementation nouvelle s'est généralement faite en 2 temps : au cours d'une première année, la réglementation s'applique aux nouveaux modèles de véhicules et aux immatriculations correspondantes, l'année suivante elle s'applique à tous les véhicules vendus. Ainsi, la réglementation Euro 4 s'applique aux nouveaux modèles VP au 1/01/2005 et à tous les VP au 1/01/2006. (Hugrel, 2006) décrit très en détail et pour les différentes catégories de véhicules ce processus réglementaire et son calendrier jusqu'à Euro4.

Dans les travaux antérieurs (et selon les préconisations de l'approche Copert), des transitions brutes par années entières ont été proposées, correspondant à l'année de généralisation de la réglementation à tous les véhicules. Ces hypothèses sont récapitulées Tableau 18.

La réalité est différente, puisque l'introduction d'une réglementation s'étale généralement sur 2 années, et avec un calendrier non toujours ajusté sur l'année civile. Par ailleurs il semblerait que même après la date d'application d'une réglementation à tous les véhicules neufs, certains répondant à la réglementation précédente puissent être encore vendus.

On devrait donc avoir des schémas d'introduction progressifs, s'étalant vraisemblablement sur 3 années, avec cohabitation de réglementations successives.

Pour la mise en œuvre des calculs d'émission d'autres pays européens, des schémas progressifs sont utilisés :

- Ainsi pour la Suède, la transition Euro3-Euro4 (VP) se fait sur 3 années : 2004 : 7% d'Euro4, 2005 : 60% d'Euro4, 2006 : 100%.
- Pour l'Autriche, l'Allemagne et la Suisse, la transition Euro4-Euro5 est envisagée sur 3 années : 2009 : 20% d'Euro5 (40% pour l'Allemagne), 2010 : 75%, 2011 : 100%.
- La Suisse et l'Allemagne envisagent des schémas anticipant plus fortement l'introduction de la réglementation Euro 6 avec : dès 2012 : 5% d'Euro6, 2013 : 25%, 2015 : 50%, 2015 : 75% et 2016 : 100%.

Cependant les statistiques d'immatriculation qui permettraient d'étayer ces hypothèses pour la France sont difficilement accessibles. En l'attente d'éléments sur ce point, nous avons proposé une hypothèse d'introduction prospective des réglementations Euro5 et 6, avec la première année anticipant 30% des immatriculations dans la nouvelle norme (cf. Tableau 19 et Tableau 20).

Cette « amélioration » devrait avoir une incidence limitée au niveau des calculs d'émission, car elle ne porte que sur le renouvellement annuel du parc (soit de l'ordre de 7-8% du volume total entrant et remplaçant 7-8% de véhicules anciens), et ceci au prorata des réglementations de l'année (par exemple Euro4 et 5) et de l'écart des facteurs d'émission entre ces réglementations successives

(donc relativement proches). Cependant la prise en compte de cette progressivité et anticipation des réglementations sur l'ensemble des années antérieures, et l'accumulation des différences d'émission sur l'ensemble du parc pourraient conduire à un écart plus significatif.

On notera que les hypothèses appliquées ici diffèrent des travaux antérieurs comme suit :

- la mise en œuvre de la réglementation Euro5 de manière progressive en 2010, et l'introduction d'Euro6 ;
- des écarts d'interprétation des réglementations pre-Euro, qu'il faudra valider.

On notera également que différentes informations officielles françaises et européennes divergent concernant la mise en œuvre de la réglementation Euro6, ce qui conduit à une incertitude de une (voire de 2) année.

Catégorie de véhicule et réglementation	Année de mise en service	Catégorie de véhicule et réglementation	Année de mise en service
VP Diesel		Camions / Tracteurs routiers	
Pré-Euro I	1970	Pré-Euro I	1970
Euro I-91/441/EEC	1993	Euro I-91/542/EEC étape 1992	1994
Euro II-94/12/EEC	1997	Euro II-91/542/EEC étape 1995	1997
Euro III-98/69/EEC étape 2000	2001	Euro III-99/96/EEC étape 2000	2002
Euro IV-98/69/EEC étape 2005	2006	Euro IV-99/96/EEC étape 2005	2007
Euro V (post 2005)	2010	Euro V-99/96/EEC étape 2008	2010
VP Essence		Autobus / Autocars	
Pré-ECE	1970	Pré-Euro I	1970
ECE 15/00-01	1973	Euro I-91/542/EEC étape 1992	1994
ECE 15/02	1981	Euro II-91/542/EEC étape 1995	1997
ECE 15/03	1982	Euro III-99/96/EEC étape 2000	2002
ECE 15/04	1986	Euro IV-99/96/EEC étape 2005	2007
Euro I-91/441/EEC	1993	Euro V-99/96/EEC étape 2008	2010
Euro II-94/12/EEC	1997		
Euro III-98/69/EEC étape 2000	2001	2-roues motorisés	
Euro IV-98/69/EEC étape 2005	2006	Pré-Euro 97/24	1970
Euro V (post 2005)	2010	97/24/EEC étape 1999	2000
		97/24/EEC étape 2000	2005
VUL (Diesel / Essence)			
Pré-Euro I	1970		
Euro I-93/59/EEC	1995		
Euro II-96/69/EEC	1998		
Euro III-98/69/EEC étape 2000	2001		
Euro IV-98/69/EEC étape 2005	2006		
Euro V (post 2005)	2010		

Tableau 18 : Hypothèses d'introduction des réglementations pollution pour les différentes catégories de véhicules selon (Hugrel, 2004) - on considère que 100% des véhicules immatriculés neufs au cours de l'année d'introduction d'une norme satisfont cette norme

PC, Diesel

Année	EmissionConcept	%/an	Note
1919	PC-D-<1986	100,00%	
1986	PC-D-1986-1988	100,00%	
1993	PC-D-Euro-1	100,00%	
1997	PC-D-Euro-2	100,00%	
2001	PC-D-Euro-3	100,00%	
2006	PC-D-Euro-4	100,00%	
2010	PC-D-Euro-4	70,00%	
2010	PC-D-Euro-5 DPF	30,00%	
2011	PC-D-Euro-5 DPF	100,00%	
2015	PC-D-Euro-5 DPF	70,00%	
2015	PC-D-Euro-6 DPF	30,00%	
2016	PC-D-Euro-6 DPF	100,00%	
2030	PC-D-Euro-6 DPF	100,00%	

PC, Petrol

Année	EmissionConcept	%/an	Note
1919	PC-P-<ECE	100,00%	
1973	PC-P-ECE-15'00	100,00%	
1976	15'01/02	100,00%	tabl.
1982	PC-P-ECE-15'03	100,00%	
1986	PC-P-ECE-15'03	100,00%	
1987	PC-P-ECE-15'04	100,00%	
1993	PC-P-Euro-1	100,00%	
1997	PC-P-Euro-2	100,00%	
2001	PC-P-Euro-3	100,00%	
2006	PC-P-Euro-4	100,00%	
2010	PC-P-Euro-4	70,00%	
2010	PC-P-Euro-5	30,00%	####
2011	PC-P-Euro-5	100,00%	
2015	PC-P-Euro-5	70,00%	
2015	PC-P-Euro-6	30,00%	
2016	PC-P-Euro-6	100,00%	
2030	PC-P-Euro-6	100,00%	

LCV, Diesel

Année	EmissionConcept	%/an	Note
1919	1986	100,00%	
1986	LCV-D-XXIII	100,00%	
1995	LCV-D-Euro-1	100,00%	
1998	LCV-D-Euro-2	100,00%	
2001	LCV-D-Euro-3	100,00%	
2006	LCV-D-Euro-4	100,00%	
2010	LCV-D-Euro-4	70,00%	
2010	DPF	30,00%	
2011	DPF	100,00%	
2015	DPF	70,00%	
2015	DPF	30,00%	
2016	DPF	100,00%	
2030	DPF	100,00%	

LCV, Petrol

Année	EmissionConcept	%/an	Note
1919	<1981	100,00%	
1981	>1981	100,00%	
1995	LCV-P-Euro-1	100,00%	
1998	LCV-P-Euro-2	100,00%	
2001	LCV-P-Euro-3	100,00%	
2006	LCV-P-Euro-4	100,00%	
2010	LCV-P-Euro-4	70,00%	
2010	LCV-P-Euro-5	30,00%	
2011	LCV-P-Euro-5	100,00%	
2015	LCV-P-Euro-5	70,00%	
2015	LCV-P-Euro-6	30,00%	
2016	LCV-P-Euro-6	100,00%	
2030	LCV-P-Euro-6	100,00%	

Tableau 19 : Hypothèses d'introduction des réglementations pollution pour les véhicules légers, proposées dans ce cadre

HGV; DIESEL

Année	EmissionConcept	%/an	Note
1919	HGV-D-50ties	100,00%	
1960	HGV-D-60ties	100,00%	
1970	HGV-D-70ties	100,00%	
1980	HGV-D-80ties	100,00%	
1994	HGV-D-Euro-I	100,00%	
1997	HGV-D-Euro-II	100,00%	
2002	HGV-D-Euro-III	100,00%	
2007	HGV-D-Euro-IV	100,00%	
2010	HGV-D-Euro-IV	70,00%	
2010	HGV-D-Euro-V	30,00%	
2011	HGV-D-Euro-V	100,00%	
2015	HGV-D-Euro-V	70,00%	
2015	HGV-D-Euro-VI	30,00%	
2016	HGV-D-Euro-VI	100,00%	
2030	HGV-D-Euro-VI	100,00%	

HGV Coach

Année	EmissionConcept	%/an	Note
1929	Coach-D-50ties	100,00%	
1960	Coach-D-60ties	100,00%	
1970	Coach-D-70ties	100,00%	
1980	Coach-D-80ties	100,00%	
1994	Coach-D-Euro-I	100,00%	
1997	Coach-D-Euro-II	100,00%	
2002	Coach-D-Euro-III	100,00%	
2007	coach-D-Euro-IV	100,00%	
2010	coach-D-Euro-IV	70,00%	
2010	coach-D-Euro-V	30,00%	
2011	coach-D-Euro-V	100,00%	
2015	coach-D-Euro-V	70,00%	
2015	Coach-D-Euro-VI	30,00%	
2016	Coach-D-Euro-VI	100,00%	
2040	Coach-D-Euro-VI	100,00%	

HGV Urban bus

Année	EmissionConcept	%/an	Note
1929	UBus-D-50ties	100,00%	
1960	UBus-D-60ties	100,00%	
1970	UBus-D-70ties	100,00%	
1980	UBus-D-80ties	100,00%	
1994	UBus-D-Euro-I	100,00%	
1997	UBus-D-Euro-II	100,00%	
2002	UBus-D-Euro-III	100,00%	
2007	UBus-D-Euro-IV	100,00%	
2010	UBus-D-Euro-IV	70,00%	
2010	UBus-D-Euro-V	30,00%	
2011	UBus-D-Euro-V	100,00%	
2015	UBus-D-Euro-V	70,00%	
2015	UBus-D-Euro-VI	30,00%	
2016	UBus-D-Euro-VI	100,00%	
2040	UBus-D-Euro-VI	100,00%	

Tableau 20 : Hypothèses d'introduction des réglementations pollution pour les véhicules lourds, proposées dans ce cadre

2.7. Parcs et trafic - tendances prospectives

Une réflexion de fond sur les hypothèses de prospective du parc automobile, des immatriculations et également du trafic – en cohérence avec des scénarios plausibles d'évolution – est nécessaire et a été menée. Un premier travail d'état de l'art des scénarios prospectifs de la mobilité et énergétique en France a été entrepris dans le but de construire différents scénarios plausibles pour les parcs automobiles et trafics et leur répartition selon des catégories détaillées permettant les calculs d'émission. Ce travail est resté jusque-là sans réelle application pratique, car il est de fait très difficile de traduire des scénarios très macroscopiques en hypothèses détaillées.

L'approche retenue a donc été de tenter d'esquisser des tendances d'évolution, sur la base des données actuelles, principalement sur les volumes totaux d'immatriculations annuelles par grandes catégories de véhicules, voire plus désagrégées.

Mais in fine, les équilibres entre carburants (Diesel / Essence) et l'introduction de nouvelles motorisations et carburants alternatifs ont été abordés au travers de la littérature et d'échanges avec l'ADEME autour des travaux récents de vision prospective des technologies et carburants (Ademe, 2012). On a ainsi construit des hypothèses de répartition des technologies aux horizons 2030 (ou 2020).

On explicite ci-après ces hypothèses et les principales tendances induites. Cette première base constitue un « scénario », qui pourra être la base d'échanges (en particulier après l'analyse des conséquences de ces hypothèses au niveau des parcs en circulation, cf. Chapitre 4), et d'élaboration d'autres scénarios, le processus conduisant d'un scénario à l'élaboration d'un parc complet étant relativement simple.

2.7.1. Tendances prospectives des immatriculations - Travaux antérieurs

Le souhait de considérer et d'adapter les approches et hypothèses élaborées lors des travaux antérieurs (prospective des immatriculations seulement) a permis d'identifier certaines défaillances que nous récapitulons ci-après avoir listé les principes de ces approches. Schématiquement, les hypothèses de prospectives de Hugrel, 2004 (à la suite de Bourdeau, 1998) reposaient sur :

- une moyenne glissante sur les immatriculations des 20 années antérieures, jusqu'en 1999,
- l'établissement à partir de ces données moyennées, d'une courbe de régression linéaire sur les dix (ou 11) dernières années,
- l'extrapolation des nombres d'immatriculations des années futures (2000 à 2025) à partir de cette régression,
- le calcul se fait généralement par catégorie, classe de PTAC ou de taille de moteur, et non sur le total des immatriculations.

Cette approche appelle quelques remarques :

- la moyenne glissante étant non centrée (elle calcule l'année N sur la base des 20 années antérieures), elle introduit une discontinuité artificielle après la dernière année de données connue. Ce saut est bien sûr compensé (on conserve la pente et non la valeur absolue et on l'applique après la dernière année), mais cependant la tendance appliquée est plutôt représentative de l'évolution observée une dizaine d'année auparavant.
- le calcul par catégories introduit une grande sensibilité aux faibles effectifs. En particulier, certaines catégories peuvent voir leur nombre d'immatriculations décroître fortement, et même devenir négatif, ce qui était corrigé arbitrairement à zéro, introduisant de fait une erreur sur l'évolution du nombre total.
- le lissage sur 20 années est très fort (il est justifié par une forte instabilité des immatriculations annuelles).

L'approche de tendances prospectives sur les immatriculations a été reprise de manière similaire dans ce cadre, mais avec les précautions suivantes :

- on privilégiera une approche de régression sur les nombres totaux ou par grandes catégories (et non par catégories détaillées surtout lorsque leurs effectifs sont très faibles),
- pour les catégories en forte décroissance, nous adopterons une régression non linéaire (asymptotique ou exponentielle) qui évitera le risque de nombres négatifs d'immatriculations,
- nous avons envisagé plutôt une approche centrée pour construire les régressions, sur des périodes plus faibles, et finalement retenu une approche non lissée (utilisations des données brutes d'immatriculations), qui s'avère tout aussi efficace. On fera cependant attention à des années particulières pouvant conduire à des artefacts (par exemple l'année 2009).

2.7.2. Prospective des immatriculations des voitures particulières

L'extrapolation des VP en 5 ou 6 catégories (Diesel, Essence et selon cylindrée) à partir de régressions linéaires construites par catégories n'est pas satisfaisante car la décroissance du parc essence est plutôt asymptotique que linéaire (et ne saurait passer par des nombres négatifs).

Globalement, on propose donc :

- une prolongation tendancielle du nombre total des immatriculations des véhicules (essence + diesel + autres), construite par régression logarithmique sur les immatriculations brutes des années 2002-2011 ; Cette évolution traduit une faible croissance des immatriculations totales sur la période 2013-2030 (+ 0,85% / an) ;
- cette évolution prévaut sur toutes les évolutions élaborées par sous-catégories, motorisations alternatives, etc., qui seront donc ajustées proportionnellement de manière à maintenir le nombre total d'immatriculations.
- Dans un premier temps, nous avons envisagé une évolution exponentielle de chacune des

catégories essence et diesel, construite sur leurs immatriculations respectives sur 2002-2011. Ces évolutions seraient respectivement de +2% /an pour les diesel et de -3,3%/an pour les véhicules essence sur 2013-2030 ans.

- Les hypothèses de prospective technologique nous conduisent à envisager une décroissance des motorisations Diesel et Essence, au profit des motorisations émergentes. Diesel et Essence ne représenteraient ainsi que 15,9 et 15,5% des immatriculations en 2030, soit une décroissance de -7,7 et -2,3 %/an respectivement ,
- compte tenu de l'évolution des cylindrées observée sur les années récentes (cf. 2.3.3.4), on ne peut pas retenir une hypothèse de préservation de la structure en cylindrées. La structure selon les cylindrées des véhicules essence et diesel a donc été est calculée en construisant des hypothèses d'évolution sur la base des données observées (2001-2012). En raison de la grande sensibilité de tendances construites sur ces données très variables, on retiendra : une décroissance exponentielle des grosses cylindrées Diesel et des moyennes et grosses cylindrées essence ; une faible croissance linéaire des moyennes cylindrées Diesel ; les petites cylindrées sont calculées par solde au nombre total d'immatriculations (Diesel ou essence selon le cas). Remarque : la croissance des cylindrées intermédiaires et petites est cependant freinée par la décroissance du nombre total de véhicules Essence ou Diesel au profit d'autres motorisations (cf. ci-après).
- pour les motorisations alternatives, différents scénarios ont été envisagés (tendances sur données récentes, taux de croissance annuel espéré, etc.). La forme finalement retenue est la détermination d'un taux de croissance annuel, qui permette de converger vers un taux d'immatriculations attendu à l'année future N (2030), par rapport à l'année de référence (2012). Ce taux à l'année 2030 est tiré des hypothèses Ademe.
- Ainsi les hypothèses suivantes ont été retenues :
 - Les véhicules électriques représenteraient 10% des immatriculations en 2030, une croissance de 25% par an. Ce scénario conduit à passer de quelques 6,000 immatriculations en 2012 (0,1% du total), à 260 000 en 2030,
 - Les véhicules GPL et ceux roulant au E85 devraient décroître pour ne représenter que 0,05 et 0,1% des immatriculations en 2030, soit une décroissance de -9 et -5%/an,
 - pour les véhicules hybrides, l'hypothèse de 27,5% et 8,9% des nombres totaux d'immatriculations en hybrides essence et Diesel à l'horizon 2030, conduit à des taux annuels de croissance de 24% et 19%/an respectivement, soit à passer de 27,000 immatriculations en 2012, à quelques 580,000 et 950,000 immatriculations hybrides en 2020 et 2030
 - enfin on retient l'hypothèse du développement fort de la technologie hybride rechargeable, pour atteindre 22% (573,000) des immatriculations en 2030, soit un doublement des immatriculations tous les ans d'ici cet horizon. Compte tenu du niveau très faible initial, la croissance est cependant lente.

Catégorie	Principe retenu	Taux ou valeurs de références	Taux de croissance	% des immatriculations	
				en 2020	en 2030
Véhicules particuliers (ensemble)	Croissance tendancielle (régression logarithmique sur immatriculations 2002-11)	0,85%/an	0,85%/an		
Diesel	% du nombre total d'immatriculations en 2030 - et évolution des cylindrées	15,9%	-7,7%/an	57,5	15,9
Essence		15,5%	-2,3%/an	31,7	15,5
Électriques		10,0	+25%/an	1,8	10,0
GPL		0,05	-9%/an	0,2	0,1
E85		0,1	-5%/an	0,3	0,1
Hybrides Diesel		8,9	+19%/an	2,7	8,9
Hybrides Essence		27,5	+24%/an	5,7	27,5
Hybride rechargeable		22,0	+109%/an	0,0	22,0

Tableau 21 : Hypothèses d'évolution des voitures particulières

2.7.3. Prospective des immatriculations des véhicules utilitaires légers

L'extrapolation des VUL - telle qu'envisagée antérieurement - par régression sur les données d'immatriculation par catégories Diesel et Essence conduisait à la disparition en 2002 des VUL essence, et à des effectifs négatifs au-delà.

