

Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie de l'Environnement

LABORATOIRE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'ENVIRONNEMENT

THESE

en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat d'Etat en Génie de l'Environnement

Étude des émissions polluantes issues du trafic routier en Algérie

présentée par

Ménouèr BOUGHEDAOU
Magister en Génie de l'Environnement

Soutenue le 18 décembre 2007

devant le jury composé de :

Mme	Moussaoui	Khadjidja Mériem	Professeur, ENP, Alger	Présidente
M.	Kerbachi	Rabah	Professeur, ENP, Alger	Rapporteur
M.	Joumard	Robert	Directeur de Recherche, INRETS, Lyon	Rapporteur
Mme	Belhaneche	Naima	Professeur, ENP, Alger	Examinatrice
M.	Ait Messaoudene	Noureddine	Professeur, Univ. Saad Dahlab, Blida	Examineur
M.	Ali Khodja	Hocine	Professeur, Univ. Mentouri, Constantine	Examineur
M.	Benaissa	Mohamed Lezhar	Secteur des Transports, Alger	Invité

Table des matières

Table des matières.....	i
Remerciements	iii
ملخص.....	iv
Résumé	v
Abstract.....	vi
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	viii
Liste des abréviations.....	x
Liste des symboles	xi
Introduction	1
Chapitre I - Problématique de la motorisation et de l'environnement en Algérie.....	3
1. Introduction	3
2. Transport routier	6
2.1. Dérégulation du marché	9
2.2. Saturation du réseau routier	13
2.3. Gestion du transport urbain.....	14
3. Impacts sur l'environnement	16
4. Conclusion.....	21
Chapitre II - Analyse du parc de véhicules.....	23
1. Synthèse bibliographique	23
1.1. Relation PIB-motorisation	25
1.2. Motorisation et densité de population	28
2. Méthodologie d'évaluation	32
2.1. Analyse de l'âge du parc	32
2.1.1. Observation du parc roulant.....	32
2.1.2. Données des administrations de transport.....	34
2.2. Kilométrage annuel	35
2.2.1. Relevé direct.....	35
2.2.2. Enquête par interview aux niveaux des stations d'essence	35
2.2.3. Cohorte de véhicules	36
2.2.4. Enquête par fiche en deux temps	37
2.2.5. Carnet de suivi.....	37
2.2.6. Données collectées auprès des sociétés de transport.....	37
2.3. Vitesses pratiquées	38
3. Résultats des enquêtes.....	38
3.1. Kilométrage.....	38
3.1.1. Véhicules particuliers.....	39
3.1.2. Véhicules utilitaires.....	42
3.1.3. Camions.....	43
3.1.4. Tracteurs routiers	44
3.1.5. Transports en commun	44
3.2. Analyse de la distribution de l'âge du parc	45
3.3. Coefficient de survie	46
3.4. Détermination du parc roulant	50
4. Consommation de carburant du parc	52
5. Conclusion.....	53

Chapitre III - Etude de la cinématique	54
1. Synthèse bibliographique	54
1.1 Cycle de conduite	56
1.2 Analyse des séquences cinématiques	58
2. Méthodologie de mesure de cinématiques.....	60
2.1. Instrumentation de véhicule	60
2.2. Campagne de mesure	62
2.3. Protocole expérimental de conduite	62
2.4. Traitement de données	63
3. Résultats de mesure.....	63
4. Conclusion.....	66
Chapitre IV - Mesure des émissions	67
1. Etude bibliographique	67
2. Méthodologie expérimentale	70
2.1. Principe du Mini CVS	70
2.2. Prélèvement.....	71
2.3. Méthodologie d'analyses	74
2.4. Cinématique	78
2.5. Tests de validation.....	79
2.6. Méthode de calcul des émissions	79
2.7. Description de la campagne de mesure	82
3. Résultats expérimentaux	84
3.1. Emissions à chaud	88
3.1.1. Véhicules essence.....	93
3.1.2. Véhicules diesel	94
3.1.3. Rapports CO/CO ₂ et HCT/CO ₂	94
3.2. Emissions à froid.....	95
3.3. Consommation de carburant	95
3.4. Conclusion.....	97
Chapitre V – Inventaire des émissions de polluants	98
1. Synthèse bibliographique	98
2. Méthodologie d'inventaire.....	98
3. Résultats de calcul.....	100
3.1. Emissions globales	100
3.2. Emissions par type de voie.....	104
3.2.1. Monoxyde de carbone (CO).....	104
3.2.2. Oxyde d'azotes (NO _x)	105
3.2.3. Composés organiques volatils (COV).....	106
3.2.4. Matières particulaires	106
3.2.5. Plomb	106
4. Conclusion.....	109
Conclusion générale et perspectives	110
Bibliographie	113
Annexe I	119
Annexe II.....	125

Remerciements

Ce travail de recherche, initié en 1993, a été réalisé au Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, au Département de Chimie Industrielle de l'Université de Blida et au Laboratoire Transport - Environnement de l'INRETS à Bron.

Je tiens ici à remercier toutes les personnes qui ont participé, d'une manière ou d'une autre, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

J'adresse tout d'abord mes remerciements à l'ensemble des membres de mon jury de thèse présidé par Mme Moussaoui K.M., et composé de Mme Belhaneche N., M. Ali-Khodja H., M. Ait Messaoudène N. et M. Benaïssa M.L. qui ont bien voulu en évaluer le contenu et sa qualité.

Je tiens à remercier M. Rabah Kerbachi, Professeur à l'ENP, mon directeur de thèse, qui a suivi mes travaux depuis de longues années maintenant et qui a toujours su me faire confiance et m'apporter l'aide nécessaire, tant sur le plan scientifique que moral.

Je remercie également M. Robert Joumard, mon co-directeur de thèse, Directeur de recherche à l'INRETS, qui a bien voulu m'accueillir d'abord dans son laboratoire et ensuite de suivre ce travail avec beaucoup d'intérêt. Merci pour son soutien infaillible à l'aboutissement de ce travail et ses nombreuses orientations et explications très enrichissantes.

Que Messieurs Blidia Mouloud et Ramdane Sid Ali soient vivement remerciés pour leur appui au financement accordé par le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement pour l'acquisition des équipements d'analyse.

Je remercie le CMEP qui a financé deux projets de recherche dans le cadre de la coopération algéro-française pour la réalisation de ce travail.

Je remercie également M. Michel André et Robert Vidon de l'INRETS pour leurs apports, soutien logistique et scientifique et nombreux conseils.

Je souhaite particulièrement aussi remercier tous mes collègues notamment Saadane Chikhi, Noredine Driassa, Djamel Touil, Abdelmalek Chergui, Tahar Ouchene, pour l'aide et le soutien qu'ils ont apporté durant toutes ces années pour l'accomplissement de ce travail.

Ménouèr Boughedaoui

ملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة الانبعاث الملوث الحاصل عن حركة السيارات في الجزائر. تبين بعد التحليل أن تطور الميكنة في الجزائر في ارتفاع ثابت منذ الاستقلال وفق ارتفاع الناتج الداخلي الخام وارتقى إلى مستوى 73 سيارة / 1000 نسمة سنة 2005. لكن لوحظ خلال السنوات الأخيرة انفصال الميكنة عن مستوى الدخل الداخلي الخام. تمت دراسة حظيرة السيارات لتقييم الحظيرة الثابتة و المتنقلة، انتشار حسب السن، تركيبة حركة السير معتمدين على معطيات الديوان الوطني للإحصائيات و نتائج التحقيقات المنفذة في عدة مدن خلال المدة 1994 – 2005. تم تقييم عوامل سير المركبات حسب النوعية و الطاقة مثل المسافة السنوية، مدة الحياة، السرعة حسب نوعية الطريق. تم تطوير منهجية القياس التجريبي للانبعاث الودوي للمركبات في حالة السير الحقيقي التي تعتمد على استعمال Mini-CVS كجهاز لأخذ العينات الغازية مع سلسلة من الأجهزة قياس الغازات، أدوات قياس السرعة، الحرارة، الضغط و الرطوبة، تخزين المعطيات و تحويلها، مما مكننا من تكوين قاعدة معطيات استعمال المركبات حسب النوعية. تم قياس عنصر الانبعاث الودوي للمركبات التجارية الخفيفة بحمولة 50 % و التي تستعمل بكثرة في الجزائر مما مكننا من تطوير قاعدة المعطيات الخاصة بعناصر الانبعاث الودوي. دراسة الكينماتيكا المتبعة في الجزائر مكنت تطوير أول دورة كينماتيكية لتميز حركة السير في المحيط الحضري. تمت عملية الجرد الكلي للملوثات الناتجة عن حركة سير المركبات في الجزائر و بينت مستوى الانبعاث، نسبة كل ملوث حسب نوعية المركبات و الوقود. هذا الجرد يشكل أداة أساسية لدراسة التأثير على البيئة و الصحة العمومية، تسيير حركة المركبات داخل المدن و خارجها، كما يستعمل لتطوير استراتيجيات و سياسات النقل عبر الطرقات. اختبرت عينة مركبات، خفيفة، نفعية، تقليدية الصنع، و في حالة استغلال و من أعمار مختلفة، على مدار تمثيلي في مدينة البليلة حسب سيولة المرور للحصول على عامل الانبعاث الموحد للمركبات المستعملة في الجزائر. ركب جهاز أخذ العينات (المُعَايِرَة) (mini-CVS) من الغازات المنبعثة مع أجهزة التحليل على متن عربة تحت شروط مختلفة حقيقية. إن السرعة المتوسطة المسجلة في وسط المدينة هي 16,1 كم/سا مع تسارعات ضعيفة بمعدل 0,60 م/ثا². سُجِلَتْ أثناء كل اختبار، السرعة مع تركيز الملوثات الهوائية (CO₂, CO, NO_x, HCT). مكنت هذه النتائج من تقييم مستوى وحدة الانبعاث لكل نوع من المركبات و مدى تأثيرها على مركبات الديزل و البنزين. تم نقاش العوامل المؤثرة مثل عمر المركبات و مستوى الصيانة ثم قورنت هذه النتائج مع المعطيات الأوروبية (Artemis) لمركبات قابلة للمقارنة. إن هذه القياسات تساهم في تطوير عوامل الانبعاث الموحدة للمركبات السيارة في الجزائر و الضرورية لحساب جرد الملوثات و الغازات الدفينة الناتجة عن حركة سير مركبات قطاع النقل. إن عوامل الانبعاث الموحدة تُمثل كذلك أداة مساعدة في اتخاذ القرار وخاصة لوضع معايير الموافقة للمركبات الجديدة و نظام فحصها التقني.

الكلمة المفتاح: النقل، مركبة الطريق، الحظيرة، سنّ، انبعاث، تلوث، الكينماتيكا، النظام المحمول، Mini-CVS، جرد، حمولة، الجزائر.

Résumé

Ce travail a pour objectif d'étudier les émissions polluantes issues du trafic routier en Algérie. L'analyse de la motorisation montre une évolution croissante en fonction du PIB depuis l'indépendance pour atteindre 73 veh. /1000 hab. en 2005. Cependant, on observe que pour quelques années (1987-2004) contrairement à la règle établie, la motorisation s'est découplée du PIB. L'étude du parc de véhicules a permis la détermination des parcs statique et roulant, des distributions d'âges, et de la composition du trafic à partir des données de l'Office National de Statistiques et des données d'enquête réalisées en plusieurs villes au cours de la période de 1994 - 2005. Les paramètres d'usage des véhicules par catégorie et carburant sont évalués, dont le kilométrage annuel, le coefficient de survie, et la vitesse par type de voie. Une base de données relatives au parc selon l'usage et la catégorie de véhicule est ainsi élaborée.

La méthodologie de mesure expérimentale des émissions unitaires de véhicules en circulation réelle est mise au point et est basée sur l'utilisation du Mini-CVS comme système de prélèvement de gaz avec une batterie d'analyseurs de CO₂, CO, NO_x et HCT, une instrumentation de mesure de la cinématique, de la température des gaz, et de la pression et de l'humidité de l'air. Le montage est aussi équipé pour l'enregistrement des données et leur transfert. Un échantillon de véhicules utilitaires légers conventionnels essence et diesel en exploitation de différents âges sont testés sur un circuit représentatif de la ville de Blida suivant le flux de circulation. Les vitesses moyennes pratiquées en ville sont de 16,1 km/h avec des accélérations assez faibles, en moyenne de 0,60 m/s². Les résultats permettent d'évaluer les émissions unitaires et l'influence de la vitesse, pour les véhicules essence et diesel. Les paramètres influents tels que l'âge des véhicules et leur état d'entretien et de maintenance sont discutés. Nous comparons ces résultats avec les données européennes Artemis pour des véhicules comparables.

La mesure des facteurs d'émission unitaires de véhicules utilitaires légers avec une charge utile de plus de 50% qui sont largement utilisés en Algérie a permis de développer une base de données de facteurs d'émissions unitaires des véhicules.

L'étude de la cinématique pratiquée a permis de développer un premier cycle cinématique permettant de caractériser le trafic en milieu urbain à Alger.

L'établissement de l'inventaire global des émissions de polluants issus du transport routier à l'échelle nationale montre les niveaux d'émission et la part de pollution par type de polluant, catégorie de véhicule et type de carburant. Cet inventaire constitue un outil fondamental pour les études d'impact sur l'environnement et la santé de la population, la gestion du trafic en milieu urbain et extra-urbain ainsi que le développement de stratégies et de politiques de transport routier. Il constitue aussi un outil d'aide à la décision, notamment pour l'établissement de normes d'homologation des véhicules neufs admis en Algérie ainsi que pour le contrôle technique des véhicules.

Mots clés : transport, véhicule routier, parc, âge, émission, pollution, cinématique, système embarqué, mini-CVS, inventaire, charge, Algérie.

Abstract

This work aims to study the pollutant emission from road transportation in Algeria. The analysis of the motorization showed an increase variation according to GDP since the independence to reach 73 veh./1000 inhab. in 2005. Although, during the period 1987-2004, it is noticed at the opposite of the confirmed rule of dependence relation between motorization and GDP, the disconnection of motorization from the GDP. The study of the vehicle fleet allowed the determination of the part of the static fleet and running one, their distribution according to age, the traffic composition based on data of Office National de Statistiques and those collected by survey conducted in different cities in Algeria during the period of 1994 – 2005. The vehicle use parameters per vehicle category and fuel type are determined as annual mileage, survival factor, and speed per road type. A database related to the vehicle fleet per kind of use and category of vehicle is set up.

The experimental measurement methodology of unit emission of vehicles in real traffic condition is developed and is based on the use of the Mini-CVS for gas sampling and a battery of gas analysers for CO₂, CO, NO_x and THC, with an instrumentation to measure kinematics, gas temperature, pressure, moisture. The apparatus is also equipped with data logging instrument and data transfer.

A sample of conventional light duty vehicles in use with different age, is tested on a representative trip in real traffic in the city of Blida. The mean speed downtown is about 16.1 km/h with a rather low acceleration, an average of 0.60 m/s². Emission factors are evaluated according to speed for each category of gasoline and diesel vehicles. The influence of some parameters such as the vehicle age and their state of maintenance are discussed. Results are compared with the European data base, Artemis, for comparable vehicles.

The measurement of emission unit of light duty vehicles loaded over 50% which are largely used in Algeria allowed the development of a database of emission unit factors of vehicles.

The recorded kinematics is used to establish the first driving cycle to characterize the urban vehicle traffic in Algiers.

The national inventory of pollutants emitted by road transportation is set up and shows the levels of emissions and the part of air pollution per type of pollutant and vehicle category and fuel type. This inventory is a useful tool for environmental impact assessment and people health effect, traffic management in urban and extra urban areas and could be used for strategy and policy development as well. It is also a tool for decision-making support regarding to the conception of new regulations of vehicle control and vehicle inspection and maintenance in Algeria.

Key words : transportation, road vehicle, age, emission, pollution, kinematics, on board system, mini-CVS, inventory, load, Algeria.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Capacités et moyens de transport routier en Algérie (2004).....	10
Tableau 2 : Ratios des transports routiers (2004).....	10
Tableau 3 : Nombre d'opérateurs par ville en Algérie en 2003	11
Tableau 4 : Répartition du parc de véhicules de TC en Algérie selon leur capacité en 2002.....	12
Tableau 5 : Taux (%) d'urbanisation	13
Tableau 6 : Concentrations de BTEX mesurées à Alger ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	19
Tableau 7: Composition de l'échantillon de véhicules enquêtés par catégorie et carburant au niveau de deux stations d'essence à Blida et Hussein Dey à Alger.....	36
Tableau 8 : Récapitulatif de la taille des échantillons de véhicules lors des enquêtes sur le parc.....	38
Tableau 9 : Paramètres de la loi de survie déterminés pour le parc algérien	48
Tableau 10 : Paramètres d'étalonnage des capteurs.....	60
Tableau 11 : Variables d'étude des séquences cinématiques.....	64
Tableau 12 : Distribution des vitesses - accélérations	65
Tableau 13 : Données cinématiques des circuits urbains.....	79
Tableau 14 : Caractéristiques de l'échantillon des véhicules testés quant aux émissions	84
Tableau 15 : Moyenne et écart type des émissions de l'échantillon de véhicules	88
Tableau 16 : Comparaison des rapports d'émissions entre polluants mesurés et Artemis (%)	94
Tableau 17 : Moyennes des émissions sur trajet urbain, à froid (g/essai), à chaud (g/km), et des distances équivalentes (km).	96
Tableau 18: Comparaison de deux inventaires des émissions du transport routier algérien de 1994....	109

Liste des figures

Figure 1 : Evolution du trafic des modes de transports en Méditerranée.....	5
Figure 2 : Infrastructures de transport en Algérie	7
Figure 3 : Evolution du marché de véhicules d'occasion et des nouvelles immatriculations.....	8
Figure 4 : Evolution des nouvelles immatriculations des VP et VUL par type de carburant	8
Figure 5 : Réseau autoroutier algérien	9
Figure 6 : Evolution de la population urbaine et rurale dans le bassin méditerranéen à l'horizon 2030.....	14
Figure 7 : Profil journalier des concentrations en période normale	17
Figure 8 : Profil journalier des concentrations en période du mois de ramadhan.....	18
Figure 9 : Part du PIB des dommages liés à la dégradation de l'environnement dans différents pays méditerranéens	20
Figure 10 : Evolution de la motorisation dans les pays de l'OCDE et PED	25
Figure 11 : Ecart interannuels de la motorisation dans les pays de l'OCDE.....	25
Figure 12 : PIB et motorisation dans quelques villes et pays dans le monde	26
Figure 13 : Evolution de la motorisation et du PIB en Algérie entre 1963 et 2005.....	27
Figure 14 : Influence du PIB sur la motorisation en Algérie	28
Figure 15 : Corrélation entre motorisation et densité de population dans le monde.....	29
Figure 16 : Densité de population et consommation d'énergie des véhicules particuliers	30
Figure 17 : Evolution du marché de véhicules neufs et d'occasions en Algérie.....	31
Figure 18 : Composition de l'échantillon de véhicules lors de l'enquête de terrain en 2001.....	34
Figure 19 : Kilométrage annuel des VP et VUL selon l'âge des véhicules en 2003	40
Figure 20 : Kilométrage annuel des véhicules en Algérie durant la période 1990-2001	41
Figure 21 : Estimation du kilométrage annuel des VP et VUL par année de 1963 à 2005.....	41
Figure 22 : Kilométrage annuel des véhicules taxi	42
Figure 23 : Estimation du kilométrage annuel des camions, tracteur, bus et car de 1963 à 2005	44
Figure 24 a : Distribution d'âge des véhicules particuliers du parc administratif de l'ONS	45
Figure 24 b : Distribution d'âge des véhicules particuliers du parc roulant déterminé par enquête.....	46
Figure 25 : Coefficient de survie par catégorie de véhicules en 2005	49
Figure 26 : Evolution des nouvelles immatriculations des VP et leur projection à l'horizon 2025.	50
Figure 27 : Estimation des parcs statique ONS et roulant à l'horizon 2025	51
Figure 28 : Estimation de la consommation de carburant du parc véhicule national	53
Figure 29 a: Cycle de conduite américain FTP75.....	55
Figure 29 b : Cycles réglementaires et nouveau cycle développé pour un usage international.....	55
Figure 30 : Cycles urbains Artemis et de véhicule de grosse et faible cylindrée.....	56
Figure 31 : Cycle de conduite de l'Inde (IDC)	57
Figure 32 a : Profil de vitesse enregistré a Chennai (Inde), circuit 1	57
Figure 32 b : Profil de vitesse enregistré à Chennai (Inde), circuit 2.....	58
Figure 33 : Décomposition d'une séquence cinématique	59
Figure 34 : Photo du véhicule équipé de capteurs et du Mini CVS à l'INRETS.....	61
Figure 35 : Schéma du montage des capteurs avec l'enregistreur sur le véhicule.....	61
Figure 36 : Cycle urbain développé pour Alger avec des enregistrements effectués en 1999.....	66
Figure 37 : Schéma du dispositif d'échantillonnage à volume constant : CVS (Guibet, 1997)	70
Figure 38 : Schéma du montage expérimental de prélèvement et d'analyses embarqué.....	72

Figure 39 : Photos du montage expérimental de mesure embarqué en circulation réelle.....	73
Figure 40 : Schéma de mesure de gaz par NDIR.....	75
Figure 41 : Principe de mesure par chimiluminescence.....	76
Figure 42 a : Schéma du four dans un système FID	77
Figure 42 b : Principe de mesure FID	77
Figure 43 : Principe de mesure de la vitesse par effet Doppler	78
Figure 44 : Schéma du circuit des gaz prélevés par mini CVS.....	80
Figure 45 : Emissions unitaires de polluants des VUL diesel comparées à Euro I et II	86
Figure 46 : Emissions unitaires de polluants des VUL essence comparées à Euro zéro	87
Figure 47 : Emissions unitaires de CO ₂ des VUL diesel pseudo Euro I en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.....	89
Figure 48 : Émissions unitaires de CO des VUL diesel pseudo Euro I en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.....	89
Figure 49 : Émissions unitaires de HCT des VUL diesel pseudo Euro I en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.....	90
Figure 50 : Émissions unitaires de NO _x des VUL diesel pseudo Euro I en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.....	90
Figure 51 : Émissions unitaires de CO ₂ des VUL diesel pseudo Euro II en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.....	91
Figure 52 : émissions unitaires de CO des VUL diesel pseudo Euro II en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.....	91
Figure 53 : Émissions unitaires de HCT des VUL diesel pseudo Euro II en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.....	92
Figure 54 : Émissions unitaires de NO _x des VUL diesel pseudo Euro II en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.....	92
Figure 55 : Consommation unitaire de carburant en fonction de la vitesse des véhicules (g/km).....	97
Figure 56 a : Evolution des émissions globales de polluants (CO, NO _x , PM, COV)	101
Figure 56 b : Evolution des émissions globales de polluants (CO ₂ , Pb).....	101
Figure 57 : Evolution des émissions de CO par type de carburation	102
Figure 58 : Evolution des émissions de NO _x par type de carburation	102
Figure 59 : Evolution des émissions de COV par type de carburation	103
Figure 60 : Evolution des émissions de particules des véhicules diesel	103
Figure 61 : Evolution des émissions de CO ₂ par type de carburation.....	103
Figure 62 : Evolution des émissions de Pb	104
Figure 63 : Evolution temporelle des émissions de CO ₂ par type de voie.....	106
Figure 64 : Evolution temporelle des émissions de CO par type de voie	107
Figure 65 : Evolution temporelle des émissions de NO _x par type de voie.....	107
Figure 66 : Evolution temporelle des émissions de COV par type de voie	107
Figure 67 : Evolution temporelle des émissions de particules par type de voie	108
Figure 68 : Evolution des émissions de Plomb par type de voie	108

Liste des abréviations

ARTEMIS :	Assessment and Reliability of Transport Emission Modelling and Inventory Systems
BEDAT:	Bureau d'études et d'analyse de transport
Btp:	Bâtiment et travaux publics
COPERT :	Computer programme to calculate emissions from road transport
CORINAIR :	CORe INventory of AIR emissions (European Emission Inventory methodology)
CS :	Coefficient de survie
CVS :	Constant Volume Sampling
Euro zéro :	Normes européennes d'émission de polluant de véhicule entrées en vigueur avant 1992
Euro I :	Norme européenne d'émission de polluant de véhicule entrée en vigueur en 1992
Euro II :	Norme européenne d'émission de polluant de véhicule entrée en vigueur en 1996
Euro III :	Norme européenne d'émission de polluant de véhicule entrée en vigueur en 2000
Euro IV :	Norme européenne d'émission de polluant de véhicule entrée en vigueur en 2005
Euro V :	Norme européenne d'émission de polluant de véhicule prévu en 2009
Euro VI :	Norme européenne d'émission de polluant de véhicule prévu en 2014
FID :	Flame Ionization Detector
FOREMOVE :	Model developed for forecasts of motor vehicle emissions
GDP :	Gross Domestic Product
GES :	Gaz à effet de serre
GIEC :	Groupe intergouvernemental d'étude du climat
GPL :	Gaz de Pétrole Liquéfié
hab :	habitant
Inhab. :	Inhabitant
INRETS :	Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité, France
IPCC :	Intergovernmental panel of climate change
JORADP :	Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire
Mini-CVS :	Constant volume sampler réduit
MOBILE :	Mobile Source Emission Factor Model
Naftal :	Société nationale de commercialisation de carburant
ONS :	Office National de Statistiques
PDAU :	Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme
PDU :	Plan de déplacement urbain
PED :	Pays en développement
PIB :	Produit Intérieur Brut
PL :	Poids Lourd
PLM:	Poids lourds marchandises
PLV:	Poids lourds voyageurs
PME:	Petite et moyenne entreprise
PMI:	Petite et moyenne industrie
PTAC :	Poids total autorisé en charge
RVP :	Pression de Vapeur Reid (volatilité du carburant)
SNTR :	Société Nationale de Transport Routier
TC :	Transport en Commun
TRL :	Transport Research Laboratory (UK)
TVC :	Société de Transport de Voyageurs du Centre
UE :	Union Européenne
UK :	United Kingdom
UNCCC :	United Nations Climate Change Convention
US EPA AP42 :	Air Pollutant Emission Factors
Veh. :	véhicule
VP :	véhicule particulier
VUL :	véhicule utilitaire léger

Liste des symboles

B :	Fraction de kilométrage parcouru pendant la phase froide du moteur
Cd :	Cadmium
CH ₄ :	Méthane
CO:	Monoxyde de carbone
CO ₂ :	Dioxyde de carbone
COV :	Carbone organique volatil
Cr :	Chrome
HAP :	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HCT :	Hydrocarbures totaux
I _{trip} :	Distance moyenne de parcours
N ₂ O:	Protoxyde d'azote
NH ₃ :	Ammoniac
Ni :	Nickel
NO ₂ :	Dioxyde d'azote
NO _x :	Oxydes d'azote
Pb :	Plomb
PM :	Matière particulaire
POPS:	Polluants organiques persistants
Se :	Sélénium
SO ₂ :	Dioxyde de soufre
SO _x :	Oxydes de soufre
VOC :	Volatile Organic Compound
Zn :	Zinc

Unités de mesure

Ah :	Ampère heure
°C :	degré Celsius
g :	gramme
GHz :	gigahertz
kg :	kilogramme
km :	kilomètre
kVA :	kilovolt-ampère
l :	litre
Mm :	Mégamètre
Mt:	Mégatonne
t :	temps
V :	volt