Globalement, on propose donc ce qui suit :

- une prolongation tendancielle du nombre total des immatriculations des véhicules utilitaires légers (essence + diesel + autres) par une évolution linéaire de l'ensemble, construite par régression sur les immatriculations brutes des années 2002-2011 ; Cette évolution traduit une croissance de 0,5% par an des immatriculations totales sur la période 2010-2030 ;
- cette évolution prévaut sur toutes les évolutions élaborées par sous-catégories, motorisations alternatives, etc., qui seront donc ajustées proportionnellement de manière à maintenir le nombre total d'immatriculations.
- En l'absence de scénario spécifique pour les motorisations des véhicules utilitaires légers, nous adoptons des hypothèses proches de celles des voitures. Cette simplification méritera d'être approfondie.
- Les véhicules Essence représenteraient 15% des immatriculations en 2030, soit une croissance de 18%/an.
- Les véhicules GPL, GNV et E85 atteindront 0,1% des immatriculations en 2030 (soit des taux de croissance de 6, 1,3 et 14%/an respectivement).
- Les véhicules électriques se situeront au niveau de 20% des immatriculations en 2030, soit une croissance de 22%/an.
- Les véhicules hybrides atteindront également 20% en 2030, soit une croissance de 44%/an par rapport à 2012.
- Les véhicules Diesel sont estimés en complément des catégories précédentes. Ils représentent

45% des immatriculations en 2030, avec un taux de décroissance de -3,2%/an entre 2012 et 2030.

- pour la déclinaison en catégories de taille de véhicule (catégories M1+N1-I, N1-II, N1-III), et compte tenu de l'évolution constatée de ces catégories, nous utiliserons la structure calculée sur les années 2008-2012 pour les véhicules essence et diesel respectivement, et cette structure est conservée proportionnellement aux effectifs totaux correspondants pour les années futures ; on notera à ce niveau que la structure est donc supposée constante, en raison de la difficulté d'interprétation de tendances éventuelles.

Catégorie	Principe retenu	Taux ou valeurs de références	Taux de croissance	% des immatriculations	
				en 2020	en 2030
Véhicules utilitaires légers (ensemble)	Croissance tendancielle (régression linéaire sur immatriculations 2002-11)	0,55%/an	0,55%/an		
Diesel	Complément des autres motorisation, et évolution des la structure M1+N1-I, -II, -III	(44,7%)	-3,2%/an	94,5	44,7
Essence	% du nombre total d'immatriculations en 2030, et évolution de la structure M1+N1-I, -II, -III	15,0%	-2,3%/an	2,6	15,0
Électriques	% du nombre total d'immatriculations en 2030	20,0	+22%/an	2,6	20,0
GPL		0,1	-9%/an	0,06	0,1
GNV		0,1		0,1	0,1
E85		0,1	-5%/an	0,03	0,1
Hybrides Diesel / Essence		20,0	+44%/an	0,4	20,0

Tableau 22 : Hypothèses d'évolution des véhicules utilitaires légers

2.7.4. Prospective des immatriculations des camions et tracteurs

Pour les poids lourds, les effectifs par classe de PTAC étant très faibles, il est préférable de reproduire l'évolution des immatriculations totales par grande catégorie (camions, tracteurs), et de construire ensuite la structure par classes de charge. À ce stade, les principes suivants ont été retenus :

- Différentes formes de tendances ont été testées sur les immatriculations des années 2002-2009 (l'année 2009 n'a pas été intégrée dans ce calcul car elle est l'objet d'un très fort recul des immatriculations en raison de la conjoncture économique) et 2002-2011 ; Nous avons finalement retenu une croissance de 1%/an pour les camions et de 1,5% pour les tracteurs routiers.
- la déclinaison en catégories de taille de véhicule (classes détaillées de PTAC) est établie sur la base des observations 2001-2012, et prolongée à l'identique pour les années ultérieures.
- pour les motorisations alternatives (camions et tracteurs GNV, camions électriques, hybrides et autres énergies), nous avons retenu des hypothèses de part des immatriculations à 2030 comme précédemment, mais dans la catégorie. En l'occurrence, les camions électriques représenteraient 3% des immatriculations de camions en 2030 (+20%/an), les camions au

GNV seraient à hauteur de 5% (+16%/an), les camions hybrides à hauteur de 3% (+35%/an), les camions utilisant d'autres énergies à hauteur de 0,5% (+15%/an). Les tracteurs routiers au GNV représenteraient 0,5% des immatriculations en 2030 (+19%/an).

- Les croissances ci-dessus (motorisations alternatives) sont appliquées aux différentes classes de PTAC sur la base des immatriculations constatées sur 2011-2012, c'est à dire que seules les classes déjà existantes se développent (par exemple les camions électriques des catégories <7,5t et 20-26 tonnes, certaines classes de camions et tracteurs au GNV, etc.).

On verra dans le Tableau 23 qui récapitule les croissances effectivement obtenues, que les taux précédemment envisagés ont été de fait approchés dans les calculs. Ce point sera corrigé ultérieurement, mais il conviendra d'abord d'étayer les hypothèses retenues.

Catégorie	Principe retenu	Taux ou valeurs de références	Taux de croissance	% des immatriculations	
				en 2020	en 2030
Camions	Croissance tendancielle (sur immatriculations 2002-11)	1,9%/an	1,0%/an	44,8	43,7
Tracteurs routiers		2,1%/an	1,5%/an	55,2	56,3
Camions Diesel	Complément des autres motorisations, et stabilité de la structure en PTAC		+0,5%/an	98,0	91,4
Camions électriques	% du nombre total d'immatriculations en 2030, stabilité des classes de PTAC	3,0	+20%/an	0,6	2,9
Camions GNV		5,0	+16%/an	1,2	4,1
Camions hybrides		3,0	+35%/an	0,1	1,0
Camions autres énergies		0,5	+15%/an	0,2	0,5
Tracteurs Diesel	Complément des autres motorisations, et stabilité de la structure en PTAC		+1,5%/an	100,0	99,9
Tracteurs GNV		0,5	+19%/an	0,0	0,1

Tableau 23 : Hypothèses d'évolution des camions et tracteurs routiers

2.7.5. Prospective des immatriculations des autobus et autocars

Les tendances d'évolution des immatriculations sont directement établies à partir des données observées des immatriculations des autobus et des autocars sur les années 2001 à 2012. On propose ainsi :

- une tendance linéaire des immatriculations de 1,9%/an en moyenne pour les autobus, et de 2,1%/an pour les autocars. Cette évolution différenciée est cependant questionnable.
- Les motorisations Diesel équilibrent les progressions des motorisations / carburants alternatifs décrites ci-après.
- Concernant la répartition entre midi-bus, bus standards et articulés (Diesel), on prolonge les tendances linéaires établies également sur la période 2001-2012. Cette répartition évolue donc dans les années à venir. Ainsi les midi-bus régressent très légèrement (-0,5%/an), tandis que les bus standards progressent de 0,8%/an et les articulés de 2,3%/an.
- On fait de même pour les autocars Diesel, et midi-, standards et 3-essieux progressent respectivement de 1,4%, 2,0% et 1,1% par an en moyenne sur la période 2013-2030.

- Concernant les carburants alternatifs (en fait GNV), les immatriculations à 2030 sont fixées à 10% pour les autobus (+5,1% de croissance par an) et 3% pour les autocars (33%/an). Les catégories (midi-, standard et articulés) progressent selon ces taux, au prorata de ce qu'ils représentaient en 2011-2012. On a supposé qu'il n'y aurait pas de développement du GPL.
- Concernant les autobus électriques et hybrides, on a supposé leur développement pour atteindre chacun 5% des immatriculations en 2030, soit des croissances de 10,8% et 16,4% par an. On n'a pas supposé de développement des autocars électriques et hybrides.

Catégorie	Principe retenu	Taux ou valeurs de références	Taux de croissance	% des immatriculations	
				en 2020	en 2030
Autobus	Croissance tendancielle (sur immatriculations 2001-12)	1,8%/an	1,8%/an	26,4	26,0
Autocars		2,1%/an	2,1%/an	73,6	74,0
Autobus Diesel	Complément des autres motorisations, et évolution de la structure Midi/Standard/Articulés		+0,9%/an	88,5	78,9
Autobus électriques	% du nombre total d'immatriculations en 2030, stabilité des classes de PTAC	5,0	+10,8%/an	2,1	5,0
Autobus GNV		10,0	+5,1%/an	8,0	11,1
Autobus hybrides		5,0	+16,4%/an	1,3	5,0
Autocars Diesel	Complément des autres motorisations, et évolution de la structure Midi/Standard/3-essieux		+1,9%/an	99,8	97,0
Autocars GNV		3,0	+33%/an	0,2	3,0

Tableau 24 : Hypothèses d'évolution des autobus et autocars

2.7.6. Prospective des immatriculations des 2-roues motorisés

Concernant les 2-roues motorisés, nous avons retenu une croissance de 1% par an, indifféremment pour les motos et les cyclomoteurs, et de 10% pour les cyclomoteurs électriques (les moteurs thermiques régressant au prorata).

3. Comparaison des parcs automobiles à d'autres estimations

L'ensemble des hypothèses précédemment discutées a été mis en œuvre pour l'estimation des parcs automobiles sur la période (1944)-2030.

L'estimation des parcs des VP, VUL, PL, autobus, autocars et 2-roues, et la formalisation / des hypothèses relatives est achevée et les jeux de données correspondants de parcs et trafic ont été intégrés dans les outils HBEFA ainsi que dans les outils COPERT4 et CopCETE permettant ainsi les calculs d'émissions.

On confronte ci-après les principaux résultats de ces calculs à d'autres estimations de parcs existantes (CITEPA et européennes). Ensuite, compte tenu de la transposition et l'ajustement des données et hypothèses, on effectue une comparaison avec les estimations résultants des travaux antérieurs.

3.1. Confrontation à d'autres données de parcs

A ce jour plusieurs descriptions des parcs automobiles français (notamment en vue des calculs d'émissions) coexistent, et il nous a paru utile de confronter ces estimations, car les écarts observés sont un indicateur fort de la nécessité d'harmoniser, rationaliser et faire converger les différentes approches de calcul.

Parmi ces descriptions, nous pouvons citer les travaux français suivants :

- la description des parcs élaborée par le CITEPA en vue de produire les inventaires nationaux d'émissions du transport routier ; ces parcs sont élaborés annuellement et ont été complétés depuis peu par un parc prospectif 2011-2030,
- les travaux de INRETS-LTE, qui avaient permis d'élaborer les parcs France de 1970-2025, ainsi que les facteurs d'émissions correspondants (méthode Copert3) ;
- les travaux IFSTTAR-LTE entrepris dans ce cadre et qui visent à remettre à plat et actualiser / améliorer ces différentes hypothèses. Ces travaux portent sur la période 1980-2030 (mais s'appuient sur des données depuis 1940 et permettent de fait d'évaluer les parcs antérieurs aux années 1980) ;
- il existe enfin d'autres travaux n'ayant pas pour objectifs les calculs d'émissions, mais qui évaluent également les compositions des parcs automobiles. Il s'agit notamment des travaux du CCFA (actuellement références d'autres travaux), du SOeS (avec notamment l'objectif d'élaboration de parcs en utilisant conjointement les données d'immatriculations et du contrôle technique), de l'IFSTTAR-DEST exploitant des observations des parcs au travers des enquêtes sur la mobilité, du panel Parcauto, etc.

Il existe par ailleurs plusieurs jeux de données européens décrivant les parcs français :

- issus du projet FLEET - "European Database of Vehicle Stock for the Calculation and Forecast of Pollutant and Greenhouse Gases Emissions with TREMOVE and COPERT » et donnant les parcs France jusqu'à 2008,
- ou disponibles sur les sites COPERT de EMISIA / Agence Européenne Environnement et qui concernent les parcs France 2000-2030.

Cette coexistence de données françaises n'est pas sans poser de problèmes dans la mesure où ces données présentent des écarts, et parce que - compte tenu de la complexité de l'élaboration des données - il est difficile de clarifier la provenance et les approches / hypothèses de ces jeux de données.

Afin d'illustrer ces écarts et l'enjeu des travaux d'harmonisation, nous présentons ci-après quelques comparaisons en utilisant 3 estimations (CITEPA, EMISIA et IFSTTAR-LTE), pour la seule année 2015, pour laquelle les données étaient disponibles et non trop empreintes d'hypothèses prospectives.

3.1.1. Écarts sur les volumes totaux

Le Tableau 25 donne les écarts observés au niveau des volumes totaux (parcs ou trafics) entre les 3 estimations de parcs pour l'année 2015.

On notera que si les écarts sont faibles pour les parcs VP, l'estimation des trafics peut cependant diverger de près de 11%. Les écarts pour les parcs VUL, PL, bus et autocars sont conséquents (15 à 32%) et s'accroissent sur les trafics (23 à 54%).

Pour les bus et cars, il semblerait que les statistiques soient l'objet d'une confusion (inversion des bus et cars) qui était déjà constatée lors des travaux MEET (André, 1999). En conséquence les variations n'ont été calculées que sur les données Citépa et Ifsttar. .

2015	VP	VUL	PL	Bus	Autocars
en nombre de véhicules					
CITEPA	32278447	5457637	562757	20920	62002
EMISIA	33065638	6134132	655164	(70384)	(22373)
IFSTTAR-LTE	32017544	6293469	515104	27566	68614
écarts %	3,3	15,3	27,2	31,8	10,7
en veh x km					
CITEPA	418964	92955	27073	768	2276
EMISIA	458237	111793	33789	(992)	(2706)
IFSTTAR-LTE	396538	84951	16344	1067	2194
écarts %	15,6	31,6	106,7	39,0	23,3

Tableau 25 : Comparaison des parcs et trafics français pour l'année 2015, au travers de 3 jeux de données (CITEPA, EMISIA et travaux présentés dans ce cadre) - les écarts sont établis entre les estimations extrêmes sauf pour bus et autocars

On notera que les écarts ci-dessus induisent de profondes divergences sur les kilométrages

annuels moyens calculés par catégories.

3.1.2. Écarts sur la distribution essence - diesel (VP)

La distribution essence - diesel des VP est un paramètre important des estimations des émissions de polluants (polluants concernés différents, fort enjeu des VP et de la pollution en ville).

2015	VP		
	Diesel	Essence	Autres
en nombre de véhicules			
CITEPA	65,2	33,7	1,1
EMISIA	48,5	44,3	7,2
IFSTTAR-LTE	64,8	34,4	0,8
écarts %	34,4	31,5	
en veh x km			
CITEPA	70,6	28,7	0,7
EMISIA	57,6	33,5	8,9
IFSTTAR-LTE	75,8	23,3	0,9
écarts %	31,6	43,8	

Tableau 26 : Comparaison des répartitions Essence - Diesel des VP français pour l'année 2015, au travers de 3 jeux de données (CITEPA, EMISIA et travaux présentés dans ce cadre)

Les estimations françaises sont assez convergentes sur les parcs à 2015 (1 à 2% d'écart), mais se traduisent par des différences de 7 à 20% sur les trafics. Les données européennes s'écartent de manière très significative des estimations françaises (écarts de 30 à 44%, cf. Tableau 26).

3.1.3. Écarts sur la distribution selon les réglementations pollution (VP)

La répartition des véhicules selon les différentes réglementations pollution est également un paramètre fondamental des estimations des émissions de polluants, et notamment dans la perspective d'un renouvellement du parc ou de mesures de restriction d'accès comme les ZAPA. Le Tableau 27 montre les écarts observés par les 3 compositions de parcs de VP. dans ce cas ce sont les estimations françaises qui divergent de 20% sur la représentation des véhicules Euro5 en 2015, écarts auxquels il conviendrait d'ajouter de l'ordre de 2% (7-9% selon EMISIA) de véhicules Euro6 anticipés par les autres estimations.

2015	VP	
	%Euro5	%Euro6
en nombre de véhicules		
CITEPA	28,5	0,0
EMISIA	32,3	7,1
IFSTTAR-LTE	34,1	2,2
écarts %	19,6	
en veh x km		
CITEPA	33,7	0,0
EMISIA	37,8	8,8
IFSTTAR-LTE	40,6	2,4
écarts %	20,5	

Tableau 27 : Comparaison des répartitions selon la réglementation émissions de polluants des VP français pour l'année 2015, au travers de 3 jeux de données (CITEPA, EMISIA et travaux présentés dans ce cadre)

Ces écarts sont considérables, et leur incidence sur les émissions dépend principalement des hypothèses sous-tendues. En effet, ces écarts peuvent être compensés :

- soit par des véhicules de la réglementation antérieure (Euro4) s'il s'agit d'une différence d'interprétation des dates de mise en œuvre des réglementations,
- soit par les véhicules les plus anciens si ces écarts s'expliquent principalement par une différence d'hypothèses de survie et de renouvellement de parcs.

Dans le 1^{er} cas, la différence sur les émissions est probablement assez faible (elle correspond à l'évolution d'une réglementation par rapport à la précédente), dans le second cas, la différence d'émission devrait être beaucoup plus significative puisque ce sont près de 20% de véhicules les plus polluants qui seraient remplacés par les technologies les plus récentes.

3.1.4. Écarts sur la composition du parc de poids-lourds

Le Tableau 28 illustre les écarts observés au niveau de la distribution camions - tracteurs. Là-encore on observe des divergences assez significatives qui reposent sur des hypothèses différentes de structure et d'évolution de cette structure. On notera dans ce cas précis, que les écarts d'estimations françaises des parcs s'inversent pour les trafics, ce qui suppose des interprétations contradictoires (ou se compensant) des hypothèses de survie et des hypothèses d'utilisation.

2015	PL	
	Camions	Articulés
en nombre de véhicules		
CITEPA	54,0	46,0
EMISIA	52,0	48,0
IFSTTAR-LTE	60,3	39,7
écarts %	16,0	20,9
en veh x km		
CITEPA	51,7	48,3
EMISIA	53,0	47,0
IFSTTAR-LTE	36,0	64,0
écarts %	47,2	36,2

Tableau 28 : Comparaison des répartitions camions / tracteurs des poids lourds français pour l'année 2015, au travers de 3 jeux de données (CITEPA, EMISIA et travaux présentés dans ce cadre)

3.1.5. Conclusion

Les comparaisons précédentes montrent des écarts très significatifs et susceptibles d'induire des différences fortes au niveau des calculs d'émissions et surtout des interprétations que l'on pourrait en tirer quant à la mise en œuvre de mesures telles que les ZAPA, etc. On pourrait certainement multiplier les exemples de divergences des estimations, mais cela n'apporterait sans doute que peu d'enseignements complémentaires.

Ces divergences démontrent en tous cas la nécessité d'œuvrer à l'harmonisation et à la convergence des approches, ainsi qu'à la clarification, à l'amélioration et à la mise à jour des données et nombreuses hypothèses de calcul impliquées dans ces approches d'estimations des parcs et trafics selon les caractéristiques techniques détaillées nécessitées par les calculs d'émissions de polluants.

3.2. Comparaison aux estimations antérieures

Les travaux menés dans ce cadre étant d'abord basés sur la transposition et l'ajustement des données et hypothèses des travaux antérieurs, avant toutefois d'avoir été l'objet de profondes refontes et mises à jour, nous avons réalisé des comparaisons avec ces estimations antérieures et analysé l'incidence sur la composition des parcs. Nous avons considéré en particulier 3 années :

- 1998, année relativement robuste des estimations antérieures (pas d'extrapolation, année peu affectée par des erreurs d'immatriculations et non influencée par les adaptations des hypothèses de tendances prospectives),
- 2010, comme année de référence actuelle,
- 2025 qui est l'année de prospective maximale envisagée dans les travaux précédents, et pour laquelle nous disposons des données (calculées).