Introduction

Les émissions polluantes issues des transports sont doublement responsables de la dégradation de la qualité de l'air dans les zones urbanisées et de l'effet de serre additionnel dû à l'accumulation dans l'atmosphère de gaz émis directement comme les gaz carbonique CO₂, méthane, protoxyde d'azote, monoxyde de carbone CO ou de polluants secondaires comme l'ozone formé à partir des hydrocarbures HCT et des oxydes d'azote NO_x émis par les véhicules. Ces polluants oxydants et fortement radiatifs accusent des teneurs qui sont en croissance constante, particulièrement au Maghreb où les conditions climatiques favorables s'ajoutent aux importantes émissions de précurseurs issus du parc automobile. Les émissions polluantes dépendent certes des technologies des moteurs mais aussi pour une bonne part de l'usage du véhicule ainsi que de l'environnement dans lequel il évolue. Le secteur des transports, en particulier le transport routier, est en Algérie un important facteur de développement social et économique. Le transport routier est le moyen de transport le plus usuel, que ce soit pour le transport de personnes ou celui de marchandises : environ 85% des déplacements de personnes s'effectuent par voie routière. Le gouvernement a opté pour le renforcement du transport routier par le développement des infrastructures routières et a autorisé les concessionnaires automobiles à s'installer dans le pays. Le développement des infrastructures routières révèle la stratégie choisie par le gouvernement qui a misé, dans son plan d'aménagement du territoire, sur le routier comme solution principale à court terme. La réception en 2009-2010 du réseau autoroutier d'Est en Ouest et le développement de la rocade des Hauts Plateaux avec des pénétrantes la liant à l'autoroute au nord du pays permettront, en désenclavant l'intérieur du pays, de fixer les populations et de créer les bases d'un développement économique durable. Dans les grands centres urbains, où les transports en commun ne sont ni commodes, ni suffisamment développés, le recours au véhicule individuel paraît la solution idéale à de nombreux citoyens. Devant l'offre très attractive des concessionnaires automobiles, en particulier pour les véhicules de gammes inférieures, et la possibilité d'achat à crédit qui connaît un très grand succès, de nombreux citoyens de la classe moyenne ont accès à un véhicule neuf. Cet acquis leur permet non seulement de gagner en garantie et liberté de déplacement mais aussi en qualité, confort et sécurité. En contrepartie, ceci génère un accroissement rapide du parc automobile, provoquant une saturation du réseau routier, et une demande croissante en carburant. On est ainsi confronté à une situation où la motorisation ainsi que le trafic sont en perpétuelle croissance ce qui génère des émissions polluantes de plus en plus importantes si des progrès techniques ne sont pas mis en œuvre sur les véhicules et la qualité des carburants pour les limiter.

L'Algérie et les autres pays maghrébins sont appelés à réfléchir sur les moyens à mettre en œuvre pour maîtriser, voire réduire, les émissions de gaz à effet de serre et de polluants nocifs tout en développant des outils d'évaluation de la qualité de l'air et de ses évolutions futures qui seront mis à la disposition des décideurs et des collectivités locales qui sont censés prendre en charge le problème sur le terrain.

C'est dans ce contexte global que s'inscrit ce travail dont les objectifs consistent à étudier le parc véhicule roulant algérien et à développer une base de données relative à ce parc selon l'usage et la catégorie de véhicule. Les données administratives ne reflètent pas la réalité du terrain compte tenu des contraintes de gestion et du système d'établissement de la carte grise et de collecte des données par les services statistiques. Il existe très peu de données fiables permettant l'analyse des transports ou leur utilisation dans les différents modèles de calcul des émissions polluantes ou de consommation de carburant. La détermination du parc roulant est primordiale pour le transport mais aussi pour l'estimation des émissions polluantes, car seul le parc roulant est opérationnel pour le transport et qui est responsable des émissions.

L'étude vise aussi l'élaboration d'une base de données de facteurs d'émission unitaires des véhicules adaptés au contexte de l'Algérie afin d'établir l'inventaire global des émissions de polluants issus du trafic routier à l'échelle nationale.

L'étude vise ensuite le développement d'une méthodologie de mesure des facteurs d'émission unitaires des véhicules en circulation réelle en Algérie. Cette méthodologie a été appliquée aux véhicules utilitaires légers avec une charge utile de plus de 50% qui sont largement utilisés en Algérie, ce qui permet de développer une base de données de facteurs d'émission unitaires pour ces véhicules.

Cela permet de mettre à la disposition de la communauté scientifique et des décideurs des données réelles d'émissions unitaires pour cette catégorie de véhicules roulant en Algérie.

L'analyse de la cinématique pratiquée en Algérie est une donnée de base non seulement pour l'étude des émissions polluantes moyennant les modèles d'émission, mais aussi pour les normes d'homologation des véhicules qui doivent être testés conformément aux conditions de circulation réelle en Algérie.

L'établissement de l'inventaire global des émissions de polluants issus du trafic routier à l'échelle nationale constitue l'ultime étape de ce travail. Cet inventaire constitue un outil fondamental pour les études d'impact sur l'environnement et la santé de la population, la gestion du trafic en milieu urbain et extra-urbain ainsi que le développement de stratégies et de politiques de transport routier.

Chapitre I - Problématique de la motorisation et de l'environnement en Algérie

1. Introduction

Les moyens de transport tous modes confondus assurent la mobilité des personnes et des marchandises à travers tout le globe à des coûts et en des temps très réduits. Ceci constitue un moyen de rapprocher les peuples entre eux, de découvrir des modèles socioculturels différents mais aussi d'assurer des échanges commerciaux des produits et de services. Le transport routier en particulier a une spécificité très singulière qui tient au caractère individuel du déplacement effectué comparé à la plupart des autres modes de transport qui sont collectifs. Le véhicule routier est certainement le moyen de déplacement qui a le plus donné un sentiment de liberté à l'homme depuis l'antiquité. Le véhicule a triomphé et est devenu un outil et pour certains un accessoire dont on ne peut se passer.

Depuis l'avènement de l'automobile vers la fin du XIX^e siècle, on est passé d'une situation extrême à l'autre mettant en évidence l'évolution de l'automobile et l'histoire du transport de manière générale. De l'époque où les gens se précipitaient pour contempler l'automobile roulant au pétrole après celle à vapeur, qui demeurait un objet de luxe réservé aux plus fortunés qui se déplaçaient seuls et appréciaient l'odeur du pétrole à leur passage (comme il était appelé à l'époque), c'est dire à quel point il était apprécié comme un nouveau moyen de locomotion mécanique qui accorde plus de liberté comparé au train ou à la carrosserie avec traction animale de l'époque. De cette époque, on est passé à l'époque où le véhicule est devenu un produit avec une gamme très variée faisant de lui un produit grand public abordable par pratiquement toutes les couches de la société. Il est tellement utilisé qu'il est vite devenu un équipement ménager, mais il est aussi craint à cause des accidents provoqués et des gaz polluants émis et de leur nocivité sur la santé et l'environnement global, au point que de nos jours on propose des zones urbaines sans voitures. Les effets connus aujourd'hui de l'usage de l'automobile sont tellement nombreux qu'ils touchent pratiquement tous les domaines de la vie sur terre.

Le développement de l'automobile a connu un essor si important qu'il a révolutionné le monde entier, tant dans les pays industrialisés producteurs de véhicules que dans le reste des pays devenus pour la plupart importateurs. La problématique réservée aux pays développés a rapidement gagné les autres pays avec cependant des effets différents. L'écart socioculturel et technologique entre les pays du nord et du sud est tel que le véhicule évoluant dans ces deux environnements distincts aura un comportement et des conditions d'usage différents et des effets de nature et d'intensité différentes.

La problématique des émissions polluantes du secteur des transports devient de plus en plus inquiétante tant à l'échelle locale que régionale et mondiale.

A l'échelle régionale et mondiale, les émissions de gaz à effet de serre sont en croissance régulière depuis l'ère industrielle, le taux de croissance augmentant d'année en année. Les émissions de gaz à effet de serre issues du secteur des transports routiers sont en pleine croissance contrairement aux émissions industrielles stabilisées et parfois même réduites grâce au développement technologiques et à la maîtrise des procédés afin de réduire la consommation énergétique et de matière par une instrumentation de contrôle, de régulation et des processus d'optimisation. Ceci a pour conséquence une augmentation de la teneur atmosphérique de fond de CO₂ dont les niveaux deviennent très inquiétants, faisant craindre le pire pour le climat de la planète, sachant que de nombreux processus sont irréversibles. Des indicateurs d'impacts sur l'environnement des transports sont développés pour identifier ses impacts et les quantifier (COST 356 ; Goger, 2006).

La responsabilité des émissions est attribuable à la totalité des pays mais à des degrés divers. Les effets des perturbations climatiques ont été observés ces dernières années avec des événements extrêmes tels que des périodes de sécheresse plus longues, une réduction des précipitations dans certaines régions et des pluies diluviennes ailleurs, une perturbation des saisons avec un décalage de la production agricole ainsi que de nombreux autres effets.

En Algérie, toutes les données statistiques s'accordent sur la croissance non seulement du parc de véhicules mais aussi du volume du trafic routier au point que le réseau routier s'est vite saturé, engendrant de nombreux impacts sur le transport lui-même et l'environnement (ONS, 2006 ; Samasafia, 2006). A l'image de nombreux pays en développement, l'Algérie connaît un taux de croissance annuel du trafic de 5%. Ce taux de croissance est principalement dû au manque d'offre en transports urbain et interurbain compte tenu de l'étendue du pays et de la densité de population dans les grands centres urbains. Toutes les estimations futures dans le bassin méditerranéen prévoient une tendance à la hausse du trafic à l'horizon 2025 pour ces pays (figure 1).

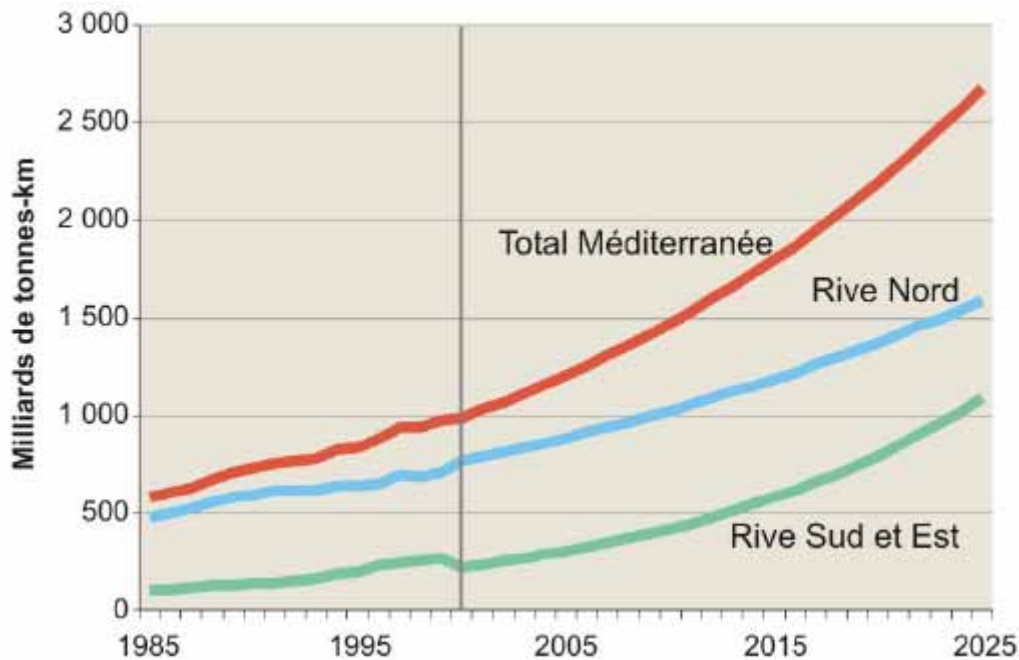


Figure 1 : Evolution du trafic des modes de transports en Méditerranée (Attané, 2002)

La liberté de mobilité accordée par la possession de véhicules à l'échelle des individus et les facilités de paiement pour l'acquisition d'un véhicule neuf expliquent en partie aussi cette tendance du parc à la croissance.

Au niveau des investissements effectués par l'Etat algérien dans les infrastructures de transport terrestre, le transport routier en bénéficie d'une part importante et devient le mode le plus accessible devant les autres moyens de transport terrestre tel que le tramway, le métro, le rail.

Le secteur des transports et la mobilité en général jouent un rôle fondamental dans le développement économique et social d'un pays. Les besoins en transports sont en croissance permanente à des taux variables d'un pays à un autre, ce qui génère des besoins en énergie toujours croissants. C'est le premier secteur consommateur d'énergie dans les pays développés et celui dont la consommation augmente le plus rapidement dans la plupart des pays en développement dont l'Algérie.

La libéralisation du marché de l'automobile en Algérie, la nouvelle réglementation interdisant l'importation de véhicules d'occasion, quelque soit l'âge, au-delà de 2005, la dérégulation du transport routier en commun conjuguée à la faible offre des autres modes de transport (réseau ferroviaire peu développé), font que le parc et le trafic ne cessent de croître.

Pour répondre à une demande croissante de la mobilité des personnes et des marchandises, le transport routier évolue rapidement alors que les infrastructures, la réglementation et la gestion font défaut. La gestion du trafic reste faible au point où les feux tricolores existants

qui ont fait l'objet d'investissement de la part des collectivités ne sont pas fonctionnels. Ceci montre à quel point la gestion du trafic en milieu urbain est abandonnée à la police urbaine qui non seulement ne peut couvrir la totalité du périmètre urbain mais aussi qui a d'autres missions en ville que la circulation automobile. Il n'existe pas de politique claire de gestion du trafic sur le réseau bien que les infrastructures routières se développent, Cependant, les autorités responsables du secteur du transport ont pris conscience de la nécessité d'élaboration d'un Plan de Déplacement Urbain (PDU) pour améliorer la mobilité en zone urbaine.

2. Transport routier

L'étendue du pays qui compte une superficie de 2,3 millions km² et l'enclavement de plusieurs régions du pays constituent les éléments principaux du contexte dans lequel évolue le secteur des transports en Algérie. Afin de satisfaire les besoins en transports des populations, plusieurs modes de transports sont exploités par différents opérateurs. Cependant, le mode de transport routier reste le mode très dominant au coté des autres modes existant dans le pays tel que le transport aérien, le transport ferroviaire et le transport maritime (figure 2).

Le transport routier est estimé assurer 85% des déplacements effectués par les voyageurs en Algérie. Le réseau routier algérien compte 108 302 km dont 70 % sont revêtus, et assure près de 90% du volume des échanges. Depuis son indépendance en 1962, l'Algérie a consacré un gros effort d'investissement pour l'extension et la maintenance du réseau routier, ce qui reflète clairement le choix politique vis-à-vis du mode routier et donc la prédominance du mode de transport routier par rapport aux autres modes de transport. Pour autant, ce réseau ne satisfait pas qualitativement et quantitativement la demande croissante au rythme de la croissance démographique et du développement économique et social du pays.

Au début des années 90, l'Etat a libéré le marché de l'automobile qui n'a pas décollé pour des raisons sécuritaires. Quand la loi du Conseil de la monnaie et du crédit vient restructurer le secteur dès 1992, le pays fait face à des problèmes d'insécurité qui bloquent toute initiative privée. Face à l'essor des ventes de véhicules neufs, le marché des véhicules d'occasion est actuellement en déclin et la tendance devrait se confirmer dans les années à venir.

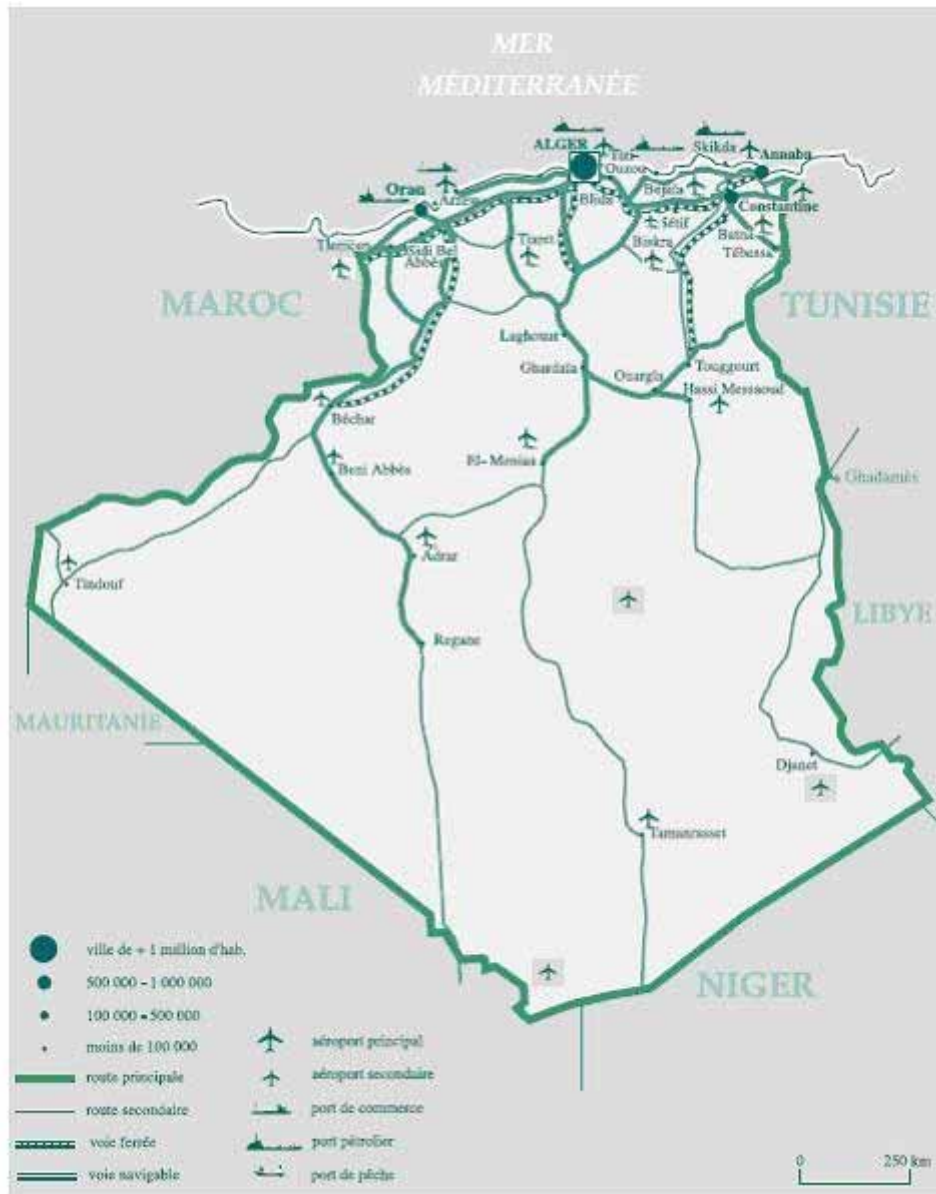


Figure 2 : Infrastructures de transport en Algérie
(www.planbleu.org)

La figure 3 montre l'évolution du marché de véhicules d'occasions qui s'est stabilisé à partir de 2004 et connaît un début de régression en 2005/2006, tandis que les nouvelles immatriculations sont en nette progression depuis 2001. Il y a une nette tendance vers la diésélisation du parc VUL où plus de 60% sont diesel en 2005 et on estime que vers 2016 plus de 50% des VP seront des diesels aussi selon le scénario tendanciel (figure 4).

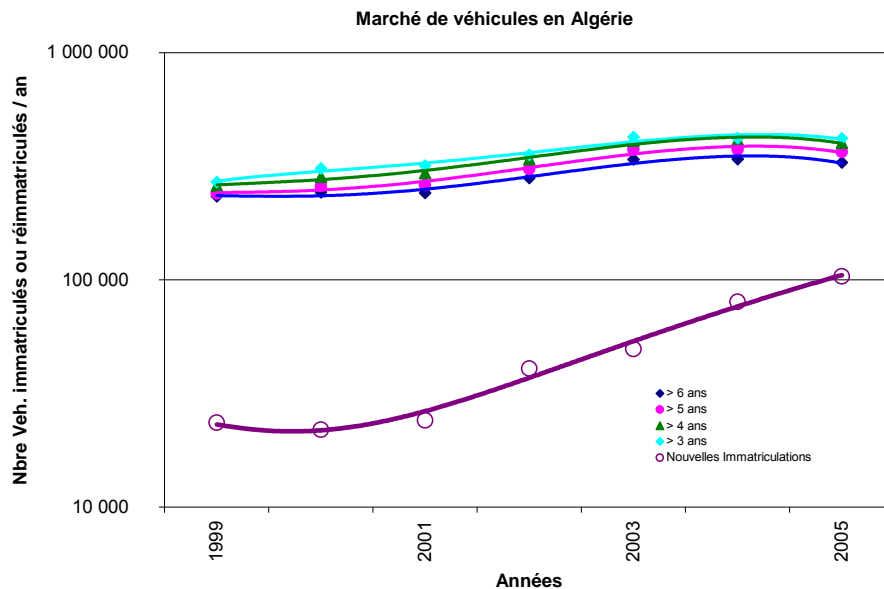


Figure 3 : Evolution du marché de véhicules d’occasion et des nouvelles immatriculations

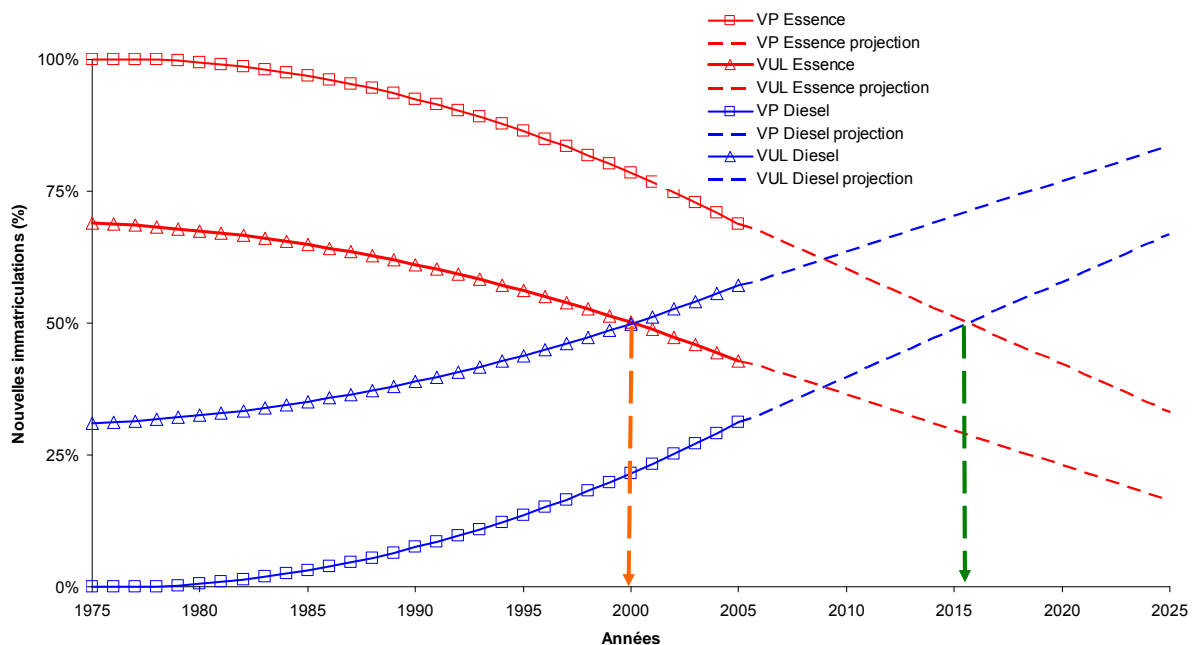


Figure 4 : Evolution des nouvelles immatriculations des VP et VUL par type de carburant (ONS, 2006)

Malgré les efforts d’investissement dans la maintenance au cours de la dernière décennie des années 2000, le pourcentage de routes revêtues en bon état qui est estimé (Banque mondiale, 2005) à 37% demeure bien en deçà de la moyenne enregistrée dans les pays développés de 80%. Les perspectives de développement de la route sont considérables en Algérie telles que prévues par le schéma directeur routier et autoroutier pour la période 2002-2020 (Ministère des travaux publics, 2007) auquel de gros investissements sont déployés. Le projet stratégique vise la réalisation de l'autoroute d’une distance de 1216 kilomètres qui reliera les frontières

Est et Ouest du pays à l'horizon 2009. La rocade des hauts plateaux d'une distance de 1000 km permettra de relier aussi la partie Est Ouest sur les hauts plateaux avec des liaisons avec l'autoroute. La figure 5 montre le réseau autoroutier existant et les projets en cours de réalisation.

Ceci laisse présager que la route continuera à mobiliser la plus grande part des investissements en infrastructures de transport, ce qui va accroître davantage le flux de trafic routier, sachant qu'actuellement plus de 90% des marchandises et des biens sont transportés par route.

Le secteur du transport routier regroupe près de 214000 opérateurs pour le transport de marchandises et de voyageurs avec une offre de charge utile de 2,15 Mt et 1,8 millions de passagers par an. La part du privé, dominante, est de 95% pour la capacité de transport de voyageurs et de 60% pour les marchandises. Ceci montre encore la politique de désengagement de l'Etat vis-à-vis du secteur des transports routiers au profit du secteur privé. Cependant l'Etat n'a pas encore joué son rôle de régulateur et de gestionnaire du trafic et des déplacements.



Figure 5 : Réseau autoroutier algérien (MTP, 2007)

L'intermodalité n'est pas encouragée avec souvent l'absence de bus de transfert aux gares ferroviaires ou de parking aménagés et sécurisés. Pour faire face au problème de la saturation des infrastructures routières, le recours à l'intermodalité paraît nécessaire afin de contribuer à une meilleure utilisation des ressources existantes grâce à l'intégration du transport maritime, du rail et du routier dans la chaîne logistique. Un tel système, s'il est développé, pourrait alléger la pression exercée sur le réseau routier au nord du pays.

2.1. Dérégulation du marché

Devant la pénurie des moyens de transport connue après le crash des transports publics durant la décennie noire des années 90, l'offre de transport présentée par le secteur privé a pu répondre, en partie, quantitativement aux besoins des déplacements de la population.

Toutefois, l'émergence du secteur privé s'est faite sous la pression et dans la précipitation sans réglementation ni encadrement de la profession, ni planification de la part des autorités gouvernementales. La libéralisation brusque du marché du transport urbain a créé une quasi-anarchie sur ce marché.

Une conséquence immédiate de la déréglementation est l'augmentation de l'offre avec de nouveaux véhicules, avec un taux de croissance de 266% pour la période de 1988 – 2002, chose qui a satisfait la population dans un premier temps avec un retour des TC en ville.

Un renversement de situation s'est effectué dans ce secteur en passant du tout étatique au tout privé mais avec une très forte dispersion. Le tableau 1 montre la part du transport privé et public dans le transport routier de voyageurs en Algérie en 2004 (Ministère des Transports, 2007). Ensuite, le nombre d'opérateurs qui a explosé avec un parc très réduit jusqu'à même l'unité, soit un véhicule par opérateur. Le nombre d'opérateurs est de l'ordre de 47 000 avec un parc de 59 000 véhicules de faible capacité d'environ 30 places chacun. En moyenne, il y a 1219 bus par wilaya avec 978 opérateurs par wilaya. Le tableau 2 montre les ratios du transport routier par wilaya qui révèle le caractère artisanal du transport privé avec en moyenne un véhicule par opérateur.