Pour chacune des années, nous donnerons les estimations résultant des travaux de Hugrel 2004, et celles résultant des modifications et mises à jour en cours (indiquées par « Nouvelles estimations »). Les comparaisons porteront sur les volumes totaux (parcs et trafics) ainsi que sur les structures obtenues (par motorisations Essence / Diesel / autres, par cylindrée ou taille, par réglementations).

Initialement, une comparaison des émissions était également prévue, mais la trop grande divergence des approches et les écarts très significatifs déjà obtenus au niveau des parcs, ajoutés à l'évolution considérables des outils de calcul d'émission, rendent cette comparaison d'un très faible intérêt. C'est pourquoi cette comparaison ne sera pas présentée ici.

3.2.1. Cas des voitures particulières

L'archivage des immatriculations sur la période 2000-2012, les corrections de données et notamment celles conduisant à une décroissance des petites et moyennes cylindrées et à une croissance des plus de 2 litres, les améliorations des hypothèses de structures, de survie, d'utilisation et de tendances prospectives, et surtout l'ajustement aux données de référence (parcs et kilométrages annuels) se traduisent par des évolutions significatives des parcs :

- *forte évolution des volumes totaux des parcs et trafics, liée au cadrage sur les données de référence, et corrigeant l'écart et la dérive constatés autrefois avec les statistiques officielles,*
- *évolution sensible de la structure Essence / Diesel (diésélisation accrue puis régressant),*
- *évolution forte de la structure en cylindrée rétablissant un volume significatif de petites cylindrées et freinant la croissance des grosses,*
- *compte tenu des hypothèses de survie ajustées conduisant à un allongement de la durée de vie, et des hypothèses d'introduction des réglementations, on observe un « retard » ou différé de la mise en œuvre des réglementations.*

Indépendamment des outils de calcul d'émission, ces résultats (composition des parcs et trafics) auront sans aucun doute une forte incidence sur les calculs d'émissions.

3.2.1.1. Parc statique des véhicules particuliers

Le Tableau 29 donne les résultats de simulation du parc total de voitures, ainsi que la répartition entre essence et diesel.

	1998 Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	2010 Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	2025 Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Nombre total (millions de véhicules)	24,302	26,680	26,581	31,408	29,433	34,590
Essence (%)	65.6	67,6	47.8	41,9	28.1	32,1
Diesel (%)	34.4	32,4	52.2	58,0	71.9	57,8
Autres (%)						10,1

Tableau 29: Nombre total de véhicules particuliers estimés par Hugrel, 2004 et après ajustement des données d'entrée et hypothèses, et répartition essence et diesel.

Pour les 3 années les nombres totaux de véhicules diffèrent significativement de 3-4 Millions de véhicules. Cet écart résulte de l'ajustement (par les hypothèses de survie) aux données de référence de parc sur la période 1979-2009. Cet ajustement corrige les dérives observées antérieurement entre les calculs de parcs et les estimations officielles de parc.

La répartition essence/diesel est relativement similaire en 1998, mais tend à se différencier ensuite. En 2010, les véhicules diesel représenteraient 58% des véhicules contre environ 52% dans l'approche antérieure. Pour 2025, compte tenu des hypothèses prospectives anticipant un déclin du Diesel et la poussée des motorisations alternatives, les véhicules Diesel retomberaient autour de 58%, les Essence représenteraient de l'ordre de 32% du parc contre 28% dans les estimations antérieures, et les autres technologies (électrique, GPL, GNV, hybrides regroupées ici) seraient à hauteur de 10%.

Ces écarts sur le parc total et les structures Diesel / Essence et selon la cylindrée s'expliquent bien sûr par l'utilisation de courbes de survie différenciées entre ces catégories (moindre longévité des véhicules essence et petites cylindrées), et par la nécessaire augmentation de la survie pour cadrer aux données de référence. Les écarts de répartition Diesel / essence s'expliquent par l'ajustement des courbes de tendances prospectives et notamment par la prise en compte des données d'immatriculations récentes qui les sous-tendent.

Structure du parc selon les cylindrées

Le Tableau 30 présente les distributions des véhicules essence et diesel selon la taille du moteur.

Pour 1998, les distributions sont assez équivalentes et ne reflètent que les quelques erreurs de codages signalées.

Les écarts sont plus importants en 2010 et l'on voit décroître considérablement les grosses cylindrées principalement au profit des moyens et petits Diesel. Pour les véhicules diesel, les

moteurs inférieurs à 2l deviennent prédominants alors qu'ils ne représentaient que moins d'un tiers du parc statique antérieurement estimé.

		1998		2010		2025	
		Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Essence	<1.4L	43.1	44,2	21.8	27,7	5.0	28,5
	1.4-2L	19.9	21,4	12.8	12,5	9.2	2,7
	>2L	2.6	2,0	13.3	1,2	13.9	0,2
Diesel	<1.4L	26.0	0,8	29.5	5,4	44.4	9,6
	1.4-2L		24,2		45,3		45,9
	>2L	8.4	7,5	22.6	7,2	27.4	2,3
Autres				0.2		10,8	

Tableau 30 : Distribution des véhicules suivant la cylindrée et le carburant selon Hugrel 2004 et après ajustements des données.

Pour 2025, les écarts s'accroissent encore selon les mêmes tendances et les véhicules essence de cylindrée régressent également. Les véhicules inférieurs à 2l diesel, représentent l'essentiel du parc statique avec près de 67% alors qu'ils ne représentaient de 44% des estimations antérieures. Les grosses cylindrées diesel (>2l) continuent de régresser entre 2010 et 2025.

Les écarts très importants observés à ce stade reposent principalement sur les erreurs de codage observées sur les années 1998 et 1999 et qui conduisaient à une forte émergence de grosses cylindrées au détriment des plus petites. La prospective des immatriculations construite sur ces données et par catégorie ne faisait ensuite qu'amplifier cette tendance.

Structure du parc selon les réglementations

Le Tableau 31 résume la structure de parc selon les réglementations pollution.

Pour 1998, les distributions sont assez similaires, hormis un retard à la mise en œuvre des réglementations (décalage de 4% vers la réglementation pre-euro et de 8% vers Euro1 et Euro2). Pour 2010, la norme euro 5 est introduite plus progressivement (2% au lieu de 8,7%).

Le retard à la mise en œuvre des réglementations constaté en 1998 est également noté pour les années 2010 et 2025 : écart/retard de plus de 12% sur les catégories pre-euro à Euro2 en 2010, écart de 6% sur les catégories pre-euro à Euro4 en 2025 et moindre représentation des catégories euro5-6 (89% au lieu de 95%).

Ces écarts assez significatifs et que se traduisent certainement au niveau des calculs d'émissions s'expliquent bien sûr par l'application de taux de survie différenciés Essence / Diesel et par l'augmentation des survies nécessaire au cadrage.

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Pré euro	53.6	57,5	2.9	7,2	0.0	0.0
Euro 1	31.3	28,7	5.9	9,7	0.0	0,0
Euro 2	15.2	13,8	13.7	17,2	0.1	0,7
Euro 3	0.0	0.0	34.6	31,5	1.3	3,1
Euro 4	0.0	0.0	34.3	32,2	3.8	8,3
Euro 5	0.0	0.0	8.7	2,2	94.9	19,0
Euro 6	-	0.0	-	0.0	-	68,9

Tableau 31 : Distribution des véhicules suivant les réglementations d'émissions de polluants, selon Hugrel 2004 et après ajustement des données, pour les années 1998, 2010 et 2025

3.2.1.2. Parc roulant des véhicules particuliers

Le Tableau 32 donne les estimations totales annuelles de trafic (parc roulant), par multiplication du parc statique et des kilométrages annuels, ainsi que la distribution Essence / Diesel. Les écarts observés au niveau des volumes de trafic s'expliquent pas ceux observés au niveau des parcs en nombres, compensés dans une certaine mesure par les ajustements des kilométrages annuels.

Comme pour le parc statique, les distributions Essence / Diesel sont assez proches en 1998, puis divergent de manière sensible : la circulation Diesel représente 71% du total au lieu de 63% en 2010, et décroît à 66% au lieu de 79% en 2025 tandis que le trafic essence ré-augmente (23% du total contre 21% dans les estimations antérieures) au détriment du Diesel et qu'émergent de manière significative les technologies alternatives (12%).

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Trafic total (veh.km)	3.4870·10 ¹¹	3.6360·10¹¹	4.3786·10 ¹¹	3,7961·10¹¹	5.3250·10 ¹¹	4.2806·10¹¹
Essence (%)	51.7	55.0	36.6	29.2	21.1	22,6
Diesel (%)	48.3	45,0	63.4	70.6	78.9	65,7
Autres				0.2		11,6

Tableau 32 : Trafic annuels (en véhicules x kilomètres) selon les estimations de Hugrel 2004 et après ajustement des données, et répartition selon essence et diesel.

		1998		2010		2025	
		Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Essence	<1.4L	30.0	32,0	13.0	17,5	2.3	19,8
	1.4-2L	18.9	21,0	10.8	10,1	7.1	2,0
	>2L	2.8	2,1	12.9	1,1	11.7	0,2
Diesel	<1.4L		1,0	35.1	6,9	48.3	11,1
	1.4-2L	36.3	33,5		54,9		52,1
	>2L	12.0	10,5	28.3	8,8	30.6	2,5
Autres				0,7		11,6	

Tableau 33 : Distribution des kilomètres parcourus suivant la cylindrée et le carburant selon les 2 estimations.

Le Tableau 33 donne la répartition des kilomètres parcourus selon essence / diesel et en fonction

de la cylindrée du moteur. On retrouve les conclusions établies au niveau des parcs statiques, renforcées par l'utilisation différenciée des véhicules Diesel / Essence et selon leur cylindrée (kilométrage annuel supérieur pour les Diesel et les grosses cylindrées) : distributions assez comparables pour 1998, et fortement contrastées au-delà, avec forte diminution des grosses cylindrées.

Comme pour les parcs statiques, on observe (Tableau 34) une certaine adéquation des répartitions des réglementations au sein de chaque jeu de données, avec le différé / retard de leur introduction dans les données calculées ici. Par rapport au parc « statique », cet écart est cependant atténué par les hypothèses de kilométrage annuel (diminuant avec l'âge) : 7,6% sur les catégories pre-euro à Euro2 en 2010, 4-5% sur les catégories pre-Euro5 en 2025 et moindre représentation des catégories euro5-6 (92% au lieu de 97%)

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Pré euro	44.2	48,2	1.5	3,6	0.0	0.0
Euro 1	37.0	34,5	3.9	6,6	0.0	0,01
Euro 2	18.7	17,3	10.9	14,0	0.05	0,3
Euro 3	0.0	0.0	33.8	33,5	0.7	1,9
Euro 4	0.0	0.0	40.2	39,9	2.5	6,3
Euro 5	0.0	0.0	9.7	2,5	96.7	16,7
Euro 6	-	0.0	-	0.0	-	74,8

Tableau 34 : Distribution des kilomètres parcourus suivant les normes selon les 2 estimations et pour les années 1998, 2010 et 2025.

3.2.2. Véhicules utilitaires légers

L'archivage des immatriculations récentes, la correction de l'artéfact lié à la disparition des véhicules essence, les améliorations des hypothèses de structure et de tendances prospectives, et l'ajustement aux données de référence (parcs) induisent des évolutions significatives des calculs de parcs :

- *écarts pouvant atteindre 10% sur les nombres totaux de véhicules, et 30% sur les trafics,*
- *préservation d'une proportion (faible) de véhicules essence,*
- *retard / décalage de l'introduction des réglementations.*

3.2.2.1. Parc statique des petits véhicules utilitaires

Le Tableau 35 présente les résultats de calcul du parc de véhicules utilitaires légers, ainsi que la répartition essence et diesel. Les nombres totaux de véhicules diffèrent de 4 à 600,000 véhicules soit de l'ordre de 10% ce qui est considérable, et plus de 1 millions en 2025, mais ce dernier point tient aux hypothèses prospectives très différentes. Ces écarts sont cependant justifiés par l'ajustement aux statistiques officielles de parcs entre 1979 et 2010.

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Nombre total (millions de véhicules)	4.2293	4.6779	5.4371	5.8715	7.9895	6.8439
Essence (%)	23.8	26.1	2.1	4.6	0.0	3.1
Diesel (%)	76.2	73.9	97.9	95.2	100.0	93,6
Autres		0.04		0.11		3.3

Tableau 35 : Parc total de véhicules utilitaires légers selon Hugrel 2004 et après ajustement des données et répartition selon essence et diesel.

La répartition essence/diesel reste assez similaire sur les 3 années avec des écarts de 2-2,5%. Les données corrigées préservent cependant un reliquat de véhicules essence, ce qui correspond en particulier à l'observation sur les années récentes. Ces écarts s'expliquent aisément par les ajustements sur les hypothèses prospectives qui conduisaient d'une part à la disparition des véhicules essence à court terme et d'autre part à la création artificielle d'immatriculations Diesel.

Le Tableau 36 donne la répartition des VUL par catégories (M+N1-I, N1-II, N1-III). On n'effectuera pas ici de comparaison car les données nécessaires ne sont pas aisément disponibles à partir des travaux (Hugrel 2004).

Le Tableau 37 résume la répartition du parc selon les réglementations d'émission de polluants, selon les 2 estimations. Pour 1998, les répartitions sont assez similaires, hormis un décalage de 3% pour les pré-euro. Pour 2010 et 2025, on observe un léger décalage qui traduit un retard de la mise en œuvre des réglementations qui est de l'ordre de 7% en 2010 et de 9% en 2025.

En %		1998	2010	2025
		Nouvelles estimations	Nouvelles estimations	Nouvelles estimations
Essence	M+N1-I	19.4	2,5	1,2
	N1-II	3.5	1,1	0,8
	N1-III	3.1	0,7	0,9
Diesel	M+N1-I	19.7	24,5	22,7
	N1-II	25.0	18,0	7,0
	N1-III	29.2	52,8	63,9
Autres		0.1	0.5	3,5

Tableau 36 : Distribution des véhicules utilitaires légers par catégories, en 1998, 2010 et 2025.

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Pré euro	70.4	73.2	7.6	11,7	0.0	0.0
Euro 1	21.4	19.7	7.5	8,1	0.0	0.0
Euro 2	8.2	7.1	12.1	12,6	0.0	1,5
Euro 3	0.0	0.0	30.7	31,0	1.0	3,9
Euro 4	0.0	0.0	32.8	34,4	6.9	11,7
Euro 5	0.0	0.0	9.4	2,1	92.1	18,8
Euro 6	-	0.0	-	0.0	-	64,1

Tableau 37 : Distribution des véhicules suivant les réglementations d'émission selon Hugrel 2004 et après ajustement des données, en 1998, 2010 et 2025.

3.2.2.2. Parc en circulation

On trouvera ci-après l'estimation du trafic total des petits véhicules utilitaires, la répartition essence / Diesel (Tableau 38) ainsi que la structure selon les réglementations (Tableau 39). Comme pour les parcs statiques, on observe des écarts conséquents, amplifiés par les hypothèses d'utilisation et par les hypothèses prospectives. Ces écarts sont de près de 21% en 1998, 10% en 2010 et augmentent à plus de 30% en 2025.

Les répartitions essence/diesel ne sont pas strictement identiques mais restent très proches.

Les distributions selon les réglementations (Tableau 39) sont assez similaires pour 1998 avec cependant un écart de 4,4%% traduisant un « renouvellement retardé » du parc. Pour 2010 et 2025, on observe également ces écarts et retards à l'introduction des réglementations, de l'ordre de 10% en 2010 et 4% en 2025.

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Trafic total (veh.km)	6.1092·10¹⁰	7.4312·10¹⁰	8.8505·10¹⁰	8.1000·10¹⁰	12.906·10¹⁰	8.8826·10¹⁰
Essence (%)	11.3	9.7	0.6	1.4	0.0	1.7
Diesel (%)	88.7	90.3	99.4	98.6	100.0	96.1
Autres		0.03		0.06		2.1

Tableau 38 : Trafic total annuel des petits véhicules utilitaires (en véhicules x kilomètres) et répartition essence et diesel selon les estimations.

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Pré euro	55.7	60.0	2.9	4,3	0.0	0.0
Euro 1	31.5	28.8	4.1	5,0	0.0	0.0
Euro 2	12.8	11.2	8.3	9,8	0.0	0,2
Euro 3	0.0	0.0	28.8	32,0	0.3	1,2
Euro 4	0.0	0.0	42.6	45,7	2.9	6,0
Euro 5	0.0	0.0	13.4	3,1	96.8	14,7
Euro 6	-	0.0	-	0.0	-	77,9

Tableau 39 : Distribution des kilomètres parcourus par les véhicules utilitaires légers suivant les normes pour les années 1998, 2010 et 2025.

3.2.3. Camions / tracteurs routiers

L'archivage des années récentes (1999-2012), les améliorations des hypothèses de structures et de tendances prospectives, et l'ajustement aux données de référence (parcs) se traduisent par des évolutions très fortes au niveau du calcul des parcs et trafics :

- *nombre total de véhicules et trafics très inférieurs aux estimations antérieures,*
- *modification assez importante de la structure selon les classes de PTAC,*
- *retard d'introduction des réglementations.*

Ces écarts auront une incidence importante en terme d'émissions de polluants.

3.2.3.1. Parc statique des camions et tracteurs

Le Tableau 40 récapitule les estimations du parc total de poids lourds ainsi que leur structure selon les tailles (PTAC). Il faut cependant souligner que les limites de classes ne correspondent pas rigoureusement entre l'approche antérieure (Copert3) et les outils récents (HBEFA/Artemis, Copert4). La comparaison des structures selon les PTAC n'est donc ici qu'indicative et d'intérêt limité.

	1998 Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	2010 Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	2025 Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Nombre total (veh)	600 890	529 403	703 470	548 623	820 340	520 615
Camions		63,6		62,5		53,7
Tracteurs		36,4		37,5		46,3
3.5t-7.5t (%)	5.0		2.2		3.0	
7.5t-16(14)t (%)	28.7		10.3		0.1	
16(14)t-32t (%)	22.3		30.5		37.4	
>32t (%)	43.3		57.0		59.5	
Camions < 7.5 t		3,2		12,0		5,1
Camions 7.5-12t		17,1		3,8		9,4
Camions 12-14 t		0,2		2,2		3,0
Camions 14-20 t		34,7		27,9		18,3
Camions 20-26t		7,9		12,4		11,7
Camions 26-28t				0,0		0,0
Camions 28-32t		0,5		4,0		4,9
Camions > 32t				0,2		0,3
Autres Camions et technologies alternatives				0,2		0,9
Tracteurs 34-40t		35,6		36,9		46,2
Tracteurs autres		0,8		0,3		0,1

Tableau 40 : Parc de poids lourds selon Hugrel 2004 et après ajustement des données ainsi que la répartition des véhicules selon leur PTAC.

Pour les 3 années, les nombres totaux de véhicules diffèrent assez significativement (71,000 véhicules en 1998, 155,000 en 2010 et 300,000 en 2025, soit près de 12% et 22% en 1998 et 2010 près de 40% en 2025). Ces écarts sont importants mais correspondent essentiellement à l'ajustement sur les statistiques de parcs de 1979-2012 et aux hypothèses prospectives. Ils constituent donc une correction importante de l'estimation.

Les distributions suivant les classes de PTAC sont difficilement comparables, hormis les classes extrêmes. On notera un écart de 10 à 15% pour les PTAC les plus élevées.