Tableau 1 : Capacités et moyens de transport routier en Algérie (2004)

Catégorie	Type d'opérateurs	Nombre d'opérateurs	Parc véhicules	Capacité de transport
Voyageurs	Public	468 (1%)	1 997 (3,4%)	95 606 passagers (5,3%)
	Privé	46 470 (99%)	56 491 (96,6%)	1 698 088 passagers (94,7%)
Marchandises	Public	59 985 (35%)	76 884 (32%)	869 768 tonnes (40,3%)
	Privé	107 534 (65%)	162 672 (68%)	1 285 536 tonnes (59,7%)
Total global	Privé et Public	214 457	298 044	1,8 10 ⁶ passagers 2,2 10 ⁶ tonnes

Tableau 2 : Ratios des transports routiers (2004)

Secteur	Nbre de véh. / opérateur	Nbre de véh. / wilaya	Nbre d'opérateurs / wilaya	Capacité passagers / véhicule
Public	4,27	42	10	47,87
Privé	1,22	1 177	968	30,05
Total	1,25	1 219	978	30,66

Ce caractère artisanal de transporteur a fait que n'importe qui peut devenir transporteur sans aucune condition préalable ni formation a priori. Ce manque de professionnalisme de la part des opérateurs dans le transport en commun pose de nombreuses difficultés sur le terrain et vis-à-vis de l'administration et des organismes responsables du suivi et de la gestion des transports en commun.

Par manque de gares routières et d'aires de stationnement, certains arrêts par la force des choses sont devenus des gares en plein centre ville, ce qui génère de nombreuses congestions. De nombreux transporteurs ne respectent pas les points d'arrêt, ni le temps d'arrêt provoquant aussi des congestions dans le réseau en différents points d'arrêt.

La dispersion du parc rend extrêmement difficile sa gestion qui s'aggrave par la concurrence qui s'installe entre les différents opérateurs, d'une part. L'administration centrale en aucun cas ne peut assurer le suivi ou le contrôle de ce flux sur le terrain pour assurer le respect de ligne attribuée ou des arrêts laissant place à une véritable anarchie qui s'installe durablement, d'autre part.

Les opérateurs actuels ne sont pas qualifiés dès lors qu'ils n'ont jamais reçu de formation ou bénéficié de stage particulier les initiant aux règles de base du transport urbain de voyageurs. Ceci se traduit par des comportements non professionnels sur le terrain. Compte tenu de leur nombre, de nouvelles règles improvisées s'imposent sur le terrain contre lesquelles il est très difficile de lutter à cause de l'effet de masse et de leur inertie. Cet état d'anarchie du transport urbain a donné naissance à la prolifération du transport informel, qualifié de « taxi clandestin », qui n'est que des taxis sans licence qui échappent à tout contrôle et ne sont soumis au paiement d'aucune charge fiscale. Le tableau 3 donne le nombre d'opérateurs pour quelques villes algériennes à titre illustratif.

Tableau 3 : Nombre d'opérateurs par ville en Algérie en 2003

Villes	Alger	Oran	Annaba	Batna	Skikda	Biskra
Opérateurs	2995	652	325	180	206	97

En 2004, la taille moyenne nationale des entreprises de transport est de 1,2 véhicules par opérateur mettant en évidence le caractère artisanal des entreprises de transport en Algérie à la suite de la libéralisation du marché aux opérateurs privés. En effet, 56% des véhicules existant dans le transport de personnes sont des véhicules de moins de 19 places. Le tableau 4 montre la répartition du nombre de véhicules par nombre de places. Ces véhicules étaient initialement prédestinés au transport rural et se sont vite mis à desservir les zones périphériques des villes à partir du centre ville. Leur faible capacité de transport et leur nombre provoquent non

seulement des embouteillages en ville mais aussi des accidents et des rejets de polluants compte tenu du faible niveau d'entretien et de maintenance.

Tableau 4 : Répartition du parc de véhicules de TC en Algérie selon leur capacité en 2002

Nbre de places	6 à 9	10 à 19	20 à 29	30 à 39	40 et plus
Nbre de véhicules	4740	21314	9494	1582	9006

Initialement l'idée avancée était de créer des emplois et des PME dans le cadre du dispositif « Emploi Jeune ». C'était le début de la chute en cascade des sociétés nationales de transport public à travers le pays. Ces nombreuses sociétés publiques n'étaient pas économiquement rentables pour diverses raisons (tarifs pratiqués fixés par voie administrative, maintien de la desserte des lignes non rentables notamment extra-urbaines et rurales tenant compte de la mission publique qui leur est attribuée, difficultés de gestion par manque de formation et de cadres, vieillissement du parc et non renouvellement de la flotte, absence d'autonomie de gestion avec une forte centralisation de la prise de décision, ...).

Devant cette désorganisation qui arrive toutefois à assurer le transport routier des personnes à plus de 95%, l'administration centrale en charge du secteur est confrontée à un problème triple : incapacité de jouer le rôle de régulateur des transports terrestres routiers, non gestion des nombreux opérateurs, mais aussi un problème de chômage. Il semble que la stratégie adoptée, selon de nombreuses études en cours, vise le soutien à l'émergence de nouveaux opérateurs qui seront soumis à un cahier des charges en milieu urbain où seuls quelques opérateurs assureront le transport, tout et en réorientant les opérateurs actuels (ou ceux restant car on compte sur la concurrence (qualité) dans le temps pour éliminer les opérateurs individuels) vers le transport rural où plusieurs zones reculées restent non ou partiellement couvertes. On compte aussi créer par un tel système un mouvement de regroupement des opérateurs individuels en société disposant d'un parc minimum de bus qui pourront répondre aux exigences du cahier des charges. Devant une telle situation et l'insatisfaction du citoyen, le recours au véhicule individuel paraît la solution idéale à de nombreux citoyens. L'offre très attractive des concessionnaires automobiles, en particulier des véhicules de gammes inférieures, et la possibilité d'achat à crédit ont fait que de nombreux citoyens de la classe moyenne ont eu accès à un véhicule neuf. Cette situation encourage de nombreux citoyens à opter pour l'acquisition d'un véhicule et à gagner non seulement en garantie et liberté de déplacement mais, aussi en qualité, confort et sécurité.

2.2. Saturation du réseau routier

L'Algérie assiste depuis l'année 2000 à une explosion du parc automobile. Le pays est en présence d'une saturation du réseau routier de certaines wilayas notamment celles du Nord.

Le parc roulant est en croissance. La wilaya d'Alger qui est un cas particulier dans le pays de part le fait qu'elle est la capitale où la plupart des sociétés industrielles et commerciales sont domiciliés, a 1/5 du parc national. Il est enregistré en 1990, 1,1 million de déplacements motorisés par jour, en 2004 le double, soit 2,5 millions de déplacements, et s'attend à l'horizon 2020 à quelque 4 millions de déplacements motorisés/jour. La part des transports publics qui raflent 61% de ces déplacements va quant à elle connaître une courbe à la baisse et sera en 2020 de l'ordre de 50%. C'est dire que le citoyen délaissera progressivement le bus, le train et les taxis pour s'orienter vers l'acquisition d'une voiture.

Le taux d'urbanisation en Algérie est en croissance et atteint 60% en 2004 (tableau 5). Si la tendance actuelle se poursuivrait, ce qui est fort vraisemblable en considérant la tendance du taux d'urbanisation établie pour la région méditerranéenne (figure 6) devant l'exode rural vers les grandes villes, et avec une offre de faible qualité de transport public, l'option du véhicule particulier serait de plus en plus privilégiée par les voyageurs. Ceci est encouragé par l'offre commerciale de véhicule particulier, la liberté de déplacement ainsi que la disponibilité des infrastructures routières.

L'Etat doit jouer son rôle dans de telles circonstances afin de réguler et de gérer ce genre de situations par l'aménagement de la voirie et surtout de la gestion du trafic. La gestion nécessite la formation de cadres spécialisés pour mettre en œuvre des PDU.

Tableau 5 : Taux (%) d'urbanisation
(Chadli, 2003, Rachik, 2005)

Pays	1960	1966	1971	1982	1987	1994	1998	2004
Algérie		31.4			49.7		58.3	60
Maroc	29.1		35.1	42.7		51.4		55

La congestion des voies de circulation en zone urbaine constitue non seulement un problème environnemental, mais également économique en raison des pertes de temps occasionnées pour le déplacement des personnes et la livraison des marchandises.

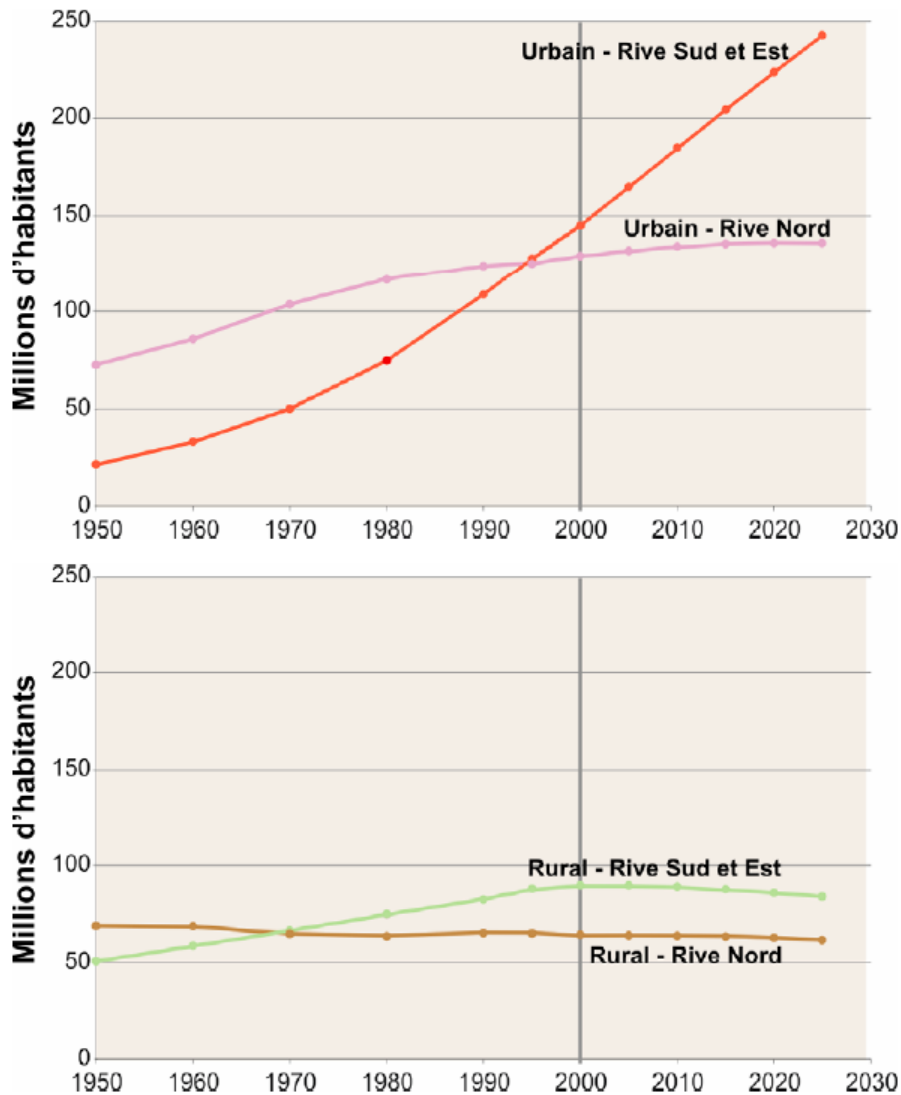


Figure 6 : Evolution de la population urbaine et rurale dans le bassin méditerranéen à l'horizon 2030. (Attané, 2002)

2.3. Gestion du transport urbain

La structure des villes algériennes, notamment des grandes villes caractérisées par une concentration des activités commerciales au centre urbain, draine un nombre de plus en plus important de véhicules utilitaires pour effectuer les livraisons en milieu urbain. Le taux d'occupation de l'espace urbain est très élevé, ne laisse que peu d'espace au stationnement des véhicules, et réduit considérablement la fluidité du trafic en donnant naissance à de nombreuses congestions aux heures de pointe.

Par ailleurs, le stationnement en zone urbaine n'est pas géré par les collectivités locales en Algérie bien qu'il constitue un important manque à gagner pour elles. La réglementation du stationnement en zone urbaine permet non seulement d'améliorer la gestion du stationnement mais aussi d'augmenter les capacités de stationnement. Ceci aurait un effet positif sur le trafic

et permettrait d'assurer un recouvrement aux collectivités locales qui manquent de ressources financières pour l'entretien et le nettoyage de la voirie.

Les difficultés du secteur de transport sont exacerbées par défaut d'application de la planification urbaine. Les schémas d'urbanisme se focalisent souvent sur les logements devant la très forte pression et intègrent rarement les services de bases des nouvelles cités, faisant d'elles des cités dortoirs sans infrastructures de servitude. Les habitants des nouvelles citées construites en périphérie des villes sont contraints de se déplacer vers le centre urbain pour leurs besoins de base.

Les opérateurs en milieu urbain ne desservent que les lignes les plus rentables et aux heures de pointe essentiellement. Quelque soit les affectations de ligne aux opérateurs par l'administration lors de l'attribution de la licence, les opérateurs se rabattent sur les lignes à forte demande et délaissent la ligne attribuée. Ainsi, la couverture du réseau de la ville reste incomplète et l'administration chargée des transports reste impuissante devant le nombre d'opérateurs à contrôler. La nécessité de réorganiser les transports urbains s'impose et l'élaboration d'un PDU avec la participation de l'ensemble des parties prenantes s'avère indispensable pour l'amélioration de l'offre quantitative et qualitative des transports urbains.

L'établissement d'une autorité de régulation des transports est indispensable pour pallier aux lacunes de gestion et d'organisation des transports en Algérie. Le PDU est un plan qui vise à définir, dans les périmètres de transports urbains, les principes d'organisation des transports de personnes et de marchandises, de circulation et de stationnement, avec un objectif d'usage équilibré des modes, de promotion des modes moins polluants et économes en énergie.

Ce plan n'intègre guère la problématique environnementale, compte tenu de la complexité intrinsèque du secteur. C'est plutôt dans une optique purement trafic que le plan vise à améliorer la fluidité du trafic en zone urbaine. C'est un secteur avec une dimension horizontale impliquant de nombreux autres secteurs (tels que les travaux publics, les collectivités locales, industrie et commerce, police, gendarmerie, ...) et un grand nombre d'utilisateurs (particuliers, professionnels, officiels, ...). Cette prise en compte nécessite une approche globale pour l'amélioration des performances des transports dans une logique de développement durable.

La loi relative à l'organisation des transports terrestres stipule dans son article 40 que les transports terrestres de personnes sont organisés dans le cadre d'un plan de transport national, de wilaya et urbain. (JORADP n°1-13 du 07/08/2001). Ce plan constitue un instrument d'orientation et de développement des transports terrestres à moyen et long termes. Ils définissent les moyens à mettre en œuvre en termes d'infrastructures, d'équipements et de services ainsi que l'organisation générale des systèmes de transport, en vue de satisfaire la

demande actuelle et future de transport dans les meilleures conditions de sécurité, de coût et de qualité de service. Cependant, le plan de transport de wilaya n'est élaboré que pour des besoins de programmation budgétaire. Il n'est pas conçu comme outil effectif de gestion des transports de la wilaya. Le plan de transport urbain vise le développement des moyens et infrastructures de transport tandis que le PDU vise l'organisation et la gestion des transports pour assurer le déplacement de la population en zone urbaine. L'enjeu majeur est d'assurer un équilibre durable entre les besoins en matière de mobilité et de facilité d'accès d'une part, et la protection de l'environnement et de la santé d'autre part.

3. Impacts sur l'environnement

Dans la plupart des pays du Maghreb, on observe une prise de conscience de la dégradation de la qualité de l'air en milieu urbain et de ses effets sur la santé (Azri , 2002 ; Nejjari , 2003 ; Atek , 2004 ; Laid , 2007) dus aux émissions du trafic routier. En Algérie, trois réseaux de mesure de la qualité de l'air sont installés (Aoudia, 2005) ; il en est de même à Tunis (World Bank, 2004) et à Casablanca (Ouldbba, 2002). Cependant, la nécessité d'identifier les émissions unitaires de chaque catégorie de véhicule devient indispensable pour toute nouvelle politique de gestion du trafic et d'utilisation de modèle de qualité de l'air. Les émissions polluantes des véhicules en circulation constituent non seulement un problème de qualité de l'air dans des villes telles qu'Alger (Mayer, 1999 ; Kerbachi , 2003, 2006 ; Boughedaoui , 2004) mais aussi une source en constante croissance de gaz à effet de serre, notamment dans les pays en développement (PED) (Schafer, 2000 ; Sausen , 1998 ; Metz, 2005 ; Corvalan, 2000 ; Badami, 2005). Il faut rappeler dans ce contexte que les activités liées au transport sont en 2004 à l'origine d'environ 25% (UNFCCC, 2007) des émissions globales des gaz à effet de serre, avec le taux de croissance le plus important - de 24% - de 1990 à 2004 (UNFCCC, 2006). Selon les audits environnementaux réalisés dans 11 villes méditerranéennes (MedCities) (www.medcities.org) la majorité des pays méditerranéens du Sud et de l'Est considèrent la pollution atmosphérique comme un problème prioritaire à prendre en charge. La faible efficacité énergétique, la vétusté et la forte pollution émise par le parc automobile, sont en partie responsables de la dégradation de la qualité de l'air urbain avec des effets sur la santé publique, la dégradation des sites historiques, la dégradation des écosystèmes et globalement la réduction de la qualité de la vie. Les résultats d'une étude (Kerbachi, 1998) menée de juillet 1992 à août 1993 en mesurant les NO_x et l'ozone en plusieurs sites de proximité à Alger ont mis en évidence les niveaux atteints par la pollution photo-oxydante variant de 100 à 135 ppb en été et variables selon le trafic de véhicules. La figure 7 montre le cycle moyen de formation d'ozone au cours d'une journée. Les deux pics observés mettent en évidence la relation avec le trafic coïncidant avec le pic du matin et du début d'après midi.

Ces mêmes résultats ont permis par ailleurs de mettre en évidence la part du trafic routier dans la pollution de la ville d'Alger par la mesure en deux périodes avec un trafic très contrasté. Le mois de Ramadhan en Algérie, un mois sacré bien ancré dans la tradition, est assez particulier en termes de trafic routier puisque la quasi totalité du trafic s'arrête pour au moins une heure pour reprendre juste après la rupture du jeûne. En 1993, ceci a coïncidé avec une période où le couvre feu a été instauré pour des raisons sécuritaires entre 23 heures et 5 heures du matin. Ainsi avec ces deux points d'arrêt et de reprise de la circulation, tout le trafic s'arrêtait vers 18 heures, heure de rupture du jeûne pour reprendre une heure après vers 19 heures et puis s'arrêter de nouveau vers 23 heures jusqu'au matin. La comparaison (figure 8) montre l'apparition d'un troisième pic de monoxyde d'azote après la rupture du jeûne qui est dû à la reprise du trafic automobile en soirée. Par différence entre les niveaux enregistrés en période normale et en période de Ramadhan, on estime la part attribuable uniquement au trafic routier qui est évalué à 85%. Les autres sources de pollution fixes n'étant que partiellement ou pas influencées par le mois de ramadhan ni le couvre feu.

En Algérie, on ne dispose pas encore d'études épidémiologiques spécifiques sur les relations entre les niveaux de pollution mesurés et des indicateurs de santé notamment cardio-respiratoires. Cependant, deux études réalisées au cours des dernières années par l'Institut National de Santé Publique d'Alger (INSP) ont mis en évidence la place importante tenue par les maladies respiratoires chroniques dans la pathologie générale.

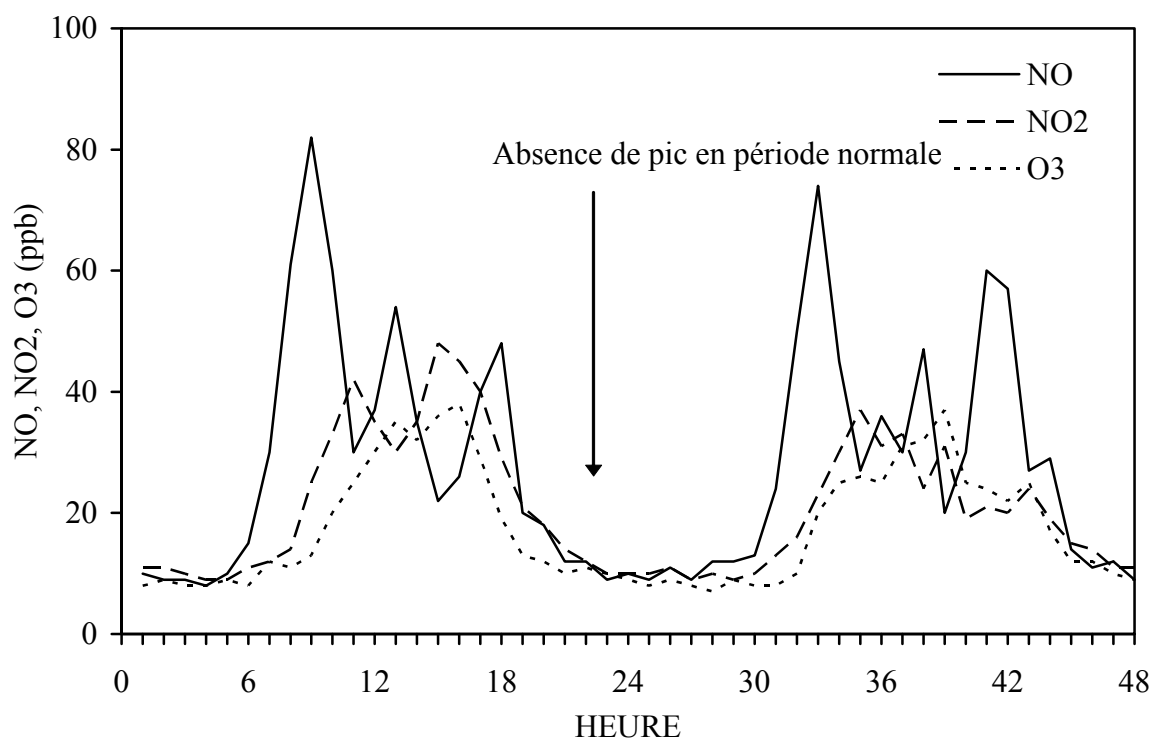


Figure 7 : Profil journalier des concentrations en période normale (Kerbachi, 1998)

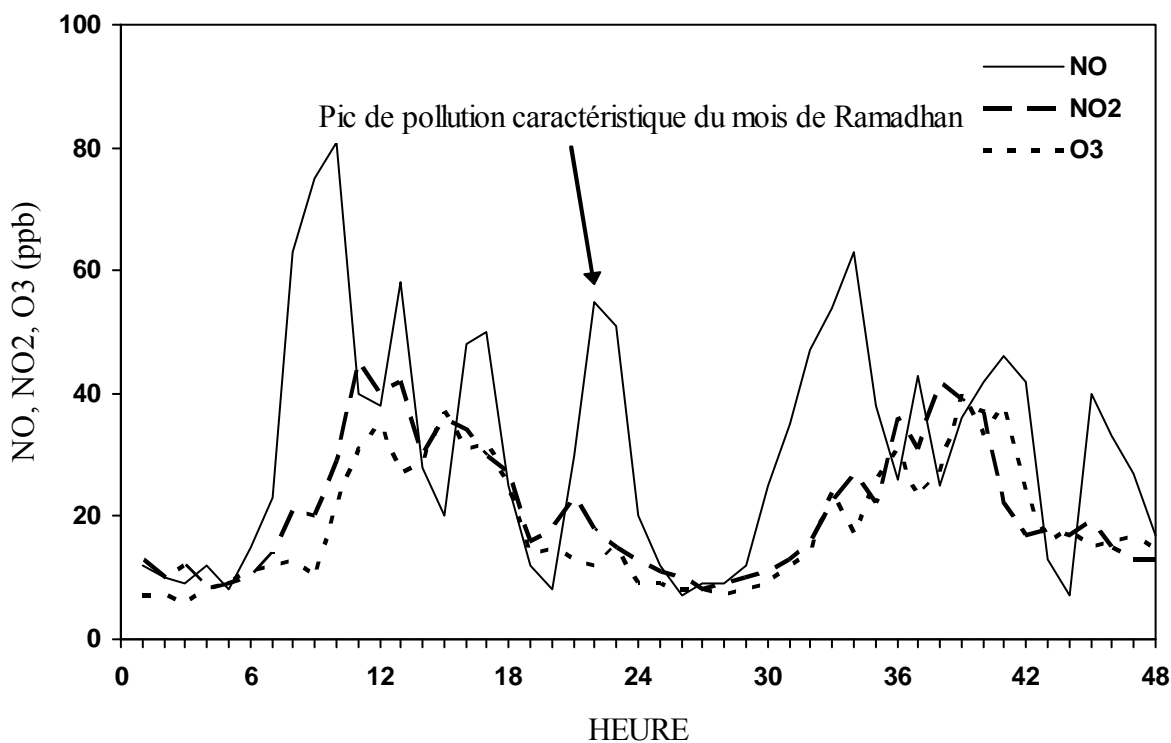


Figure 8 : Profil journalier des concentrations en période du mois de ramadhan (Kerbachi, 1998)

L'étude du plomb minéral véhiculé par les particules totales en suspension dans l'agglomération d'Alger a révélé que le trafic routier est à l'origine d'une importante pollution plombifère (Boughedaoui, 2004). Au centre-ville, dans les rues de type "canyon", les teneurs en plomb atmosphérique s'élèvent en moyenne à plus de $0,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ avec des maxima de l'ordre de $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Les teneurs de BTEX mesurées à Alger (Kerbachi, 2006) montrent des niveaux en benzène et toluène de 27 et $39 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ respectivement en site de proximité. Ces concentrations sont deux à trois fois supérieures à celles mesurées en site urbain de fond, mettant en évidence l'ampleur de l'influence des émissions du trafic routier. Le tableau 6 montre les niveaux moyens et extrêmes atteints à Alger pendant la campagne de mesure en 1997-1998.

Tableau 6 : Concentrations de BTEX mesurées à Alger ($\mu\text{g.m}^{-3}$)

Sites	Paramètres	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	(m,p)-Xylene	o-Xylene	BTEX
proximité	Moyenne (ET)	27.1 (11.7)	39.2 (14.9)	6.3 (4.3)	19.2 (8.6)	7.6 (4.0)	99.4 (36.4)
	Minimum	9.6	12.4	0.8	3.5	0.7	38.6
	Maximum	57.2	76.9	16.2	31.7	17.7	181.8
Urbain	Moyenne (ET)	9.6 (4.3)	15.2 (5.3)	0.9	3.2 (2.9)	n.d.	28.9 (13.2)
	Minimum	4.2	8.9	n.d.	0.7	n.d.	14.7
	Maximum	17.1	21.9	5.9	6.3	n.d.	52.8
Semi-rural	Moyenne (ET)	6.5 (0.9)	13.7 (2.6)	0.8 (0.5)	4.4 (2.8)	n.d.	25.4 (5.7)
	Minimum	5.5	10.4	n.d.	0.8	n.d.	17.9
	Maximum	8.3	17.4	2.6	8.7	n.d.	35.3

(n.d.: non détecté E.T. : Ecart-Type)

L'Enquête Nationale de Santé de 1990 a montré que les maladies respiratoires occupaient la première place des causes de morbidité ressentie (35,7%) et des motifs de consultations (27,2%) et le second rang parmi les motifs d'hospitalisation, dans la population générale. Les maladies chroniques de l'appareil respiratoire y tenaient une place importante (18,4%), l'asthme étant l'affection la plus répandue (plus de la moitié de ces affections).