La distribution du parc selon les réglementations pollution (Tableau 41) traduit - comme pour les VP et VUL - un décalage / retard à l'introduction des normes déjà observés correspondant principalement à un allongement de la durée de vie des véhicules et à renouvellement plus lent du parc (3% en 1998, 6,2% en 2010), mais en 2025 année on a au contraire une anticipation de la mise en œuvre des réglementations (99,6% des véhicules satisfaisant Euro 5 et 6 contre 96,4%).

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Pré euro	66.2	69,1	1.7	7,1	0.0	0.0
Euro 1	19.4	18,3	6.7	7,1	0.0	0.0
Euro 2	14.4	12,6	27.7	28,1	0.0	0,0
Euro 3	0.0	0.0	34.9	32,8	0.6	0,0
Euro 4	0.0	0.0	21.5	23,5	3.0	1,1
Euro 5	0.0	0.0	7.5	1,5	96.4	21,2
Euro 6	-	0.0	-	0.0	-	77,7

Tableau 41 : Distribution des poids lourds suivant les normes et selon les 2 estimations pour les années 1998, 2010 et 2025.

3.2.3.2. Parc en circulation des camions / tracteurs

Les estimations du trafic annuel (ou parc roulant) de poids lourds sont données Tableau 42 ainsi que leur ventilation camions / tracteurs et selon les classes de PTAC (avec les mêmes limites de cette comparaison que précédemment).

Les volumes de trafic diffèrent très significativement (jusqu'à un facteur 2) amplifiant les écarts déjà constatés sur les parcs statiques. Ces écarts s'expliquent d'une part par l'ajustement à la baisse du nombre total de véhicules pour cadrer aux observations du CCFA, mais surtout à la nécessité de remonter significativement le nombre de camions et de décroître le nombre de tracteurs, pour cadrer aux observations respectives sur ces catégories. Les hypothèses d'utilisation / kilométrage annuel étant relativement contrastées entre ces 2 familles (plus fort kilométrage pour les tracteurs) ces ajustements conduisent donc à diminuer globalement le trafic total. On notera en effet que les travaux antérieurs conduisent à des km annuels de 44-45000 km, tandis que les estimations nouvelles laissent ce kilométrage annuel entre 30 et 36000 km/an (tous camions confondus).

Comparaison des parcs automobiles à d'autres estimations

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Trafic annuel (veh.km)	2.6625·10¹⁰	1.5668·10¹⁰	3.2572·10¹⁰	1.6163·10¹⁰	3.8135·10¹⁰	1.8878·10¹⁰
Camions		39,8		39,5		32,8
Tracteurs		60,2		61,5		67,2
3.5t-7.5t (%)	3.9		2.2		3.0	
7.5t-16(14)t (%)	26.7		5.9		0.04	
16(14)t-32t (%)	21.3		31.7		36.4	
>32t (%)	48.1		60.2		60.6	
Camions < 7.5 t		1,7		6,7		3,0
Camions 7.5-12t		9,5		2,9		5,8
Camions 12-14 t		0,0		1,9		1,8
Camions 14-20 t		22,6		15,0		11,2
Camions 20-26t		5,4		8,4		7,2
Camions 26-28t				0,0		0,0
Camions 28-32t		0,5		3,3		3,0
Camions > 32t				0,2		0,2
Autres Camions et technologies alternatives				0,2		0,7
Tracteurs 34-40t		59,3		61,4		67,2
Tracteurs autres		1,0		0,0		0,1

Tableau 42 : Nombre total de kilomètres parcourus par les poids lourds selon Hugrel 2004 et après ajustement des données et répartition selon le PTAC.

La répartition selon les classes de charge diffère sensiblement notamment pour les véhicules les plus lourds, mais cette différence est relativement faible en 1998 et 2025, et atteint 10% en 2010.

Concernant la structure selon les réglementations d'émission de polluants (Tableau 43), les répartitions sont assez similaires au travers des estimations et pour les trois années considérées, hormis les différences déjà soulignées.

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Pré euro	45.3	42,1	0.2	0,5	0.0	0.0
Euro 1	28.7	31,2	1.9	1,5	0.0	0.0
Euro 2	26.0	26,7	15.3	13,5	0.0	0.0
Euro 3	0.0	0.0	35.9	37,3	0.04	0.0
Euro 4	0.0	0.0	33.3	44,0	0.5	0,2
Euro 5	0.0	0.0	13.3	3,2	99.4	6,8
Euro 6	-	0.0	-	0.0	-	93,1

Tableau 43 : Distribution des kilomètres parcourus par les poids lourds suivant les normes et selon les estimations pour les années 1998, 2010 et 2025.

3.2.4. Autobus et autocars

La construction des données et hypothèses concernant les autobus et autocars est assez éloignée des travaux antérieurs : appui sur de multiples statistiques récentes et externes et élaboration de tendances à partir de ces données, nécessité d'une structure identifiant séparément les bus et la cars et leurs types respectifs, etc., ajustement séparé des parcs autobus

et autocars sur les estimations du CCFA et les travaux du SOeS. Cela conduit à des estimations de parcs assez différentes des travaux antérieurs, notamment :

- *une divergence forte (de 1998 à 2025) en terme de nombres totaux de véhicules et de volumes de trafic, notamment par le nombre des autocars,*
- *comme pour les autres catégories de véhicules, on observe un léger retard à la mise en œuvre des réglementations.*

3.2.4.1. Parc statique des autobus et autocars

On trouvera Tableau 44 les éléments de description du parc autobus et autocars et leur comparaison avec les résultats antérieurs. Les résultats 1998 sont déjà assez différents en nombres surtout pour les cars et en structure. Les estimations aux horizons suivants sont très divergentes : +35% et +30% respectivement en 2010 et 2025. La croissance envisagée est peut-être trop optimiste (+2,5% d'immatriculations / an, 1,8% pour les bus, 2,8% pour les autocars).

	1998 Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	2010 Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	2025 Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Nombre total (veh)	69 118	79 479	66 354	89 929	84 704	110 207
Autobus	24 838 / 35.9%	21 046 / 26,5%	22 351 / 33.7%	24 435 / 27,2%	25 451 / 30%	35 574 / 32,3%
Autocars	44 280 / 64.1%	58 433 / 73,5%	44 003 / 66.3%	65 494 / 72,8%	59 253 / 70%	74 633 / 67,7%
Bus « midi »		5,2%		4,1%		3,4%
Bus standards		20,5%		19,2%		22,6%
Bus articulés		0,8%		2,5%		5,4%
Bus autres		0.0		1,5%		0,9%
Autocars « midi »		14,4%		15,8%		15,0%
Autocars standards		57,1%		55,3%		52,0%
Autocars articulés		2,0%		1,6%		0,7%
Autres Autocars				0,1%		0,0%

Tableau 44 : Parcs autobus et autocars selon Hugrel 2004 et après ajustement des données ainsi que la répartition des véhicules par types.

Le Tableau 45 donne la répartition des autobus et autocars (réunis) selon les réglementations des émissions de polluants. Les distributions sont assez comparables mais traduisent un léger retard des réglementations par les nouvelles estimations (plus faibles taux dans les réglementations les plus récentes), encore que ce phénomène soit moins net que pour les catégories précédentes. Ce retard reste limité (insignifiant en 1998, 6,2% en 2010 et 3,5 % en 2025).

Comparaison des parcs automobiles à d'autres estimations

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Pré euro	76.4	76,6%	13.9	19,9%	0.0	0.0
Euro 1	13.4	13,4%	9.7	9,9%	0.0	1,1%
Euro 2	10.2	10,0%	25.5	22,4%	0.8	3,2%
Euro 3	-		26.8	23,3%	6.2	4,1%
Euro 4			17.8	22,8%	8.4	10,5%
Euro 5			6.3	1,7%	84.5	19,7%
Euro 6			-			61,5%

Tableau 45 : Distribution des autobus et autocars suivant les normes et selon les 2 estimations pour les années 1998, 2010 et 2025.

3.2.4.2. Parcs autobus et autocars en circulation

Les Tableau 46 et Tableau 47 traduisent les phénomènes déjà signalés au niveau des parcs statiques sur les volumes de trafic et distributions du parc selon autobus et autocars et selon les réglementations d'émission de polluants.

On retrouve des écarts importants des estimations des volumes de trafic (+35 à 75%), avec une prédominance des autocars.

On observe comme précédemment un décalage des répartitions selon les réglementations mais que se traduit plutôt par une anticipation (utilisation accrue des véhicules récents), de l'ordre de 4% en 1998, de 5% en 2010 et de 1% en 2025.

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Nombre total (veh)	1.67 x 10 ⁹	2.27 x 10 ⁹	1.72 x 10 ⁹	2.99 x 10 ⁹	2.23 x 10 ⁹	3.94x 10 ⁹
Autobus	43.5%	34,2%	40.3%	31,6%	36.5%	33,6%
Autocars	56.5%	65,8%	59.7%	68,4%	63.5%	66,4%
Bus « midi »		6,7%		4,4%		3,4%
Bus standards		26,4%		21,9%		23,5%
Bus articulés		1,1%		3,4%		5,9%
Bus autres		0.0		1,9%		0,8%
Autocars « midi »		12,9%		15,6%		14,8%
Autocars standards		50,9%		51,5%		51,1%
Autocars « 3 essieux »		2,0%		1,2%		0,6%
Autres autocars				0,1%		0,0%

Tableau 46 : Parcs en circulation des autobus et autocars selon Hugrel 2004 et après ajustement des données ainsi que la répartition des véhicules par types.

	1998		2010		2025	
	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations	Hugrel, 2004	Nouvelles estimations
Pré euro	63.7	59,8%	6.4	5,9%	0.0	0.0
Euro 1	19.6	21,8%	6.4	6,1%	0.0	0,0%
Euro 2	16.6	18,4%	22.0	19,5%	0.2	0,2%
Euro 3	-		30.6	29,0%	2.6	1,3%
Euro 4			24.9	36,5%	4.7	5,2%
Euro 5			9.6	2,9%	92.5	14,6%
Euro 6			-			78,7%

Tableau 47 : Distribution des autobus et autocars pondérée par leur utilisation, suivant les normes et selon les 2 estimations pour les années 1998, 2010 et 2025.

3.2.5. Parcs des 2-roues motorisés

Compte-tenu des constructions très différentes des parcs de 2-roues entre les travaux menés ici et ceux menés antérieurement, nous ne comparerons pas les parcs résultants.

4. Description des parcs automobiles

Nous donnons dans ce chapitre quelques analyses des parcs élaborés à partir des hypothèses précédentes et des simulations. Ces analyses sont proposées simplement à titre d'illustrations, car l'analyse détaillée des parcs nécessiterait un cadre beaucoup plus large. Nous ne proposerons donc pas ici une analyse systématique des compositions des parcs par catégories, et de l'évolution, mais celles-ci seront réalisables aisément ultérieurement. Nous présenterons par contre les éléments d'évolution globale des parcs, le développement des technologies alternatives (cas des voitures), et l'évolution de la structure selon les réglementations pollution (cas des voitures), ces 2 derniers points étant sans conteste des aspects fondamentaux de l'évolution des émissions et de la qualité de l'air.

Une description plus systématique des parcs et de leur évolution sera envisagée ultérieurement sous forme d'un rapport à part entière.

4.1. Composition des parcs

La Figure 38 montre l'évolution de la composition du parc automobile français sur la période 1980 - 2030, en nombre de véhicules et en volume de trafic. Le parc total passe de 32 millions (M) de véhicules en 1980 (19 M de voitures, 2,7M de VUL, 580 000 camions/tracteurs, 23 600 bus, 49000 autocars, 9,4M de 2-roues), à 41,5 M en 2010, 42,5 en 2015, 43,9M en 2020, 47,9M en 2030. La structure évolue assez peu sur la période, hormis une croissance plus forte pour les véhicules utilitaires légers.

Calculée sur 2013-2030, la croissance globale du parc en nombre est de 0,78 % par an, 0,8% pour les véhicules légers, de l'ordre de 2% pour les autobus et autocars, 0,3-0,5 pour les camions et les 2-roues.

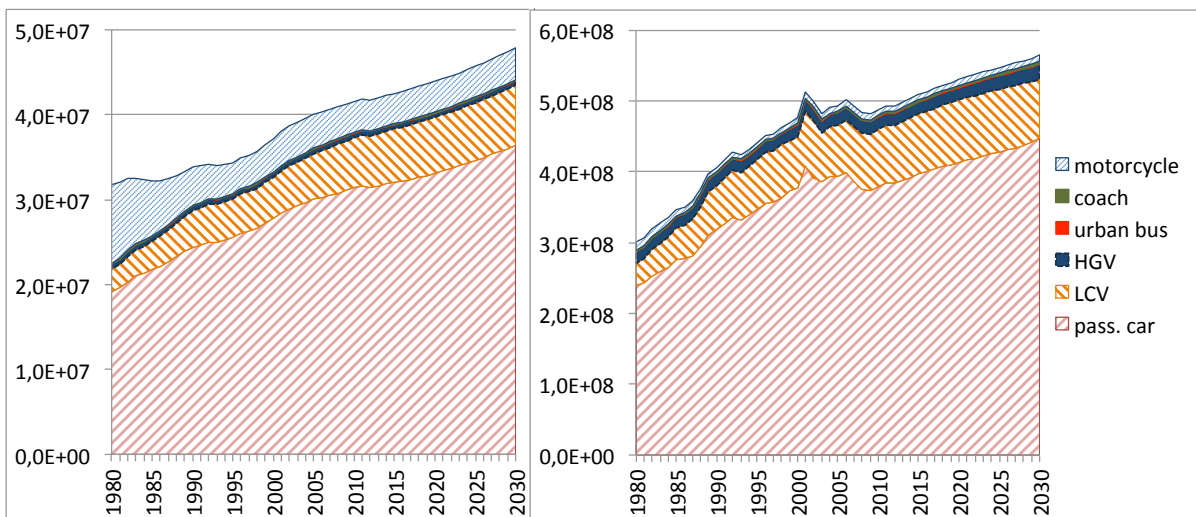


Figure 38 : Évolution de la composition du parc automobile, en nombre (à gauche) et en milliers de veh.km (à droite).

4.2. Technologies alternatives

Dans le cas des voitures particulières, la Figure 39 illustre l'évolution de la structure en technologies, compte tenu des hypothèses prospectives retenues en section 2.7. Les voitures Diesel passent de 58% du nombre total et 71% du trafic en 2010 à 65% / 74% en 2020 puis redescendent à 44% / 49% en 2030 (soit une décroissance de -1,3%/an entre 2013 et 2030). Les voitures essence représentent 41% du parc et 29% du trafic en 2010, 31% / 22% en 2020, 29% / 20% (décroissance de -0,45%/an).

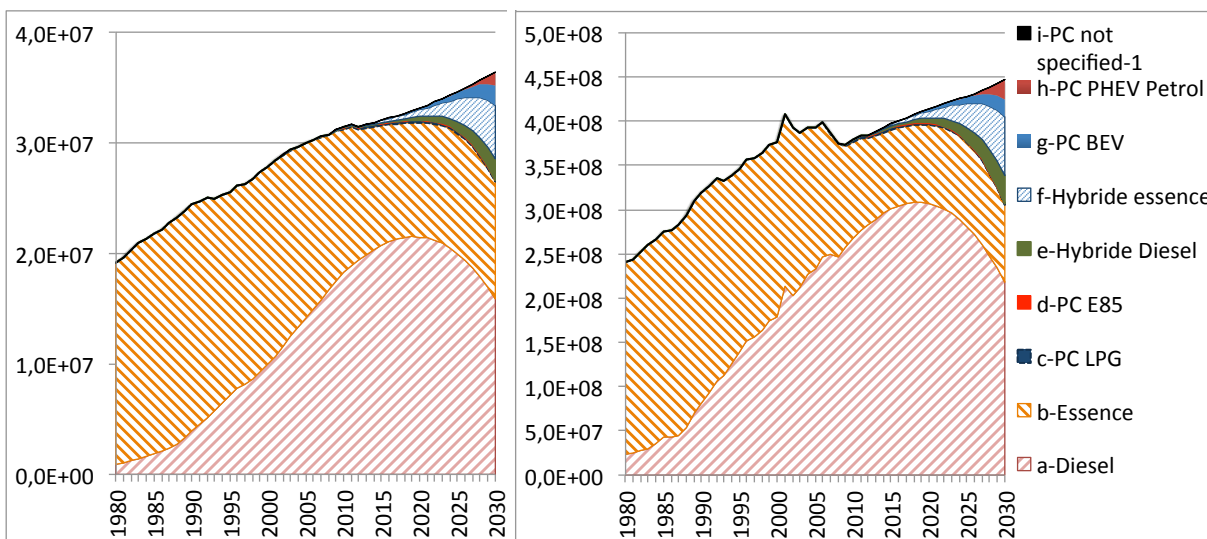


Figure 39 : Évolution de la composition du parc de voitures particulières et des motorisations alternatives, en nombre (à gauche) et en milliers de veh.km (à droite).

Les véhicules hybrides (Diesel et essence, majoritairement essence) représenteraient 2,6% / 3,1% en 2020, 19 % / 22 % en 2030 (14% / 15% pour les essence), soit une croissance de 25 à 30% par an.

Les véhicules électriques et hybrides rechargeables (ou Plug-in) représenteraient ensemble 8% du parc et 10% du trafic en 2030, avec des croissances respectives supérieures à 30 et 100% / an pour ces 2 catégories (introduction rapide mais tardive).

4.3. Diesel et filtres à particules

La prédominance relativement persistante des voitures Diesel dans le parc et les enjeux de santé publique associés aux émissions de particules, nous ont amené à considérer l'équipement en filtres à particules des véhicules neufs et du parc. Les statistiques de vente (Figure 40, 2005-2011, extrapolées depuis 2000 et jusqu'à 2030) permettent de simuler la pénétration de cet équipement dans le parc ainsi que la répartition des types de filtre (groupe PSA et autres types).

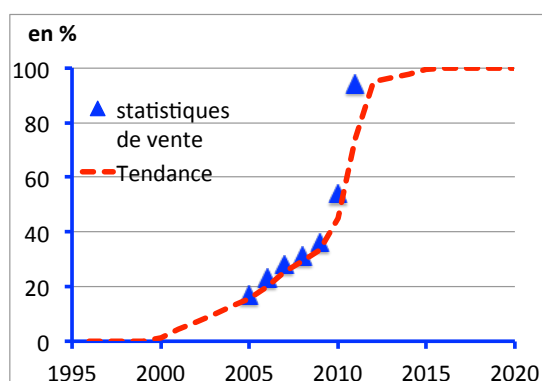


Figure 40 : Statistiques de vente en France de voitures Diesel équipées de filtre à particules (source Ademe) et tendance proposée pour les simulations.

Le Tableau 48 récapitule les résultats de cette simulation. En 2015, il resterait près de 10 millions de véhicules Diesel non équipés. Ceux-ci ne seront que 5,2 Millions en 2020, 2 Millions en 2025 et 600,000 en 2030. Il s'agit ici des véhicules Diesel traditionnels, les technologies hybrides étant supposées également équipées de dispositifs dépolluants. On atteint donc dès 2015 de l'ordre de 50% de Diesel équipés, 75% en 2020 et 96% en 2030, avec à ces horizons une régression du nombre des Diesel. Ces tendances laissent présager une régression sensible des émissions de particules (à l'échappement).