De récentes études épidémiologiques corrélées par des mesures de pollution atmosphérique (Atek, 2006 ; Laid, 2007) montrent que de nombreux enfants et personnes âgées, notamment les asthmatiques, ont des difficultés respiratoires et des crises en période de pic de pollution. Par ailleurs, le nombre de consultations hospitalières par secteur sanitaire est fortement lié au niveau de pollution mesuré et est en pleine croissance lors d'épisode de pollution (Laid et al, 2006). Le nombre de consultations attribuables à la pollution de l'air par les particules (PM10) est de 4,5% de l'ensemble des événements sanitaires observés au cours de la période d'étude, qui est caractérisée par un niveau de pollution supérieur à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans plus de 63% des cas.

La part des accidents de la route est la partie la plus apparente comme résultante de la croissance du parc véhicule. Le nombre d'accidents routiers est en croissance continue et le

nombre de décès sur route l'est aussi avec une croissance de 15% en 2006 (Gendarmerie nationale, 2007) contrairement aux estimations prévues, laissant présager un recul des accidents routiers et du nombre de morts avec le rajeunissement du parc automobile algérien. Le trafic automobile pose donc aujourd'hui de réels problèmes de sécurité et de santé publique.

On compte plus de 4000 morts par an, classant l'Algérie parmi les pays où les accidents de la circulation routière constituent une des causes de mortalité la plus élevée. En Afrique, le taux d'accidents mortels par véhicule immatriculé est 8 à 50 fois plus élevé que dans les pays du nord. On attribue souvent au non respect de la réglementation les causes des accidents, mais aucune étude scientifique rigoureuse d'analyse fine des causes des accidents n'est faite à ce jour, encore moins quant aux conditions psychologiques. Même si les accidents imputables à des défaillances mécaniques ne représentent que 6 % du total, le parc national automobile demeure caractérisé par une très grande vétusté.

Selon les estimations de la Banque mondiale (2004), la part des coûts annuels des impacts sur l'environnement en Algérie dûs seulement à la pollution de l'air et aux émissions de gaz à effet de serre sont de 2% du PIB tandis que toutes les sources de pollution confondues représentent 5,5% du PIB. Ceci montre l'importance (figure 9) des coûts des différents impacts causés et le rang de l'Algérie par rapport aux autres pays comparables et limitrophes.

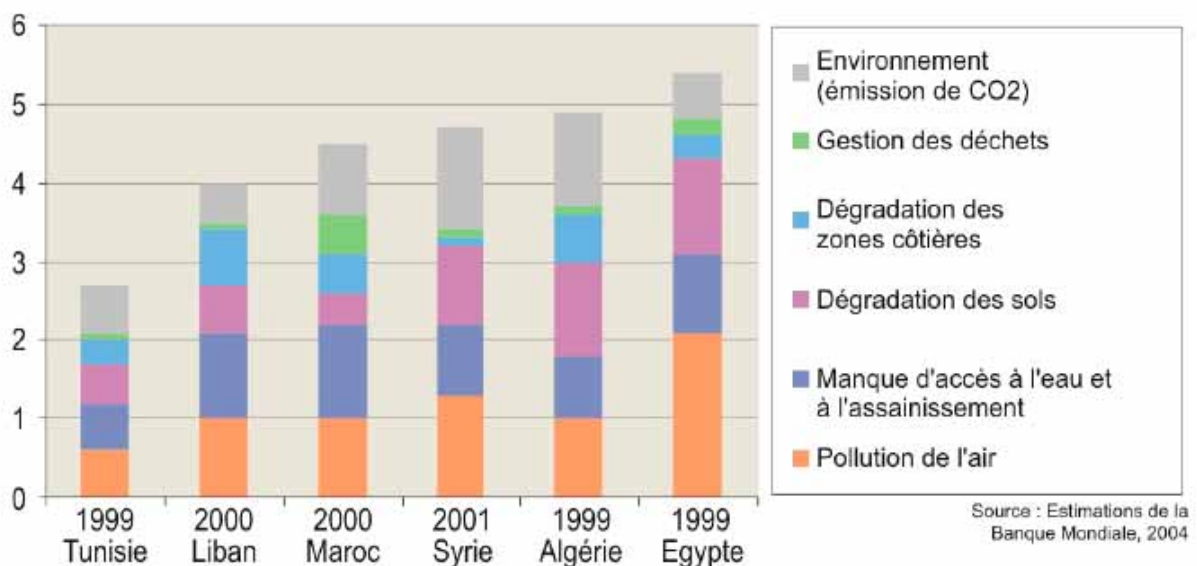


Figure 9 : Part du PIB des dommages liés à la dégradation de l'environnement dans différents pays méditerranéens

4. Conclusion

En Algérie, le transport routier est le moyen de transport le plus usuel, que ce soit pour le transport de personnes ou celui de marchandises : environ 85% des déplacements de personnes s'effectuent par voie routière. Le gouvernement a opté pour le renforcement du transport public lourd tel que le ferroviaire et le développement des infrastructures routières et a autorisé les concessionnaires automobiles à s'installer dans le pays. Dans les grandes agglomérations urbaines, des chantiers de nouveaux moyens de transport ont été initiés. A Alger, le métro est en phase de finalisation ; de nombreux projets de tramway et de télécabines sont prévus afin de réduire la pression sur le routier dans certaines grandes villes qui connaissent déjà la saturation. Le développement des infrastructures routières révèle la stratégie choisie par le gouvernement qui a misé dans son plan d'aménagement du territoire sur le routier comme solution principale à court et moyen terme. La réception en 2009-2010 du réseau autoroutier d'Est en Ouest et le développement de la rocade des Hauts Plateaux avec des pénétrantes la liant à l'autoroute au nord du pays permettront, en désenclavant l'intérieur du pays, de fixer les populations et de créer les bases d'un développement économique durable.

Dans les grands centres urbains, où les transports en commun ne sont ni commodes, ni suffisamment développés et où règne une désorganisation totale du transport, le recours au véhicule individuel paraît la solution idéale à de nombreux citoyens. Devant l'offre très attractive des concessionnaires automobiles, en particulier pour les véhicules de gammes inférieures, et la possibilité d'achat à crédit qui connaît un très grand succès, de nombreux citoyens de la classe moyenne ont accès à un véhicule neuf. Cet acquis leur permet non seulement de gagner en garantie et liberté de déplacement mais aussi en qualité, confort et sécurité. En contrepartie, ceci génère un accroissement rapide du parc automobile, provoquant une saturation du réseau routier, une demande croissante en carburant et indéniablement une intensification des émissions polluantes.

Des estimations de la Banque Mondiale montrent que les coûts annuels moyens liés à la dégradation de l'environnement au Maghreb varient entre 3 et 5% du PIB. En Algérie, la part de la pollution de l'air et des émissions de CO₂ avoisine 2,5% du PIB (World Bank, 2004). Ceci reflète l'importance de la part de la pollution de l'atmosphère et des autres coûts externes associés à l'impact de toutes les formes polluantes de l'air (santé de la population, agriculture, etc.).

On constate par ailleurs que dans les pays méditerranéens (rives sud et nord) la croissance des trafics a été très supérieure à la croissance démographique et économique entre 1970 et 2000 :

4,9 % par an pour les passagers et 3,8 % pour les marchandises (hors maritime). L'accroissement des trafics a été essentiellement celui des déplacements routiers, qui en 1999, représentaient 88 % des déplacements terrestres de voyageurs et 82% des transports de marchandises. Pour la ville d'Alger, on estime que les déplacements motorisés sont passés d'environ 1 million/jour en 1990 à plus de 2 millions/jour en 2005 (Ministère des transports, 2007). A l'horizon 2025, des scénarios tendanciels annoncent une très forte croissance des pressions : multiplication par 2,6 des trafics de fret terrestres et par 3,7 des trafics fret maritimes et un quasi doublement du trafic voyageurs. La motorisation de masse (automobiles) devrait se généraliser au Sud avant 2025 (Benoit et Comeau, 2005). Cette évolution exponentielle aura de lourds impacts en termes de congestion, d'émissions de gaz à effet de serre (GES), de pollutions locales de l'atmosphère et de nuisances sonores.

Il apparaît inéluctable entre, d'une part, le désir et le besoin d'accroître et d'améliorer la mobilité des personnes et des biens, et d'autre part, la nécessité de réduire la pollution générée et les autres impacts sur l'environnement. On est ainsi en face d'une trilogie interdépendante des transports, de l'énergie et de l'environnement :

- *Transport* : la mobilité est profondément ancrée dans la société contemporaine, il y a nécessité d'accès au transport pour les besoins de la vie quotidienne mais aussi économique. Le transport est en croissance permanente.
- *Energétique* : la consommation de carburant est en nette croissance au point où la production nationale ne répond plus à la demande, d'où la nécessité d'investir dans de nouvelles raffineries pour satisfaire la demande du marché interne. Devant cette situation, le gouvernement tend vers l'augmentation graduelle des prix pour réduire la consommation de gasoil et encourager les carburants alternatifs notamment gazeux.
- *Environnemental* : les émissions polluantes et de gaz à effet de serre contribuent à la dégradation de la qualité de l'air notamment dans les grandes villes. L'élimination des points noirs pour améliorer la fluidité (construction tout azimuth de trémies) ne réduira pas la pollution, car cela engendre un trafic plus intense.

Chapitre II - Analyse du parc de véhicules

1. Synthèse bibliographique

En Algérie, le seul organisme officiel qui dispose des données du parc véhicule national est l'Office national de statistiques (ONS). Cet organisme est chargé de la collecte, du traitement et de la publication des données du parc annuellement. Cependant, le traitement des données du parc n'est pas basé sur une analyse technique du parc mais sur des statistiques. L'ONS n'étant pas un organisme spécialisé dans le transport, il collecte et synthétise les données pour les mettre à la disposition des utilisateurs conformément à ses missions. Les données sont traitées telles que reçues de la part de ses sources primaires en provenance des 48 wilayas et des douanes algériennes. Devant cette source unique de données relative au parc automobile, et les nombreuses anomalies observées lors de l'analyse du parc et de son évolution dans le temps, il est devenu impératif de développer une méthodologie non pas pour l'analyse des données de l'ONS mais pour exploiter rationnellement ces données. L'objectif de cette méthodologie est de comprendre le protocole de gestion de cette base de données et de connaître ainsi la limite d'utilisation de ces données pour une exploitation rigoureuse. Le parc de l'ONS est un parc administratif à utiliser comme un élément de base et à compléter par d'autres données pour la construction d'un nouveau parc pour les besoins de la recherche scientifique sur les transports routiers.

L'O.N.S. publie régulièrement des bulletins semestriels et annuels (<http://www.ons.dz>), contenant les différentes statistiques sur le parc automobile :

- les nouvelles immatriculations et ré-immatriculations par genre et par année de véhicules,
- la répartition par genre de véhicules et par type de carburant,
- la répartition par genre de véhicules et par puissance,
- la répartition par genre de véhicules et par charge.

Les séries de données de l'ONS ne sont pas complètes et contiennent des lacunes dans les années antérieures. La mise à jour de la base de données accuse toujours un retard par rapport à l'année en cours à cause d'un décalage dans la collecte de données.

D'autre part, les données de l'ONS proviennent de sources administratives officielles qui réglementairement n'ont pas le droit de retirer de la base un véhicule pour lequel une carte est délivrée à une date donnée sans la remise de cette dernière par le propriétaire pour l'annuler. Tous les véhicules âgés et accidentés ne sont pas retirés de la base pour des considérations réglementaires faisant de ce parc un parc cumulatif non destructif. Le parc ONS ne donne donc pas une image réelle du parc en circulation en Algérie.

Le recours à d'autres sources de données est un impératif pour concevoir un parc réaliste reflétant le parc réel en circulation.

La recherche bibliographique a montré l'inexistence de publications scientifiques relatives à la composition du parc automobile algérien et encore moins son vieillissement ou kilométrage par âge et catégorie de véhicule. Au niveau de certaines administrations concernées par le transport routier en Algérie, tous les rapports sur le parc automobile se basent uniquement sur le parc de l'ONS et les enquêtes effectuées par des bureaux d'études pour les besoins de certains projets de réalisations routières. Cependant, ces études sont réalisées sur de courtes périodes et sur un échantillon limité en nombre de véhicules et en nombre de sites et de villes. La méthodologie suivie n'est que partiellement décrite et les résultats présentés sont très agrégés, ne permettant pas d'exploitation ultérieure.

La motorisation est en pleine croissance à travers le monde tant dans les pays en développement que dans les pays développés. Le taux de croissance de la motorisation dans les pays développés a sensiblement diminué durant les années 2000 par comparaison aux années 80 et 90, mais le niveau de motorisation reste très élevé par rapport aux pays en développement. Ceci s'explique par un taux d'équipement déjà élevé d'au moins un véhicule par ménage (un véhicule pour deux personnes) qui se rapproche de la saturation, et par une offre de transport en commun fort importante par rail, en bus, tramway ou ferries. En revanche, dans les pays en développement, le taux de motorisation n'atteint pas les 80 véhicules pour 1000 personnes dans les pays les plus motorisés. Le taux de croissance de la motorisation dans les pays en voie de développement et notamment les pays émergents est important (figure 10) tandis que la croissance de la motorisation dans les pays de l'OCDE se stabilise ou connaît une nette baisse (figure 11).