	Parc total	%Diesel	dont FAP			Nombre de Diesel non équipés	% Diesel non équipés
			%FAP tous types	%FAP de type PSA	%FAP de types autres		
2011	31601587	59,8	26,3	9,2	17,1	13929489	73,7
2013	31649277	62,8	38,8	13,6	25,2	12149520	61,2
2015	32009743	64,8	51,1	17,9	33,2	10149646	48,9
2020	33088851	64,9	75,5	26,4	49,1	5251195	24,5
2025	34582827	57,8	89,7	31,4	58,3	2054862	10,3
2030	36381973	43,7	96,2	33,7	62,5	600800	3,8

Tableau 48 : évolution du taux d'équipement en filtre à particules du parc automobile français entre 2011 et 2030

4.4. Réglementation émissions

Toujours pour les voitures particulières, parce qu'elles représentent l'essentiel du parc, nous avons analysé l'évolution de la structure du parc et du trafic selon les réglementations d'émission de polluants (pre- puis Euro 1 à 6). Les Figure 41 et Figure 42 illustrent cette évolution sur la période 1980-2030, tandis que les Tableau 49 et Tableau 52 récapitulent ces compositions à différents horizons entre 2010 et 2030. Les technologies Euro4 à 6 représenteront de l'ordre de 64% du parc et 72% du trafic en 2015, 83% et 87% en 2020, à 85-86% en 2025. En 2030 plus de 72% du parc et 67% du trafic seront Euro6, complétés les motorisations alternatives à hauteur de 27% du parc 32% du trafic.

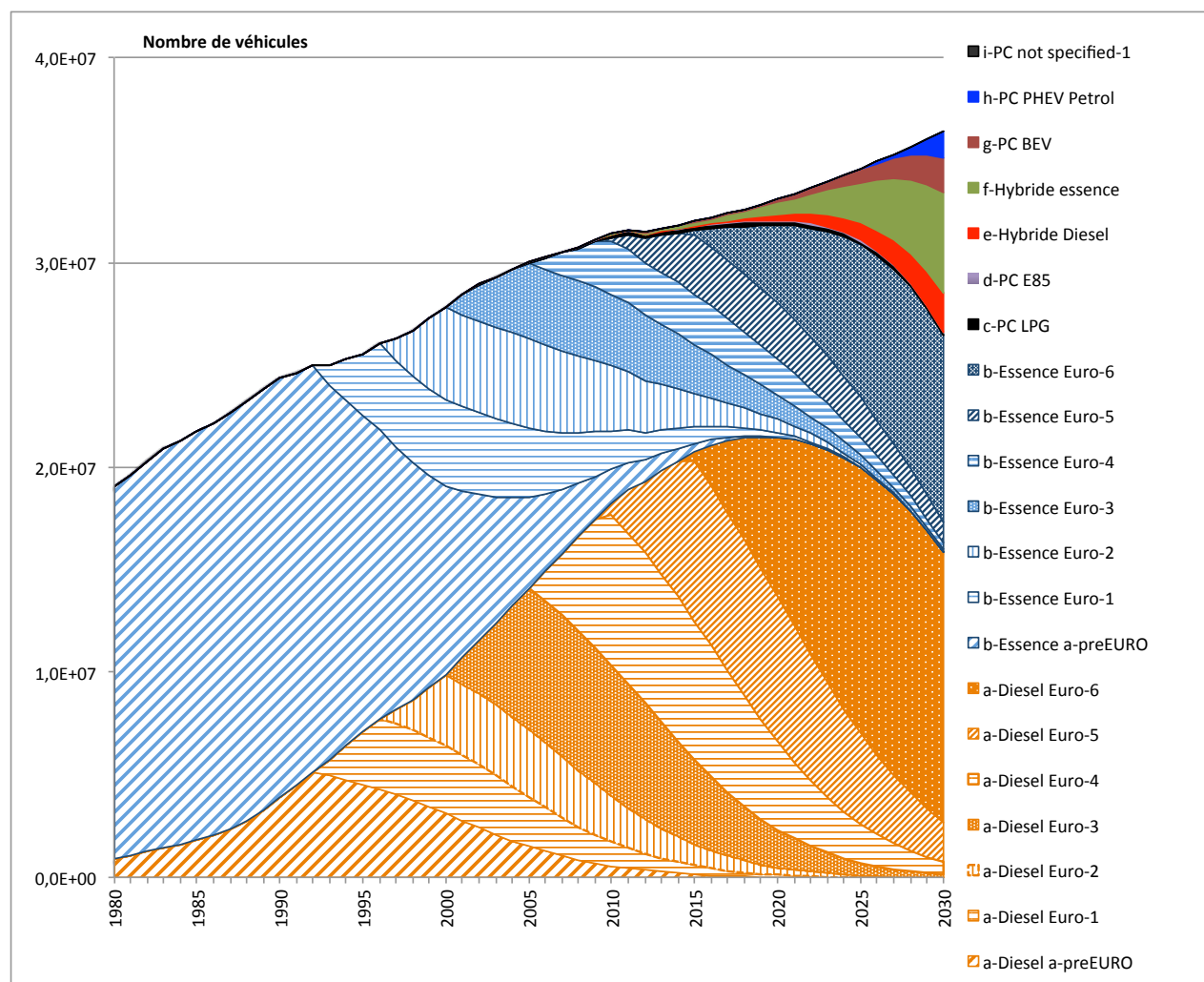


Figure 41 : Évolution de la composition du parc de voitures particulières selon les réglementations émissions et technologies alternatives.

Structure Parc (% nbre véhicules)	Catégorie EURO	2010	2015	2020	2025	2030
a-Diesel	a-preEURO	1,8	0,5	0,0	0,0	0,0
	Euro-1	3,7	1,3	0,3	0,0	0,0
	Euro-2	7,1	3,2	1,1	0,2	0,0
	Euro-3	20,4	12,9	5,6	1,8	0,3
	Euro-4	23,5	21,3	13,0	5,5	1,8
	Euro-5	1,5	24,2	21,3	12,7	5,3
	Euro-6	0,0	1,5	23,5	37,5	36,2
	Total	58,0	64,8	64,9	57,8	43,7
b-Essence	a-preEURO	5,4	1,4	0,1	0,0	0,0
	Euro-1	5,9	2,4	0,7	0,0	0,0
	Euro-2	10,1	5,1	1,9	0,4	0,0
	Euro-3	11,1	7,5	3,6	1,3	0,3
	Euro-4	8,3	7,7	5,3	2,6	0,9
	Euro-5	0,5	9,0	8,2	5,6	2,7
	Total	41,4	33,7	31,3	31,5	29,0
e-Hybride Diesel		0,0	0,2	0,8	2,4	5,1
f-Hybride essence		0,1	0,5	1,8	5,7	13,5
g-PC BEV (électrique)		0,0	0,1	0,5	1,8	4,7
h-PC PHEV Petrol (hybride rechargeable)		0,0	0,0	0,0	0,1	3,5
Autres (GPL, E85, ...)		0,5	0,7	0,8	0,7	0,5
	Motorisations alternatives	0,6	1,5	3,9	10,7	27,3

Tableau 49 : Structure du parc de véhicules particuliers selon les réglementations d'émission de polluants et motorisations alternatives.

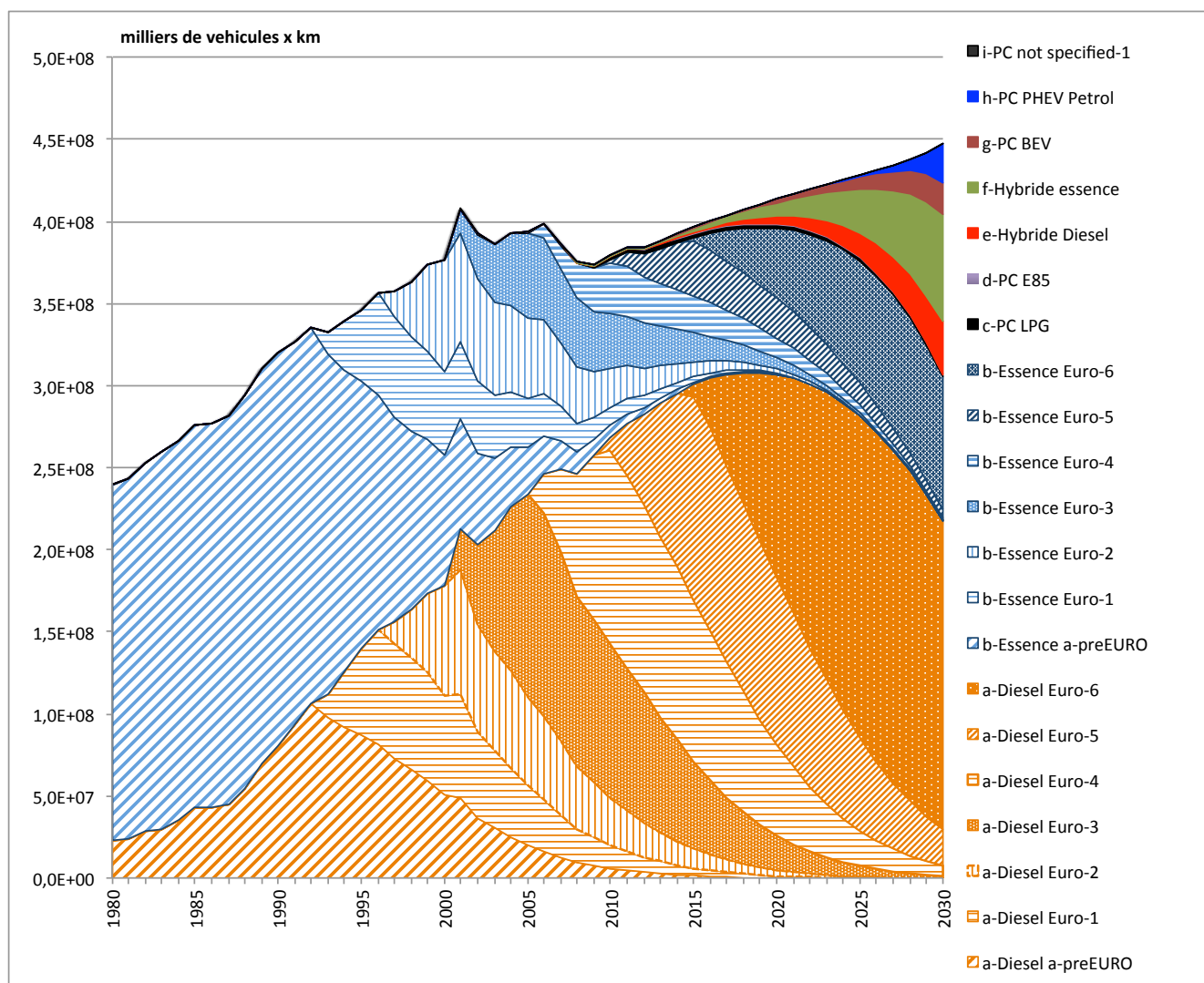


Figure 42 : Évolution de la composition du parc de voitures particulières selon les réglementations émissions et technologies alternatives (vehxkm).

Structure Parc (en % trafic)	Catégorie EURO	2010	2015	2020	2025	2030
a-Diesel	a-preEURO	1,6	0,4	0,0	0,0	0,0
	Euro-1	3,7	1,1	0,2	0,0	0,0
	Euro-2	7,7	3,0	0,9	0,2	0,0
	Euro-3	24,6	13,4	5,1	1,5	0,3
	Euro-4	31,2	24,9	13,4	5,1	1,5
	Euro-5	1,9	31,2	24,6	13,2	4,9
	Euro-6	0,0	1,8	29,9	45,8	42,1
	Total	70,6	75,8	74,2	65,7	48,7
b-Essence	a-preEURO	2,0	0,4	0,0	0,0	0,0
	Euro-1	2,9	0,9	0,2	0,0	0,0
	Euro-2	6,3	2,3	0,6	0,1	0,0
	Euro-3	8,8	4,4	1,6	0,4	0,1
	Euro-4	8,1	5,7	2,9	1,1	0,3
	Euro-5	0,5	8,3	5,9	3,1	1,1
	Euro-6	0,0	0,6	10,3	17,4	18,0
	Total	28,7	22,6	21,5	22,1	19,5
e-Hybride Diesel		0,0	0,3	1,2	3,4	7,1
f-Hybride essence		0,2	0,6	1,9	6,3	14,6
g-PC BEV (électrique)		0,0	0,1	0,5	1,7	4,3
h-PC PHEV Petrol (hybride rechargeable)		0,0	0,0	0,0	0,2	5,3
Autres (GPL, E85, ...)		0,6	0,7	0,7	0,6	0,4
	TMotorisations alternatives	0,7	1,6	4,3	12,2	31,8

Tableau 50 : Structure du parc en circulation (en % vehxkm), véhicules particuliers selon réglementations d'émission et motorisations alternatives.

4.5. Parcs urbains, ruraux et autoroutiers

La compilation des compositions de parcs en circulation avec les hypothèses de distribution du kilométrage selon « urbain », « rural » et « autoroute » permet de déterminer des compositions-types de parcs selon ces catégories. Nous examinerons ci-après quelques cas et les principales caractéristiques de ces parcs-types.

Il faut cependant considérer que les hypothèses de distribution du kilométrage selon ces zones n'ont pas été approfondies et mises à jour. Elles sont directement tirées des travaux de Hugrel 2006), constantes pour les différentes catégories de véhicules sauf pour les voitures, et récapitulées en Annexe. Les résultats ci-après sont donc indicatifs, mais leur ordre de grandeur démontre la nécessité d'investigations sur ces hypothèses, et de la prise en compte de parcs différenciés selon les lieux.

4.5.1. Voitures particulières

Concernant les voitures particulières, les hypothèses d'utilisation conduisent à une différenciation assez significative concernant les motorisations Diesel et Essence (Tableau 51) avec une diésélisation de 77-79% en rural et sur autoroutes, contre 72% en zone urbaine, compensée par le parc essence (-6%). On a donc ici une distorsion de parc de 12% selon la composition essence / diesel.

Composition des parcs en 2015 (en %)	Parc urbain	Parc rural	Parc autoroutier
Diesel	72%	77%	79%
Essence	27%	22%	21%
Autres	1%	1%	1%
Ensemble	100%	100%	100%

Tableau 51 : Composition différenciée (urbain / rural / autoroute) des parcs de voitures selon la motorisation

Composition des parcs en 2015 (en %)		Parc urbain	Parc rural	Parc autoroutier
Diesel	<1.4L	9%	10%	10%
	1.4-2L	57%	61%	60%
	>2L	5%	6%	9%
Essence	<1.4L	20%	15%	12%
	1.4-2L	6%	5%	6%
	>2L	0%	0%	1%
Autres		1%	2%	2%
Ensemble		100%	100%	100%

Tableau 52 : Composition différenciée (urbain / rural / autoroute) des parcs de voitures selon la cylindrée

La distorsion selon les cylindrée est moins flagrante hormis pour les véhicules essence de petites cylindrées, représentant 20% du parc urbain et seulement 12% du parc autoroutier.

Cette double distorsion (Diesel / Essence et cylindrée) devrait bien sûr se traduire par des différences au niveau des consommations de carburants, et des émissions de polluants, et il y a en conséquence une certaine approximation à utiliser un parc moyen indifféremment des lieux.

En, compléments, on notera que la distorsion des compositions de parcs selon les réglementations Européennes (en fait selon l'âge des véhicules) est insignifiante au plus 1% d'écart pour chacune des catégories Euro, entre les parcs urbains / ruraux / autoroutiers).

4.5.2. Camions et tracteurs routiers

Pour les véhicules lourds, on observe bien sûr une forte distorsion de l'équilibre camions / tracteurs routiers selon les lieux (70 à 80% de tracteurs routiers en rural / autoroute contre 37% en urbain, Tableau 53). Cette différence se retrouve indirectement au niveau des classes de PTAC, mais il faut noter que camions ou tracteurs ne sont pas différenciés quant à leur utilisation selon les tailles de camion. Ainsi Toutes les catégories de camions observent la même loi de répartition, et de même toutes les catégories de tracteurs en suivent une autre. C'est évidemment une très grosse approximation qui devra être levée (en s'appuyant sur les enquêtes TRM par exemple).

Composition des parcs en 2015 (en %)	Parc urbain	Parc rural	Parc autoroutier
Camions	63%	30%	20%
Tracteurs routiers	37%	70%	80%
Ensemble	100%	100%	100%

Tableau 53 : Composition différenciée (urbain / rural / autoroute) des parcs en circulation de camions / tracteurs routiers

Composition des parcs en 2015 (en %)	Parc urbain	Parc rural	Parc autoroutier
HGV-D-Euro-0	0%	0%	0%
HGV-D-Euro-I	0%	0%	0%
HGV-D-Euro-II	2%	1%	1%
HGV-D-Euro-III	14%	12%	11%
HGV-D-Euro-IV	22%	21%	21%
HGV-D-Euro-V	57%	61%	62%
HGV-D-Euro-VI	4%	5%	5%
Ensemble	100%	100%	100%

Tableau 54 : Composition différenciée (urbain / rural / autoroute) des parcs en circulation de camions / tracteurs routiers selon les réglementations d'émission de polluants

On notera également que, par l'utilisation différenciée des camions et des tracteurs, la composition selon les réglementations peut varier selon les lieux (Tableau 27). Ainsi les parcs ruraux et autoroutier comptent 5 à 6% de véhicules récents en plus (et donc 5-6% de véhicules

anciens en moins), ce qui introduit de nouveau une distorsion de 10-12%, sans doute significative au niveau des émissions de polluants.

4.5.3. Autobus et autocars

La composition des parcs est évidemment très différente en proportions de bus et d'autocars (Tableau 55).

Compte-tenu des différences très significatives d'utilisation, de conditions de circulations, et par ailleurs d'achat et de renouvellement, et de survie des véhicules, ces compositions différentes démontrent la nécessité de traiter séparément les parcs autobus et les parcs autocars dans les calculs d'émissions de polluants.

Composition des parcs en 2015 (en %)	Parc urbain	Parc rural	Parc autoroutier
Autobus	61%	5%	4%
Autocars	39%	95%	96%
Ensemble	100%	100%	100%

Tableau 55 : Composition différenciée (urbain / rural / autoroute) des parcs en circulation d'autobus et autocars

On notera que les hypothèses actuelles de kilométrage annuel et de répartition de ce kilométrage ne différencient pas les catégories midi-, standard- et bus articulés (ou autocars), et par conséquent, hormis les différences introduites par l'équilibre autobus / autocars, on ne note pas d'écarts entre ces types de véhicules. Il en est de même pour les réglementations Euro,

4.5.4. Autres catégories de véhicules

Pour les 2-roues, le même constat que pour autobus / autocars peut être fait, d'une répartition très différenciée des catégories de 2-roues. Dans ce cas également, les conditions d'utilisation, de renouvellement, de survie, et d'émission très différenciées entre les 2 catégories nécessite de traiter séparément les 2 parcs, et selon les lieux.

Composition des parcs en 2015 (en %)	Parc urbain	Parc rural	Parc autoroutier
Cyclomoteurs	19%	5%	0%
Motos	81%	95%	100%
Ensemble	100%	100%	100%

Tableau 56 : Composition différenciée (urbain / rural / autoroute) des parcs en circulation des 2-roues motorisés

Pour les véhicules utilitaires légers, il n'existe quasiment pas de distorsion de composition de parcs, les hypothèses d'utilisation ne distinguant pas les catégories.

5. Conditions et vitesses de circulation

Les émissions de polluants sont assez fortement influencées par les conditions de circulation (vitesses, accélérations, alternance de phases d'arrêts et de roulage, etc.). Selon les modèles de calcul d'émissions, ces conditions de circulation sont appréhendées uniquement par la vitesse moyenne (outils de type COPERT et dérivés), ou par une déclinaison plus fine en « situations de trafic » (outils de type HBEFA/Artemis), qui combinent la connaissance de la configuration de la voie de circulation (caractéristiques physiques, vitesse limite autorisée, etc.) et les conditions de trafic (en 4 classes, de stop&go ou bouchon, à fluide).

L'estimation des émissions à échelles nationale ou locale nécessite en conséquence des hypothèses sur les conditions de circulation, et la distribution du trafic selon ces conditions.

5.1. Circulation en urbain, rural et sur autoroute

Dans un but de comparaison avec les travaux antérieurs et d'utilisation avec les outils Copert ou assimilés, la distribution du kilométrage en 3 principales catégories de voirie ou situations - urbain, rural, autoroute - (cf. Annexe) et les vitesses moyennes associées par défaut à ces situations (utiles pour une approche par vitesse moyenne) ont été reprises à l'identique à celles définies dans (Hugrel, 2006) à la suite des travaux COST319 et MEET. Ces données (récapitulées Tableau 57) ont été également introduites et utilisées pour les calculs d'émissions avec le logiciel ARTEMIS qui disposait des 2 approches de calcul d'émission (vitesses moyennes et situations de trafic).

L'outil HBEFA actuel ne prévoit plus cette possibilité. Des situations de trafic dites « triviales » ont en conséquence été sélectionnées, pour leurs vitesses moyennes très voisines des précédentes, permettant ainsi un calcul relativement équivalent aux autres approches.

Remarque : dans les approches classiques de calcul d'émission, la distribution du kilométrage selon les situations : « urbain », « rural » et « autoroute » est également utilisée pour construire 3 compositions-types de parc (parc urbain, etc.) qui sont ensuite associées aux vitesses correspondantes dans les calculs d'émission. En distribuant ainsi statistiquement le kilométrage annuel des véhicules selon ces 3 « zones » de circulation, on obtient des compositions de parcs différenciées, parce que pondérées par l'utilisation relative en zone urbaine ou sur autoroute, etc. Ces compositions différenciées sont utilisables selon les contextes.

Afin de compiler dans ce rapport l'ensemble des hypothèses utiles aux calculs d'émissions, nous récapitulerons ultérieurement ces conditions de circulation dites urbaines / rurales et autoroutières ainsi que les pourcentages de trafic concernés.

Parallèlement, un travail d'approfondissement de ces hypothèses devra être mené, en lien direct avec l'élaboration des situations de trafic (cf. section suivante).

	Milieu	Vitesse (km/h)	Kilométrage (%)
Véhicules légers (VP, VUL) - Essence	Urbain	23	évolutif avec le temps cf. Annexe
	Rural	56	
	Autoroute	108	
Véhicules légers (VP, VUL) - Diesel	Urbain	23	
	Rural	56	
	Autoroute	108	
Camions < 7,5 tonnes	Urbain	20	48,0
	Rural	50	38,0
	Autoroute	80	14,0
Camions 7,5-16 tonnes	Urbain	20	50,0
	Rural	50	36,0
	Autoroute	80	14,0
Camions 16-32 tonnes	Urbain	20	44,0
	Rural	50	40,0
	Autoroute	80	16,0
Camions > 32 tonnes	Urbain	20	15,0
	Rural	50	50,0
	Autoroute	80	35,0
Bus urbains	Urbain	18	92,8
	Rural	40	5,9
	Autoroute	70	1,3
Autocars	Urbain	20	28,3
	Rural	50	55,3
	Autoroute	80	16,4
Cyclomoteurs	Urbain	23	80,0
	Rural	30	20,0
	Autoroute	0	0,0
Motos	Urbain	30	33,0
	Rural	70	46,0
	Autoroute	90	21,0

Tableau 57 : Vitesses moyennes de circulation selon les catégories de véhicules et les milieux (d'après Hugrel 2006)

5.2. Situations de trafic françaises

En complément de l'approche vitesse moyenne, il convient de développer un calcul plus pertinent s'appuyant sur les situations de trafic, qui permet une détermination plus fine des émissions pour des configurations détaillées de trafic (types de voies, vitesses limites, condition de circulation), que ce soit à l'échelle locale, d'une agglomération, ou nationale.

Un travail conséquent a été développé à l'échelle d'une agglomération pour le cas de Lille en partenariat avec le Cete Nord-Picardie.

Parallèlement, et afin de produire des situations de trafic représentatives à l'échelle nationale, une compilation des données disponibles a été menée dans le cadre d'un groupe de travail national, et une procédure a été mise au point, afin de permettre l'élaboration de situations de trafic types à différentes échelles : urbain, rural, grandes agglomérations, voies diverses. Nous décrivons ci-après cette procédure et les premiers résultats obtenus.

5.2.1. Principes de la détermination des situations de trafic

Les situations de trafic (définies dans le projet ARTEMIS et reprises dans HBEFA)

déclinent successivement :

- 1- l'aire géographique (urbain / rural),
- 2- les types de voies selon une hiérarchie du réseau (voies nationale/régionales, voies principales, distribution, voies locales et accès) en distinguant les voies de type autoroutier,
- 3- les vitesses limites autorisées (de 30 à 130 km/h et plus selon les types de voies),
- 4- les conditions de circulation (stop&go, quasi-saturé, chargé, fluide),
- 5- Des informations complémentaires concernant la pente de la route, peuvent compléter cette déclinaison (cas des poids lourds surtout).

Ces définitions conduisent à plusieurs centaines de situations de trafic. Pour chacune de ces situations, le logiciel HBEFA dispose d'une courbe caractéristique de vitesse et calcule les émissions de polluant à partir de cette courbe.

Pour la mise en œuvre des calculs d'émission sur un cas d'application, il convient donc :

- d'identifier les situations de trafic rencontrées,
- et de déterminer la fréquence (en % du volume de trafic) qu'elles représentent.

L'élaboration de situations de trafic types françaises repose sur les principes suivants :

- il s'agit d'abord de compiler l'ensemble des connaissances utiles et disponibles, et pouvant aider peu ou prou à la description et à la caractérisation des situations de trafic observées en France (ou à une échelle plus locale),
- on identifie a priori les situations existantes et significatives : on négligera par exemple toutes les vitesses limites « paires » (40, 60, 80, 100, 120 km/h),
- on procède par désagrégation d'hypothèses de répartition du trafic : on fixe ainsi une répartition urbain / rural, puis une répartition par types de voies, puis par vitesses limites et enfin par conditions de trafic, en s'appuyant sur les statistiques ou informations pertinentes,
- les pourcentages de trafic obtenus au niveau le plus désagrégé (i.e. la situation de trafic individuelle), sont combinés aux vitesses correspondantes, et permettent ainsi de reconstituer les vitesses moyennes aux niveaux agrégés (par exemple la vitesse moyenne urbaine est reconstituée à partir des poids des différentes situations de trafic urbaines, etc.),
- on peut en conséquence confronter les vitesses obtenues à différents niveaux à différentes hypothèses, comme par exemple les vitesses moyennes urbaines / rurales / autoroutières par catégories de véhicules, utilisées dans les approches antérieures (Tableau 57), ainsi qu'à différentes estimations de vitesses sur les réseaux routiers.

Ainsi, dans l'exemple Figure 43, qui illustre aussi l'outil de calcul qui a été développé à cet effet, nous avons traité du cas des voitures particulières et supposé :

- une répartition du trafic 58% rural, 42% urbain (cf. tableau -1-),
- une répartition selon les types de voies donnée en tableau -2-,
- la distribution selon les vitesses limites en -3-
- des hypothèses selon les conditions de trafic en -4-, s'appliquant pour un type de voie à toutes les vitesses limites.

Les distributions du trafic urbain sont dérivées principalement de la simulation effectuée sur l'aire urbaine de Lille. Les hypothèses de conditions de trafic (et en particulier les pourcentages de stop&go) sont inspirées des analyses de données enregistrées à bord de véhicules (travaux Artemis, Drive-modem).

Le tableau -5- combine l'ensemble des hypothèses précédentes (désagrégation). Un tableau (non représenté ici) associe à chacune des situations de trafic les vitesses moyennes des courbes de HBEFA, permettant aussi l'agrégation aux différents niveaux (calcul intermédiaire de distances et durées, puis de vitesses), et le tableau -6- reprend certains de ces agrégations et permet la validation du processus.

Le tableau -7- pose les hypothèses plausibles de répartition urbain/rural/autoroute et de vitesses associées (dérivées de Hugrel, 2006, vitesses moyennes déjà citées en Tableau 57). La combinaison des hypothèses de distribution du trafic selon les catégories (essence, Diesel et selon cylindrées, données en Annexe) avec les poids respectifs de ces catégories donne une distribution moyenne globale (32% du kilométrage en urbain, 22% sur autoroute). Associée aux valeurs moyennes de vitesse, on détermine naturellement une vitesse moyenne globale de circulation, qui s'établit autour de 41 km/h (Tableau 58). Le tableau -2B- combine ces hypothèses pour désagréger le trafic autoroutier (en urbain / rural) et valider l'hypothèse globale urbain / rural. Le tableau -2C- permet une correction de la distribution du trafic urbain obtenue par modélisation sur Lille (sous-estimation probable du trafic sur voies d'accès).

Objectifs plausibles	%	km/h
Autoroute	22	108
Rural	46	56
Urbain	32	23
<i>Tous milieux</i>		<i>41,4</i>

Tableau 58 : Vitesses moyennes de circulation et distribution du kilométrage selon urbain, rural, autoroute, pour les voitures particulières, pour l'année 2010 (d'après Hugrel 2006)

Le tableau -8- synthétise les calculs au niveau agrégé, dont les résultats devraient donc se rapprocher des hypothèses du tableau -7-.

L'outil développé permet également une mise en forme automatique des résultats (affectation des taux de répartition entre les différentes situations de trafic), en vue de leur exportation directe dans l'outil HBEFA. Chaque scénario ajusté / finalisé pourra donc être intégré comme une situation de trafic type dans ces outils.

Le scénario retenu conduit à une vitesse moyenne globale de 59 km/h, 36km/h en urbain, avec un taux global de stop&go de 3,7% (8% en urbain) à 14km/h en moyenne. On constate ici que le scénario retenu ne permet pas de converger vers les hypothèses plausibles envisagées, puisque les vitesses sont beaucoup plus élevées (59 km/h au lieu de 41, 36km/h en urbain au lieu de 23), et une plus forte proportion de trafic sur autoroute (33% au lieu de 22%).

Il conviendra en conséquence :

- de valider les hypothèses à différents niveaux (répartition macroscopique effective du trafic),
 - d'ajuster la fréquentation des différents types de voies et les hypothèses de congestion.
- La baisse des vitesses moyennes de circulation peut en effet s'obtenir soit en augmentant le trafic sur les voies à plus basses vitesses, soit en considérant un taux plus élevé de stop&go et trafic saturé.

Il est à noter que ce schéma de calcul est applicable pour chacune des catégories de véhicules.

5.2.2. Élaboration de situations de trafic types

La compilation des statistiques de circulation et de répartition du trafic (Sétra, CCTN) doit permettre d'établir des situations-types de trafic pour la France :

- rurale, autoroutière, urbaine (grande agglomération),
- nationale, intégrant les précédentes.
- etc.

A partir de ces cas, il devrait être possible de dériver d'autres cas types (ville moyenne) en posant quelques hypothèses complémentaires. On pourra également dériver des situations particulières (voie spécifique, etc.), ou même compiler des cas d'applications (un quartier de quelques rues, etc.).

Ces situations de trafic seront élaborées pour les différentes catégories de véhicules et proposées pour une intégration dans les outils HBEFA version publique.

5.2.3. Bilan et perspectives

Le processus décrit précédemment a été complètement élaboré et est opérationnel. Un travail conséquent de recueil et de compilation de statistiques françaises de trafic et de vitesses a été mené, notamment en partenariat avec le réseau scientifique et technique du Ministère.

Différents scénarios ont déjà été testés pour tenter de déterminer les situations de trafic des

voitures (pour lesquelles on dispose de plus d'éléments / statistiques permettant de cadrer les résultats).

Pour les autres catégories de véhicules, les informations sur les conditions de circulation étant beaucoup plus rares, on se satisfera d'hypothèses grossières ou de bons sens et on transposera les hypothèses des voitures. Des tests ont été entrepris dans ce sens pour les véhicules lourds qui démontrent la faisabilité du processus.

Le principal constat actuel, est qu'il est très difficile de converger vers des valeurs plausibles de vitesses pour les voitures, notamment en conditions urbaines. En effet, les valeurs obtenues sont généralement trop élevées par rapport aux statistiques de vitesses connues (dérivées des enquêtes déplacements, de l'instrumentation de véhicules, etc.) qui donnent des vitesses moyennes de circulation de l'ordre de 40 km/h en générale et de 20 km/h en urbain. La principale raison à cette distorsion est que le schéma actuel de situations de trafic de HBEFA prévoit très vraisemblablement des vitesses de bouchons et de saturation qui sont trop élevées et peu réalistes. Ce point a été soumis au groupe de travail européen, agréé, et une amélioration de ces hypothèses devrait donc être proposée.

L'approche proposée ci-dessus pourra alors retrouver tout son sens.

6. Autres données intervenant dans les calculs d'émissions

Au-delà des estimations de la composition détaillée des parcs automobiles, statiques ou en circulation, et des conditions de circulation, évoquées aux chapitres précédents, plusieurs autres données interviennent dans les calculs d'émissions, que ce soit avec les outils classiques s'appuyant sur la méthode Copert, ou avec les outils HBEFA/Artemis. Comme évoqué au chapitre 2, ces informations concernent principalement la connaissance des conditions d'utilisation (trajets effectués, charge du véhicule, configuration poids lourds, carburants, etc.) et de paramètres ambiants (températures, etc.).

Nous évoquons brièvement ci-après l'état des lieux des investigations concernant ces données.

6.1. Chargements et configurations des poids lourds

Il n'existe pas de données dans les approches antérieures. Les fonctions de chargement (i.e kilométrages à vide, à 50% et à 100% de charge, selon les catégories de véhicules) et leur évolution selon l'âge ont été créées à partir des travaux de synthèse des données européennes (Adra et al. 2004).

Ces travaux permettent de quantifier les % de kilométrages réalisés à vide par les camions et tracteurs routiers respectivement, de même que les % réalisés avec un chargement qui correspondrait à mi-charge et à pleine charge, et l'évolution de ces paramètres d'utilisation avec l'âge des véhicules. Ces travaux - synthétisant principalement les enquêtes sur les transports par camions menées en France et en Grande-Bretagne - permettraient également de faire évoluer ces statistiques avec la période (optimisation progressive de l'outil de transport).

On notera que les outils de calcul d'émissions (Copert ou HBEFA) proposent le chargement des camions en 3 cas : à vide, 50% et 100% de la pleine charge, ce qui n'est pas pertinent. En effet la pleine charge (en poids) n'est possible que pour certains transports et sans doute assez rarement, et la réalisation des taux moyens de chargement observés (0,58 pour les tracteurs, 0,52 pour les camions) conduit à réaliser une combinaison de ces 3 cas qui n'est pas nécessairement très représentative.

Ce point devra être discuté au niveau des groupes de travail européens ERMES / HBEFA.

Les courbes ainsi construites sur la base des statistiques européennes (en fait principalement F et UK) sont illustrées Figure 44. On note une circulation à vide plus fréquente pour les camions, et des taux pleine charge et moyens légèrement inférieurs à ceux des tracteurs routiers.

Ces statistiques pourraient être mises à jour en tenant compte d'enquêtes TRM en France (et leur équivalent en UK ou dans d'autres pays européens) plus récentes.

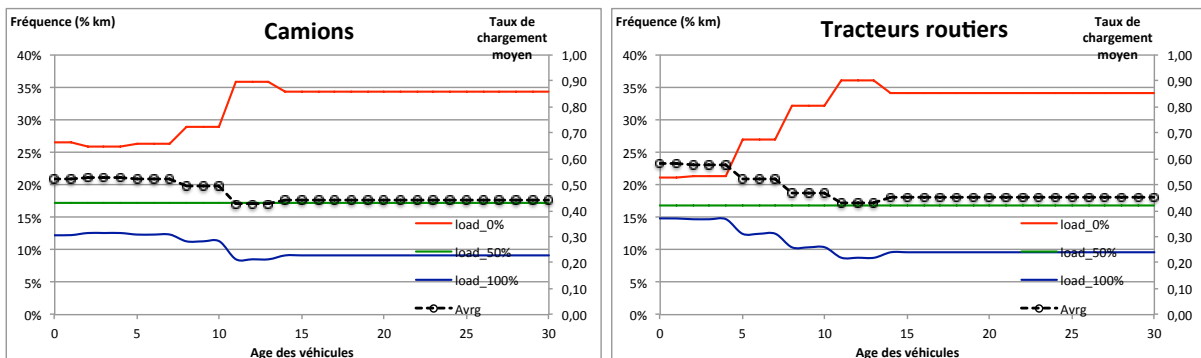


Figure 44 : Hypothèses de chargement et de circulation à vide des camions (à gauche) et tracteurs routiers (à droite), selon l'âge des véhicules

Les configurations de roulage des poids lourds (tracteur ou camion + remorque) doivent être précisées dans l'approche HBEFA/Artémis. Il s'agit en fait de préciser les kilométrages (en %) réalisés par un type de camion (par exemple 12tonnes de PTAC) en configurations « camion seul » ou « camion + remorque 1 ou remorque 2, etc, réalisant ainsi différentes classes de poids roulant. De telles statistiques existent pour la Suisse par exemple et résultent d'enquêtes auprès des transporteurs.

En première approche et en l'absence de données françaises, les camions et tracteurs ne seront considérés que dans leur configuration de base (tracteur : sur la base de son PTAC, camion : sans remorque additionnelle).

Ce point devrait faire l'objet d'investigations complémentaires. On pourra notamment utiliser le dispositif d'observation du trafic de véhicules lourds du réseau scientifique et technique (Cete Normandie, Cete Est ?) qui doit permettre de déterminer des configurations PL en circulation.

6.2. Conditions climatiques et données d'usage correspondantes

Il s'agit des données climatiques (températures, humidité, etc.) liées principalement au calcul des émissions dues au démarrage à froid et aux évaporations de carburant.

Les statistiques climatiques (températures et leur variabilité journalière et saisonnière, humidité, etc.) sont pour l'instant disponibles mensuellement et on ne dispose pas de séries de données sur la période considérée. Un rapprochement avec Météo-France a été entrepris afin d'améliorer ce point.

Un premier jeu de données détaillé a été défini comme données par défaut, à partir de statistiques observées sur l'agglomération de Lille. On peut alternativement utiliser les données moyennes mensuelles françaises (approche COPERT).

Il y aurait sans doute lieu d'adopter des données météo évoluant annuellement (relativement faciles à acquérir) et au préalable de tester la sensibilité des calculs d'émission à ce paramètre.

6.3. Données d'utilisation des véhicules impliquées dans le calcul des émissions de démarrage à froid et par évaporation

Le calcul des émissions de démarrage à froid et par évaporation implique également des hypothèses sur les utilisations des véhicules et sur le trafic. Ces données sont principalement :

- la longueur des trajets, sous forme d'une moyenne statistique, ou mieux dans HBEFA, sous forme de distributions, éventuellement différenciées par périodes (saisons, jour de la semaine, heures de la journée). Dans ce cas, on peut définir des distributions types.
- les durées de parking. Comme pour les longueurs de trajet, elles peuvent être définies sous forme d'une moyenne statistique ou de distributions éventuellement différenciées par périodes (saisons, jour de la semaine, heures de la journée).
- la distribution temporelle du trafic. dans ce cas également on pourra définir des distributions types (jour de semaine, week-end, etc.).

Ces données non pas encore été définies pour la France, mais un jeu de données par défaut a cependant été constitué à partir de statistiques observées sur l'agglomération de Lille.

D'autres statistiques « historiques » existent (dérivées des travaux MEET - COST319 par exemple), qui devront être récapitulées. Elles pourront faire l'objet d'amélioration en s'appuyant sur les enquêtes mobilités.

6.4. Composition des carburants

Nous disposons actuellement de statistiques nationales de composition des carburants, avec une faible fiabilité, et pas de variations temporelles ni sur la période. Ces statistiques semblent avoir un impact limité sur les facteurs d'émissions. Elles sont cependant importantes concernant les émissions non liées directement à la combustion (approche Copert4), mais directement liées au contenu dans le carburant (métaux, Soufre, etc.).

Des investigations sur ce point seraient également à anticiper, de même qu'une analyse de sensibilité et de l'enjeu (selon les polluants) de ces statistiques sur les estimations d'émissions.

7. Intégration en vue des calculs d'émissions

L'ensemble des données de parc et une bonne partie des données environnantes ont déjà été l'objet d'une intégration dans les outils de calcul d'émissions :

- dans l'outil Artémis d'abord, du parc automobile dans sa version initiale de 2009, hors bus / cars et 2-roues),
- dans l'outil HBEFA version experte (parcs version 2011, hors 2-roues),
- vers l'outil CopCETE (parcs version 2011, sauf autobus / autocars),
- vers l'outil européen COPERT 4v9 (parcs version 2011, hors 2-roues).

La première intégration dans Artemis a permis plusieurs travaux de calculs d'émission, et en particulier la réalisation d'un couplage avec les données de trafic du PDU de l'agglomération de Lille, en partenariat avec le Cete Nord-Picardie (Gadrat et al. 2009, 2010). Ces travaux ont été prolongés par une tentative de couplage des calculs d'émissions avec les calculs de dispersion des polluants (logiciel ADMS-Urban, cf. Sillaume et al. 2012), et un guide utilisateur a été élaboré (Gadrat 2001) en vue d'une utilisation rationnelle et facilitée de ces outils par les Cete du RST, dans le cadre des études d'impact des projets d'infrastructures ou d'aménagement sur la qualité de l'air. Bien que réalisés sur l'outil Artemis, le savoir-faire sera transposable aux outils HBEFA.

L'intégration des données de parcs dans CopCETE (développé par le Cete Normandie, cf. Demeules 2012) a été l'objet d'une coopération étroite autour de cet outil, des données de parcs, et plus généralement des fonctionnalités de l'outil. Celui-ci aura par ailleurs été mis en œuvre sur les données de parcs françaises de manière intense dans le cadre du projet de recherche ANR Eval-PDU (cf. André et al. 2012) et de contribuer à une analyse critique des approches de calcul dans le cadre de l'évaluation des PDU. La coopération autour de CopCETE se poursuit actuellement par une inter-comparaison des outils de calcul d'émission (CopCETE, Copert, HBEFA) et devrait permettre un retour d'expérience sur leurs utilisations. Dans ce cadre ont été développés des passerelles quasi-automatisées de transposition des parcs issus de ces travaux, vers CopCETE d'une part, vers Copert d'autre part (de nombreuses adaptations de structures, classes, catégories sont en effet nécessaires).

L'intégration des nouvelles données de parcs (2013) dans HBEFA sera réalisée très prochainement. Une fonction d'importation a été intégrée au logiciel HBEFA version experte en 2011, qui permet l'intégration massive des données sur une large plage d'années. Les outils que nous avons développés pour automatiser les calculs de parcs ont en conséquence été adaptés pour produire en sortie des données au format quasi-compatible avec cette fonction d'importation. L'intégration de l'ensemble de nouvelles données devrait donc être

grandement facilitée.

L'intégration dans HBEFA version experte permettra de réaliser assez rapidement un calcul d'émissions pour la France et sur toute la période couverte (1980-2030), sur la base du scénario actuel (notamment en prospective) ou d'autres à envisager.

Cette intégration permettra également et en priorité de construire la base de données de parcs automobile pour la France, qui pourra être directement intégrée dans la version publique du logiciel HBEFA (www.hbefa.net), disponible et utilisable par de nombreux bureaux d'études et institutions. Ce logiciel dispose déjà de parcs automobiles pour plusieurs pays européens (Suisse, Allemagne, Autriche, Suède, Norvège) et offrira ainsi aux utilisateurs français la possibilité de construire des facteurs d'émissions pour la France à différents niveaux d'agrégation (des catégories très détaillées à l'ensemble du transport routier) et pour différentes configurations et conditions de trafic. Cet outil compensera ainsi un manque d'outil français à jour pour les calculs d'émissions, hormis CopCETE dont l'usage est cependant restreint.

8. Outils élaborés

Plusieurs outils ont été élaborés pour permettre l'intégration des données et hypothèses et les calculs de parcs et trafic. Ces outils ont été standardisés et automatisés dans la mesure du possible, parce qu'ils sont réutilisés pour chacune des catégories de véhicules. De fait, ces outils représentent un potentiel de prolongement des travaux actuels, pour la simulation d'autres scénarios, l'intégration de nouvelles données, ou l'extension des plages d'années.

8.1. Élaboration des données d'immatriculations historiques et futures

Le premier outil (sous Excel) traite principalement de la gestion et la génération des données d'immatriculations des véhicules d'une catégorie, de leur mise en classes automatisée selon les sous-catégories attendues par l'outil HBEFA, de corrections éventuelles de données anciennes.

Cet outil permet ensuite de construire les scénarios d'évolution des immatriculations, et leur déclinaison selon les motorisations alternatives, etc.

La structure de cet outil, dont les principes sont illustrés Figure 45, permet de gérer l'ensemble des données, et de construire rapidement un ensemble complet de données d'immatriculations sur la plage d'intérêt. Cette table de données est directement utilisée dans les étapes suivantes et les outils de calculs de parcs décrits ci-après.

8.2. Feuille de calcul de parcs

Une première feuille de calcul (Excel) a été développée afin d'intégrer l'ensemble des hypothèses qui doivent conduire à l'élaboration d'un parc automobile pour une année donnée N, et de sa structure en nombre ou en véhicules x km.

Cet outil repart de la table des immatriculations précédentes, compile les fonctions de survie selon les catégories (Essence, Diesel, etc.) et selon les plages d'années, et calcule automatiquement pour l'année N, et pour chacune des catégories détaillées, le nombre de véhicules immatriculés les années antérieures et restant en circulation (cf. Figure 46). Cet outil donne donc en sortie, directement le parc de l'année N, et sa structure détaillée. Il a été conçu pour élaborer ces données directement au format requis par l'outil Artemis/HBEFA, mais d'autres formats « utilisateurs » sont envisageables.

Une seconde feuille permet de coupler ce parc statique aux fonctions d'utilisation (par catégories et années) et donne en conséquence la structure détaillée du parc en circulation.

Ces 2 feuilles ne donnent cependant pas directement la structure selon l'âge ou selon les réglementations en émissions de polluants, mais permet d'élaborer les distributions selon l'âge du parc de l'année N, en distinguant les véhicules Diesel, Essence, voire d'autres sous-catégories.

G	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Année	PC diesel <1,4L	PC diesel 1,4-<2L	PC diesel >=2L	PC petrol <1,4L	PC petrol 1,4-<2L	PC petrol >=2L	PC BEV	PC not specified	PC LPG	PC E85	PC Hybrid petrol/el small	PC Hybrid petrol/el medium	PC Hybrid petrol/el big	PC Hybrid diesel/el small	PC Hybrid diesel/el medium	PC Hybrid diesel/el big	PC PHEV	
1944	0	0	0	24401	7552	547	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1945	0	0	0	48802	15303	1295	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1946	0	0	0	73203	22955	1942	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1947	0	0	0	97604	30607	2586	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1948	0	0	0	122005	39369	3240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1966	0	3950	0	783754	245768	20790	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1967	0	4421	0	828626	259840	21980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1968	0	4892	0	873499	273911	23170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1969	0	5364	0	918371	287382	24360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1970	0	5836	0	963203	302040	25550	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1971	0	6308	0	100705	316531	26440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1972	0	6780	0	105100	331022	27330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1973	0	7252	0	109495	345513	28220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1974	0	7724	0	113890	360004	29110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1975	0	8196	0	118285	374495	30000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1976	0	8668	0	122680	388986	30890	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1977	0	9140	0	127075	403477	31780	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1978	0	9612	0	131470	417968	32670	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1979	0	10084	0	135865	432459	33560	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1993	23928	572273	156206	608587	30865	241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1994	27256	750670	161184	705119	291054	407	0	5264	0	0	85	0	0	0	0	0	0	
1995	30584	929067	166142	797722	271167	563	0	10520	0	0	120	0	0	0	0	0	0	
1996	33912	1107464	171100	890325	251280	719	0	15984	0	0	155	0	0	0	0	0	0	
1997	37240	1286261	176058	982928	231393	874	0	21468	0	0	190	0	0	0	0	0	0	
1998	40568	1465058	181016	1075531	211506	1029	0	26952	0	0	225	0	0	0	0	0	0	
1999	43896	1643855	185974	1168034	191619	1184	0	32436	0	0	260	0	0	0	0	0	0	
2000	47224	1822652	190932	1260537	171732	1339	0	37920	0	0	295	0	0	0	0	0	0	
2001	50552	2001449	195890	1353040	151845	1494	0	43404	0	0	330	0	0	0	0	0	0	
2002	53880	2180246	200848	1445543	131958	1649	0	48888	0	0	365	0	0	0	0	0	0	
2003	57208	2359043	206606	1538046	112071	1804	0	54372	0	0	400	0	0	0	0	0	0	
2009	263646	1265376	99486	550839	74378	10297	12	10	25214	3250	0	9870	0	0	3	0	0	
2010	245306	1258114	89737	479814	79219	8825	184	4	75748	5048	0	9654	0	0	0	0	0	
2011	204618	1294677	96523	475977	89451	8087	2630	1	12043	6590	0	12887	0	0	753	0	0	
2012	152862	1145303	89906	388976	74040	6662	5937	0	2167	7641	0	17190	0	0	9401	0	0	

Immatriculations connues par catégories détaillées (1940 -2012)

Statistiques externes (SES, SOeS, etc.)

Corrections, ajustements

	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR
	Diesel	Petrol	Electric	LPG	E85	Hybrid Petrol	Hybrid Diesel	PC PHEV
année de base N, et %immatriculations en								
Année de base N	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Moyenne sur :	2 années	2 années	2 années	2 années	2 années	2 années	1 année	1 année
Valeur moyenne année de base N	1491944	521596	4284	7105	7116	15038	9401	1
Année future M	2030	2030	2030	2030	2030	2030	2030	2030
% immatriculation années M	15,9	15,5	10	0,05	0,1	27,5	8,9	22
Augmentation X% par an								
Valeur estimée à l'année M	414668	404236	260798	1304	2608	717193	232110	573755
Linéaire : A (x) (nb / an)	-59849	-6520	14251	-322	-250	39009	12373	31875
Exponentielle (taux de croissance):	0,93	0,99	1,26	0,91	0,95	1,24	1,19	2,09

Zone d'élaboration d'hypothèses prospectives (globales et par technologies)

G	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Année	PC diesel <1,4L	PC diesel 1,4-<2L	PC diesel >=2L	PC petrol <1,4L	PC petrol 1,4-<2L	PC petrol >=2L	PC BEV	PC not specified	PC LPG	PC E85	PC Hybrid petrol/el small	PC Hybrid petrol/el medium	PC Hybrid petrol/el big	PC Hybrid diesel/el small	PC Hybrid diesel/el medium	PC Hybrid diesel/el big	PC PHEV	
2009	263646	1265376	99486	550839	74378	10297	12	10	25214	3250	0	9870	0	0	3	0	0	
2010	245306	1258114	89737	479814	79219	8825	184	4	75748	5048	0	9654	0	0	0	0	0	
2011	204618	1294677	96523	475977	89451	8087	2630	1	12043	6590	0	12887	0	0	753	0	0	
2012	152862	1145303	89906	388976	74040	6662	5937	0	2167	7641	0	17190	0	0	9401	0	0	
2013	258084	1269110	80569	514078	73345	7616	6227	0	7482	7767	0	21566	0	0	12996	0	2	
2014	261311	1254642	71841	546380	68710	7009	8297	0	7221	7809	0	28348	0	0	16471	0	5	
2015	263096	1237602	63918	576295	64226	6436	11029	0	6953	7814	0	37177	0	0	20825	0	12	
2016	263417	1217560	56718	609411	59875	5894	14623	0	6678	7799	0	48626	0	0	26261	0	26	
2017	262224	1194008	50167	639194	55640	5380	19326	0	6393	7758	0	63398	0	0	33009	0	57	
2018	259446	1166366	44202	666963	51505	4892	25442	0	6096	7688	0	82337	0	0	41330	0	125	
2019	254990	1133988	38761	691865	47451	4427	33336	0	5786	7593	0	106430	0	0	51504	0	273	
2020	248749	1096188	33796	712570	43466	3984	43429	0	5460	7436	0	136783	0	0	63816	0	592	
2021	240610	1052277	29262	728761	39539	3560	56184	0	5117	7241	0	174571	0	0	78521	0	1273	
2022	230469	1001615	25122	738156	35664	3154	72072	0	4754	6992	0	220920	0	0	95800	0	2716	
2023	218246	943670	21349	739541	31840	2766	91511	0	4373	6683	0	276726	0	0	115690	0	5733	
2024	203900	878079	17917	731319	28075	2396	114755	0	3972	6308	0	342340	0	0	137981	0	11952	
2025	187435	804668	14810	711849	24390	2044	141724	0	3553	5864	0	417096	0	0	162074	0	24542	
2026	168898	723445	12010	679467	20771	1711	171719	0	3119	5349	0	488563	0	0	188773	0	49440	
2027	148378	634588	9502	632503	17265	1397	202999	0	2671	4759	0	581437	0	0	208996	0	97173	
2028	126041	538600	7274	569484	13886	1103	232197	0	2213	4098	0	656105	0	0	228454	0	184788	
2029	102273	436926	5322	489918	10675	833	253856	0	1752	3372	0	707639	0	0	237549	0	335907	
2030	77978	333236	3661	396132	7715	592	260928	0	1305	2609	0	717552	0	0	232226	0	574042	

Construction des immatriculations futures par catégories détaillées (2012 – 2030 ...)

Figure 45 : Schéma de principe de l'élaboration des données d'immatriculations et des tendances futures

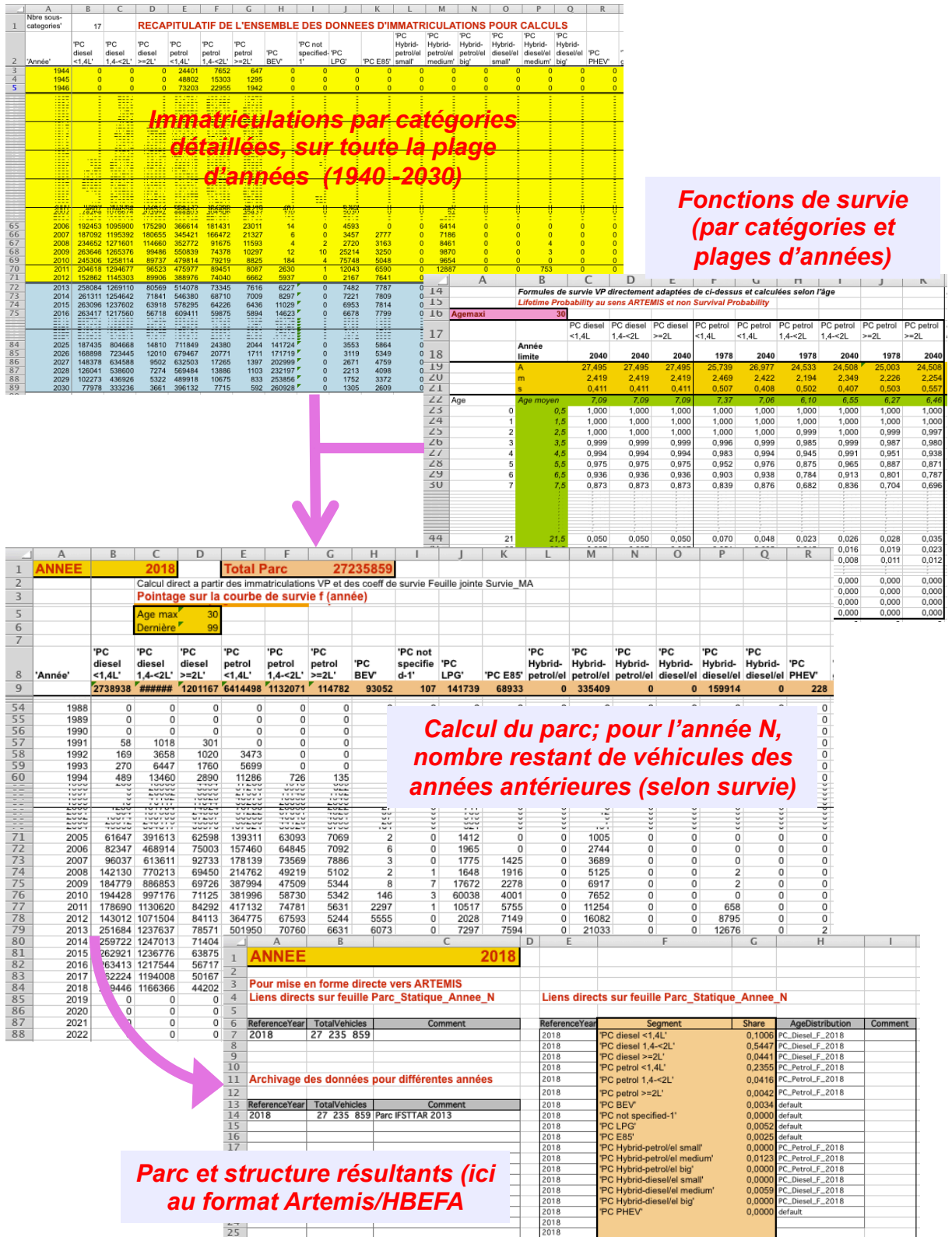


Figure 46 : Schéma de principe du calcul de parc pour une année N (partie Parc statique seulement)

8.3. Programme de calculs des parcs et trafics

Les outils précédents sont très utiles pour le calcul d'un parc sur un ou quelques années. Mais ils trouvent assez rapidement leurs limites dès lors que l'on souhaite :

- travailler sur une plage d'années (typiquement de 1980 à 2030),
- élaborer complètement les tables de données et hypothèses qui doivent ensuite être transférées vers les outils de calcul d'émission,
- et surtout itérer les calculs pour converger vers des valeurs de référence externes (volumes de parc, âge, kilométrages annuels) sur plusieurs années.

Pour ces raisons, un programme en FORTRAN (Calcul_Parcs.f) a été élaboré qui permet :

- de gérer l'ensemble des hypothèses (Figure 47), sous forme de fichiers textes simples à documenter.
 - On définit successivement les catégories regroupant les sous-catégories détaillées, les fonctions de survie et d'utilisation, et les schémas de mise en œuvre des réglementations des émissions de polluants. Les hypothèses / fonctions de survie, utilisation et réglementations sont affectées par catégories détaillées et par plages d'années.
 - Le programme lit également et interprète les données de référence ou de cadrage (parcs totaux, kilométrages annuels, âge moyen des véhicules), qui peuvent être renseignés globalement (par exemple 2-roues), ou par groupes (Essence, Diesel, camions, etc.), pour une ou plusieurs années.
 - Pour les fonctions de survie et d'utilisation, de multiples formes ont été paramétrées et programmées compte tenu de la diversité des hypothèses envisagées antérieurement. On trouvera notamment des fonctions Log-Normale, exponentielle, linéaire, ou explicites (c'est à dire dont les valeurs sont données pour chaque âge de véhicules). La fonction de Weibull sera intégrée prochainement.
- De calculer le parc statique :
 - Pour chaque année à calculer, on compile immatriculations et survie sur les années antérieures par catégories détaillées,
 - Les résultats sont proposés en regard des valeurs de référence, lorsqu'elles existent,
 - Une optimisation est possible par ajustement d'une ou de plusieurs courbes de survie, pour un groupe ou globalement, sur une plage d'années à définir. Ce processus est itéré jusqu'à optimisation satisfaisante,
 - A ce stade les calculs peuvent se poursuivre sur les années suivantes.

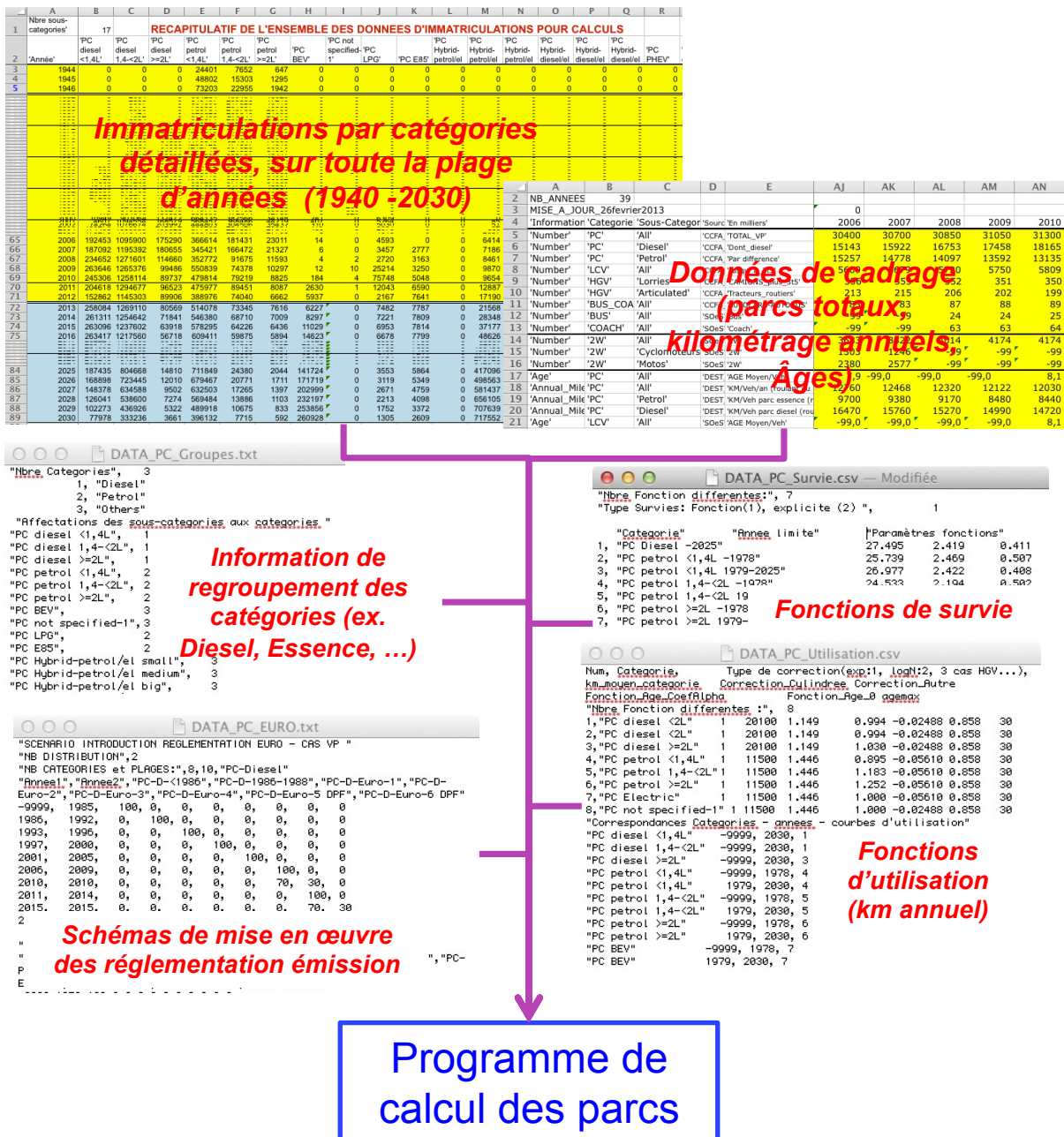


Figure 47 : Schéma de principe des données d'entrée des calculs

- De calculer le parc en circulation

- o Pour chaque année à calculer, on compile le parc sur les années antérieures par catégories détaillées, avec les hypothèses d'utilisation selon l'âge et les catégories
- o Les résultats sont proposés en regard des valeurs de référence (kilométrages annuels), lorsqu'elles existent,
- o Une optimisation est possible par ajustement d'une ou de plusieurs courbes de d'utilisation, pour un groupe ou globalement, sur une plage d'années à définir. Ce processus est itéré jusqu'à optimisation satisfaisante,
- o les calculs peuvent se poursuivre ensuite sur les années suivantes.

- Afin d'archiver ces processus d'optimisation, un fichier « Config_Corrections.txt » est utilisable pour reproduire les choix finaux de l'utilisateur.
- Finalement le programme permet de générer les résultats :
 - Fichiers de contrôle des processus (lecture, itérations)
 - Fichiers prêts à exporter vers HBEFA
 - Fichiers d'analyse des parcs : pour chaque catégorie de véhicules et par segments détaillés et réglementations EURO, on construit ainsi un vaste tableau sur la plage d'années, dont l'analyse par tableaux croisés dynamiques permet aisément de construire les structures de parcs à différents niveaux d'agrégation, ou d'analyser les évolutions sur la plage d'années.

8.4. Outil de détermination des situations de trafic

Un outil a été également élaboré afin de faciliter et systématiser la détermination des situations de trafic. Cet outil a été décrit en section 5.2.

Conclusion : bilan et perspectives

Les travaux réalisés dans ce cadre ont d'abord permis une mise à plat des questions relatives à la détermination des parcs automobiles en vue des calculs d'émissions de polluants, questionnement relayé dans le cadre d'un groupe de travail français dont la création a été motivée par ces travaux et par les enjeux que représente la détermination précise et fiable des parcs.

Les liens avec le réseau scientifique et technique - peu décrits dans ce rapport - ont contribué de multiples manières à ces travaux : par la capitalisation sur les nécessités de terrain (retour d'expérience des études d'impact), par l'expérimentation et la mise en œuvre des approches de calcul d'émissions sur des cas réels (agglomération de Lille), et enfin et surtout par le bénéfice de données statistiques (observation du trafic, enquêtes sur la mobilité). Ils auront permis également une valorisation et diffusion au sein du RST des connaissances tant sur les outils et approches de calcul d'émissions que sur les parcs automobiles, l'intégration des données de parcs dans l'outil COPCETE, et différentes actions de recherche (inter-comparaison d'outils, travaux sur Nantes, etc.).

Une analyse systématique des hypothèses et données issues des travaux antérieurs a été menée, avant leur transposition puis des mises à jour et améliorations conséquentes (par exemple l'extension des données d'immatriculations de 1999 à 2012, l'exploration des nombreuses enquêtes de mobilités, etc.). Par une mise à plat documentée de l'ensemble de ces points, ce rapport constitue un état de l'art des questions et hypothèses, certaines résolues de manière satisfaisante, d'autres restant à approfondir.

Au-delà du recueil de données et de la compilation des nombreuses statistiques en vue de construire les hypothèses nécessaires, une approche très systématisée et des outils ont été élaborés qui permettent d'envisager l'estimation des parcs automobiles français, sous différents scénarios prospectifs, et ceci dans une grande fiabilité et traçabilité des hypothèses et des calculs.

La mise en œuvre de ces outils sur un scénario dont les hypothèses ont été explicitées, a permis l'élaboration du parc de chacune des catégories des véhicules, ainsi que leur description très détaillée. Ce jeu de données françaises sera prochainement intégré dans les outils HBEFA qui ont succédé aux outils Artemis.

La comparaison à d'autres estimations (française ou européenne) des parcs français a montré tout l'enjeu de ces travaux : les écarts très conséquents qui peuvent être observés sur des hypothèses fondamentales comme l'évolution des schémas réglementaires (Euro 1 à 6), ou l'équilibre entre différentes catégories de véhicules (essence / diesel, camions / tracteurs, autobus, etc.), démontrent que l'on ne peut pas s'affranchir d'une très grande rigueur et

transparence dans l'élaboration des hypothèses constitutives des calculs de parcs, et qu'il est nécessaire de capitaliser sur les meilleures connaissances possibles permettant de documenter ces hypothèses, et de faire converger les approches de calculs de parcs vers un optimum.

Ces travaux auront permis d'améliorer considérablement certaines hypothèses, mais des progrès sont encore possibles pour les fonctions de survie et d'utilisation des véhicules, pour lesquelles de nombreuses statistiques récentes ont déjà été identifiées.

De même, d'autres hypothèses nécessaires aux calculs d'émissions ont été abordées mais devront être encore l'objet d'approfondissement, et l'approche de détermination des situations de trafic devra être poursuivie pour élaborer des hypothèses plausibles pour la France, permettant des applications au niveau national ou pour différentes configurations locales (urbain, etc.).

On notera notamment la faiblesse des informations sur les conditions de circulation par catégories de véhicules et selon les milieux et types détaillés de voies, qui restent à ce jour limitées à des valeurs moyennes, non désagrégées et non évolutives, tout comme les données de distribution spatiale (et temporelle) du trafic. Des outils nouveaux comme le recueil de données des systèmes de géolocalisation des véhicules ou des téléphones mobiles, et les bases de données collaboratives associées pourraient permettre des progrès sur ce volet, pourvu que l'information puisse être partagée et gérée. De même l'observation in situ des parcs automobiles (vidéo automatique et reconnaissance des plaques minéralogiques) pourrait enrichir considérablement les descriptions actuelles de parc en circulation par la prise en compte de spécificités locales (régions, types de voies, etc.) et temporelles (week-end, vacances, etc.).

L'ensemble des outils et données constitués dans ce cadre et le jeu de données finalisé doivent être la base et le point de départ d'autres travaux : par leur intégration dans les outils de calcul, l'application sur des cas d'études, et le retour d'expérience dans le cadre des groupes de travail européens (ERMES, COPERT, HBEFA), par la discussion autour des résultats et l'élaboration d'autres scénarios, par le transfert des données et de certains outils (feuille de calcul de parcs, etc.).

L'analyse détaillée des parcs automobiles et le calcul des émissions de polluants (approche HBEFA, voire comparaison d'approches) pourront être envisagés et faire l'objet d'un rapport séparé.

A terme, ces données et outils devront permettre d'anticiper les impacts des politiques publiques en matière de réduction des polluants émis par les transports routiers français, en jouant sur les différents paramètres de calcul. La cohérence des outils et données à l'échelle européenne ouvre à la possibilité d'évaluer l'impact du transport dans un contexte plus large.

Bibliographie

- Ademe (2012): Vision Ademe 2020-2030, Technologies / Carburants pour les véhicules particuliers neufs. Document de travail Ademe. 26p.
- Adra N., J.L. Michaux, M. André (2004): Analysis of the load factors and the empty running rate for road transport. INRETS, Bron, France. INRETS-LTE0419 Report. 65 p.
- Andre, M., Keller, M., Sjödin, A., Gadrat, M., Mc Crae, I., (2008) : The artemis european tools for estimating the pollutant emissions from road transport and their application in sweden and france, 17th International Conference ‘Transport and Air pollution’, Graz.
- André, M., Rapone, M., Adra, N., Pollak, I., Keller, M., Mccrae, I., (2006) : Traffic characteristic for the estimation of the pollutant emissions from road transport – Artemis, WP 1000 project.
- André M., M. Fallah, C. Berger, A. Montonen, E. Brutti-Mairesse (2012): Évaluation des PDU - problématique du calcul des émissions de polluants du trafic. Projet de recherche ANR Eval-PDU. Rapport Ifsttar-LTE12xx, août 2012. 105p.
- Artemis, Road Emission model-User guide, Oct 2007.
- Bourdeau, B., (1998) : Evolution du parc automobile français entre 1970 et 2020. Thèse ingénierie de l’environnement. Chambéry : Université de Savoie, 1998, 377p.
- Demeules V., S. Larose (2012): COPCETE v4, Outil de calcul des émissions polluantes d’origine routière - Notice d’utilisation. Cete Normandie. 54p.
- Dröge R, A Hensema, H. ten Broeke, J. Hulskotte (2011) : Emissions of two-wheeled vehicles. TNO Report, TNO-060-UT-2011-01556, NL, Utrecht. 75p.
- Gadrat M., M. André, C. Bugajny (2008): Test et application du modèle ARTEMIS à l’agglomération lilloise. Description des situations de trafic. CETE Nord Picardie, 46p.
- Gadrat M., M. André, C. Bugajny (2010): Test et application du modèle ARTEMIS à l’agglomération lilloise. Application du modèle ARTEMIS. CETE Nord Picardie, 70p.
- Gadrat M. (2011) Guide utilisateur ARTEMIS. CETE Nord Picardie, 51p.
- Hugrel, C., Joumard, R. (2004) : Transport routier – Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025. Rapport INRETS-LTE 0420. Bron, France, 133p.
- Keller M, Kljun N, Artemis Road Emission Model –Model Description Model Version 0.4d, Artemis wp 1100, deliverable 13, Bern, Oct 2007.
- Kolli Z. (2012): *Dynamique de renouvellement du parc automobile, Projection et impact environnemental*. Thèse de doctorat, Université de Paris 1, Panthéon-Sorbonne, mars 2012. 311p.
- Lacour, S., Joumard, R., (2002) : Parc, usage et émissions des véhicules routiers en France de 1970 à 2020. Rapport INRETS-LTE 0208. Bron, France, 89p.
- Sillaume O., Gadrat M. Bugajny C. André M. (2012) : Évaluation des impacts de la dispersion des émissions routières calculées par ARTEMIS sur l’agglomération lilloise. Cete Nord-Picardie, Haubourdin, France. Réf. 08.0600116. 48p.

Autres sources statistiques

Transports programme statistique 2008, Liste détaillée des enquêtes et autres opérations

statistiques, 32p.

Verry, D., (07/09/2009) : Modélisation en ville moyenne, dépasser le manque de données, CERTU.

Union routière de France, 2003, Statistiques du transport en France, Faits et Chiffres.

Ministère de l'Équipement, des transports et du Logement, Données détaillées du SES, Les transports par autobus et autocars en 1999.

Gilson, B., Favrel, V., & Hecq, W., 1997, Overview and analysis of the link between "Models of mobility and models of pollutant Emissions from Transport" Centre for Economic and Social Studies on the environment, Université Libre de Bruxelles, Brussels, 48p.

Andre Jm, Joumard R, Modelling of cold Start Excess emissions for passengers Cars, Inrets report, LTE 0509, Bron, France, 239 p

Sources sur la pollution :

Andre, M., (1999) : Pollution de l'air due aux transports-Statistiques de parc des véhicules et d'activité de transport pour la France. Rapport INRETS-LTE 9930.

CITEPA (2007) : Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France format SECTEN CITEPA - février 2007-12-07

Corrolaire, P., Barbusse, S., Deux-roues motorisés émissions de polluants locaux et rejets de gaz à effet de serre, Synthèse de l'étude ADEME.

Cost 319, Estimation of pollutant emissions from transport.

Cost 319 Final report, Overview and analysis of the links between "Models of Mobility" and "Models of pollutant Emissions from Transport".

Papon, E., (2008) : Prospective des transports : un état des lieux en Europe. DRAST-CPVST.

Sportisse, B., (2008) : Pollution atmosphérique. Des processus à la modélisation.

Outils d'inventaire d'émissions liées au transport routier ADEME – CERTU Rapport d'étude février 2000.

MEET, Methodology for calculating transport emissions and energy consumption.

Luxembourg : European Commission – DG Transport, ISBN 92-828-6785-4, 360p.

Sources sur les politiques de transports - énergie:

Demeulenaere, L., (2009) : L'impact de la récession économique sur les émissions de CO₂, Forte baisse pour 2009 quelle évolution pour 2010-2011 ? Commissariat général au développement durable, n°15, juin 2009, 4p.

Rolin, O., Bourgeois, C., (2007) : Comment pourrait évoluer la demande de transport en France à l'horizon 2025, Note de synthèse du SESP n°165.

Rolin, O., (2005) : La demande de transport en 2025 – éléments d'évaluation environnementale.

Caroline Gallez, C., (2000), Indicateurs d'évaluation de scénarios d'évolution de la mobilité urbaine.

FNTV, (2007), Energies : Quelles filières technologiques pour les autocars.

J-P Nicolas, Pascal Pochet, Hélène Poimboeuf, (2001) : Indicateur de mobilité durable application à l'agglomération de Lyon.

Direction des Affaires économiques et internationales, (2007) : Indicateurs de suivi de la politique de transport Volet « Objectifs généraux », Rapport 1996-2005.

Annexe - Hypothèses de distribution du kilométrage selon les types de voies

Distribution du kilométrage annuel (en %)			1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	
Voitures particulières	Diesel < 2.0l	Urbain	28,0	28,0	28,0	28,0	27,0	29,0	31,0	31,0	31,0	31,5	32,0	32,0	32,0	32,0	
		Rural	70,0	66,0	64,0	62,0	58,0	53,0	50,0	49,0	47,0	43,5	41,0	39,0	39,0	39,0	
		Autoroute	2,0	6,0	8,0	10,0	15,0	18,0	19,0	20,0	22,0	25,0	27,0	29,0	29,0	29,0	
	Diesel > 2.0l	Urbain	24,0	24,0	24,0	24,0	23,0	25,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
		Rural	62,0	62,0	60,0	59,0	55,0	52,0	49,0	48,0	46,0	41,0	35,0	30,0	30,0	30,0	
		Autoroute	14,0	14,0	16,0	17,0	22,0	23,0	24,0	25,0	27,0	32,0	38,0	43,0	43,0	43,0	
	Essence < 1.4l	Urbain	59,0	48,0	41,0	40,0	37,0	38,0	39,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
		Rural	38,0	45,0	52,0	53,0	53,0	49,0	47,0	43,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	
		Autoroute	3,0	7,0	7,0	7,0	10,0	13,0	14,0	17,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	
	Essence 1.4-2.0l	Urbain	54,0	41,0	35,0	32,0	31,0	32,0	33,0	33,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0
		Rural	40,0	45,0	50,0	52,0	50,0	47,0	45,0	43,0	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0	
		Autoroute	6,0	14,0	15,0	16,0	19,0	21,0	22,0	24,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	
	Essence > 2.0l	Urbain	37,0	30,0	24,0	22,0	21,0	22,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
		Rural	54,0	46,0	49,0	49,0	44,0	40,0	37,0	36,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	
		Autoroute	9,0	24,0	27,0	29,0	35,0	38,0	40,0	41,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	
	Véhicules utilitaires légers	Essence	Urbain	37,0	30,0	24,0	22,0	21,0	22,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
			Rural	54,0	46,0	49,0	49,0	44,0	40,0	37,0	36,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	
			Autoroute	9,0	24,0	27,0	29,0	35,0	38,0	40,0	41,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	
Diesel		Urbain	24,0	24,0	24,0	24,0	23,0	25,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	
		Rural	62,0	62,0	60,0	59,0	55,0	52,0	49,0	48,0	46,0	41,0	35,0	30,0	30,0	30,0	
		Autoroute	14,0	14,0	16,0	17,0	22,0	23,0	24,0	25,0	27,0	32,0	38,0	43,0	43,0	43,0	
Camions	< 7.5 tonnes	Urbain	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	
		Rural	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0		
		Autoroute	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0		
	7.5-16 tonnes	Urbain	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	
		Rural	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0		
		Autoroute	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0		
	16-32 tonnes	Urbain	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	
		Rural	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0		
		Autoroute	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0		
	> 32 tonnes	Urbain	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	
		Rural	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0		
		Autoroute	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0		
Autobus	Urbain	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8		
	Rural	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9			
	Autoroute	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3			
Autocars	Urbain	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3		
	Rural	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3			
	Autoroute	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4			
Cyclomoteurs	Urbain	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0		
	Rural	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0			
	Autoroute	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Motos	Urbain	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0		
	Rural	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0			
	Autoroute	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0			