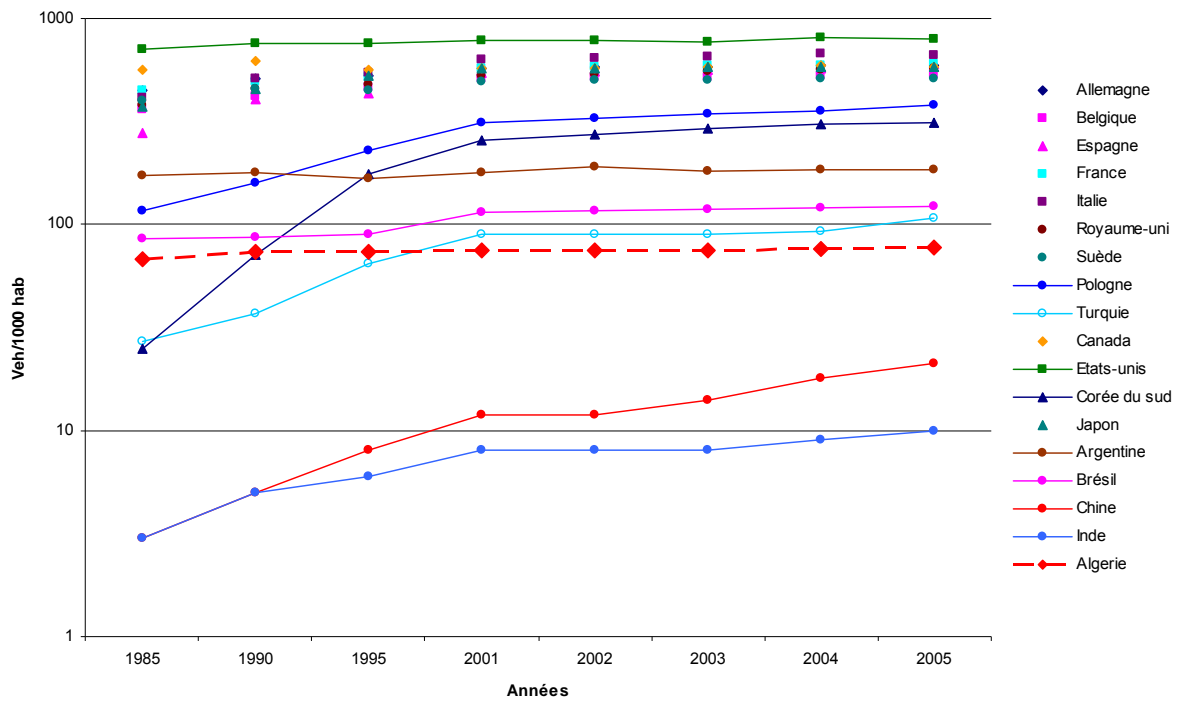


Figure 10 : Evolution de la motorisation dans les pays de l'OCDE et PED (CCFA, 2007)

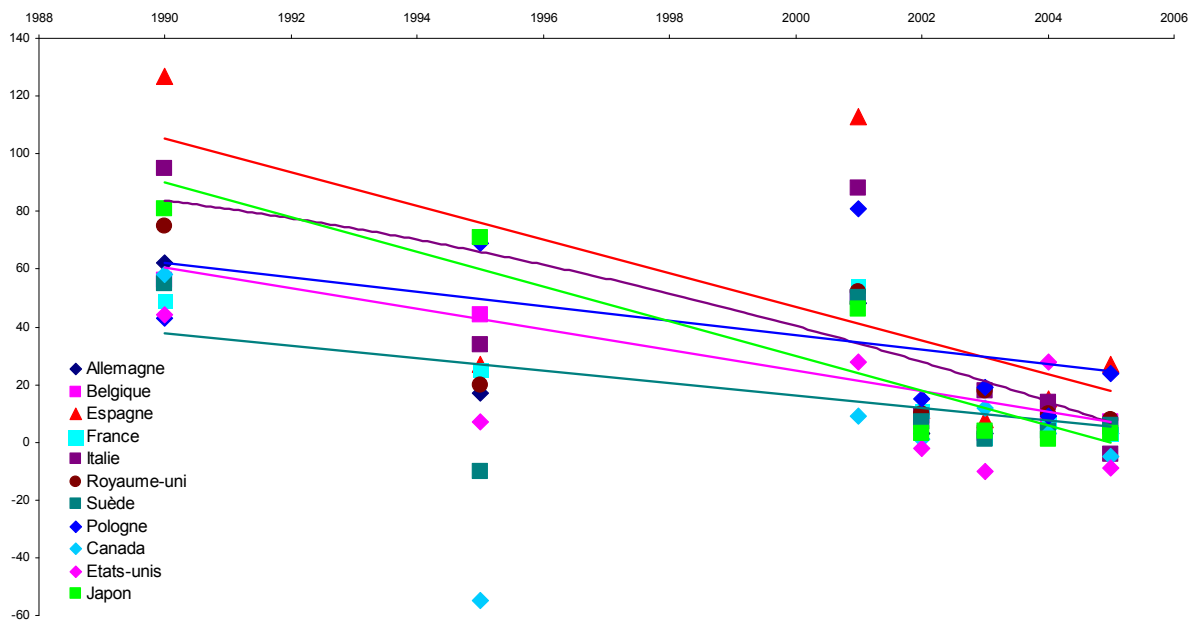


Figure 11 : Ecarts interannuels de la motorisation dans les pays de l'OCDE (CCFA, 2007)

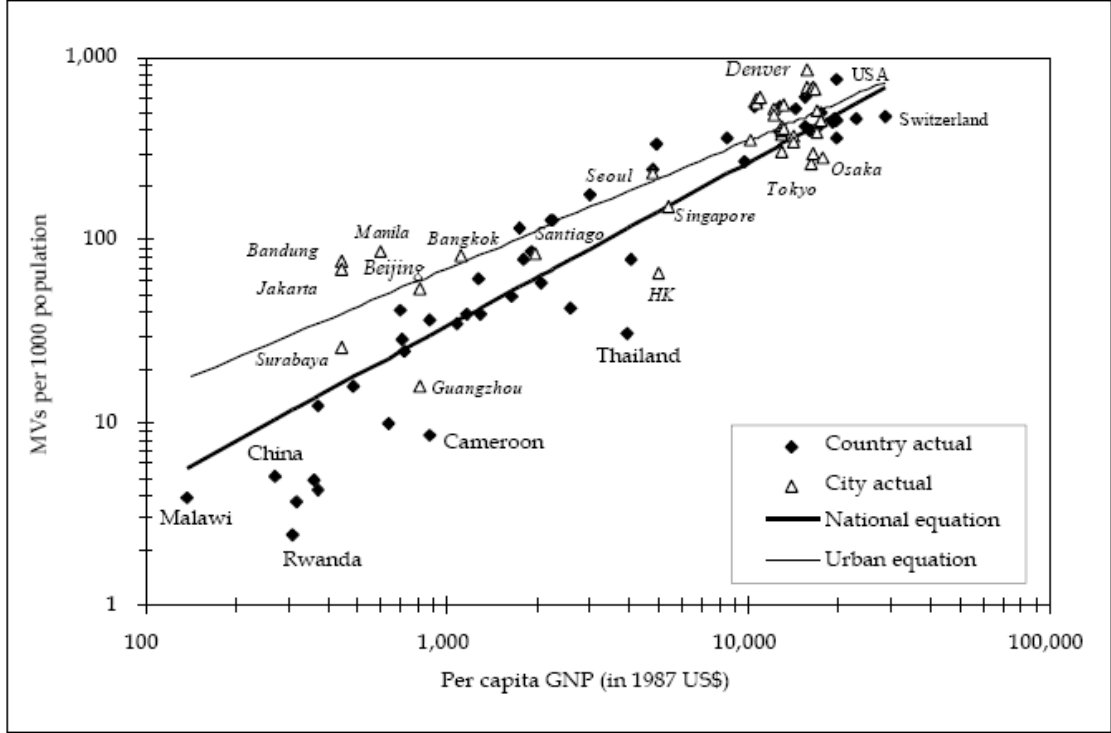
1.1. Relation PIB-motorisation

Le PIB est un facteur qui est souvent pris comme indicateur de la motorisation à travers les pays (Ingram, 1997). Il est généralement très bien corrélé avec la croissance du parc d'un pays donné (figure 12). Le pouvoir d'achat des Algériens en moyenne s'est accru depuis la relance

économique et les salaires se sont aussi améliorés tant dans le secteur public que privé. Le produit intérieur brut par habitant (PIB) a augmenté de 73% en dix ans en passant de 1499,6 \$US en 1995 à 2626,5 \$US en 2004 selon l'ONS (2007). Le PIB ne cesse de croître mis à part deux périodes de stagnation traduisant la période de récession économique pour des raisons sécuritaires qu'a connu le pays et le programme de relance économique avec les fluctuations des cours du pétrole respectivement.

Globalement, la motorisation en Algérie a évolué dans le même sens que le PIB jusqu'à 1987 où le PIB a chuté mais la croissance de la motorisation s'est poursuivie jusqu'à 1996 année de reprise du PIB (figure 13). On constate que le PIB pendant cette période n'affecte pas la motorisation en Algérie (figure 14) contrairement au modèle général établi (Ingram et al, 1997).

Figure 1. Per Capita Income and Motor Vehicle Ownership in 50 Countries and 35 Cities



Note: Both Axes are in logarithms, and the slope of a line on such a diagram is the elasticity. A straight line indicates a constant elasticity.
 Source: Ingram and Liu, "Vehicles, Roads, and Road Use."

Figure 12 : PIB et motorisation dans quelques villes et pays dans le monde

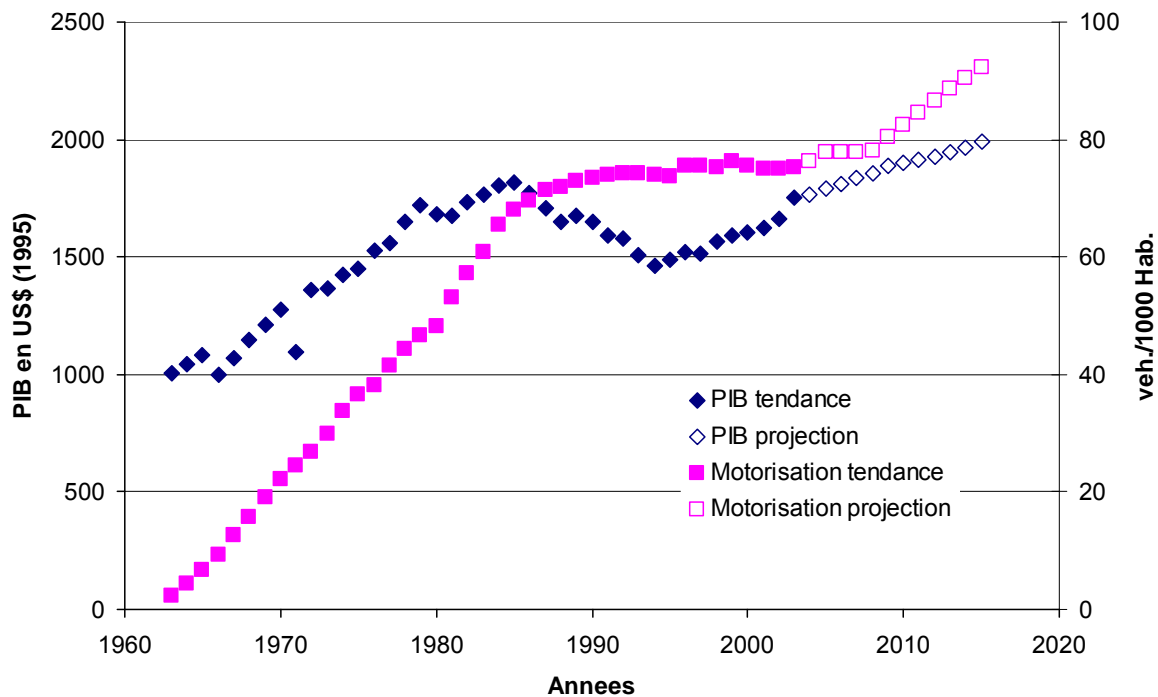


Figure 13 : Evolution de la motorisation et du PIB en Algérie entre 1963 et 2005

Ceci s'explique par deux raisons économiques que connaît l'Algérie en cette période où le PIB ne reflète pas la réalité du pouvoir d'achat des Algériens.

Dans le cas de pays en développement et pétroliers où l'exportation de gaz et pétrole constitue plus de 95% de ses recettes, le PIB est un bon indicateur de la tendance de l'économie à l'échelle macroéconomique mais il ne l'est pas à l'échelle microéconomique. On remarque sur la figure 13 que durant les années 2000 correspondant à de fortes recettes de l'État (fort prix du pétrole), l'évolution de la motorisation ne suit pas celle du PIB, contrairement à ce qui est observé dans d'autres pays. Par ailleurs, la part de l'économie informelle dans l'économie nationale est estimée à hauteur de 35% selon un rapport de l'OCDE sur l'Algérie (OCDE, 2007) et échappe à toutes les statistiques. Ainsi, le PIB ne reflète pas la richesse réelle de la population et n'est pas très bien corrélé avec la croissance de la motorisation. Il serait représentatif de la richesse de la population s'il était établi hors hydrocarbures et en intégrant l'économie informelle.

Cette exception révèle que dans certaines conditions particulières, la baisse du PIB n'entraîne pas forcément un recul de la motorisation mais une stabilisation ou une croissance à un taux plus réduit comme ça été le cas en Algérie. Economiquement, ceci s'explique par la dotation budgétaire des ménages au véhicule qui prend une importance capitale devant l'insécurité des moyens de transport en commun et la désorganisation et l'absence totale d'offre de transport en commun.

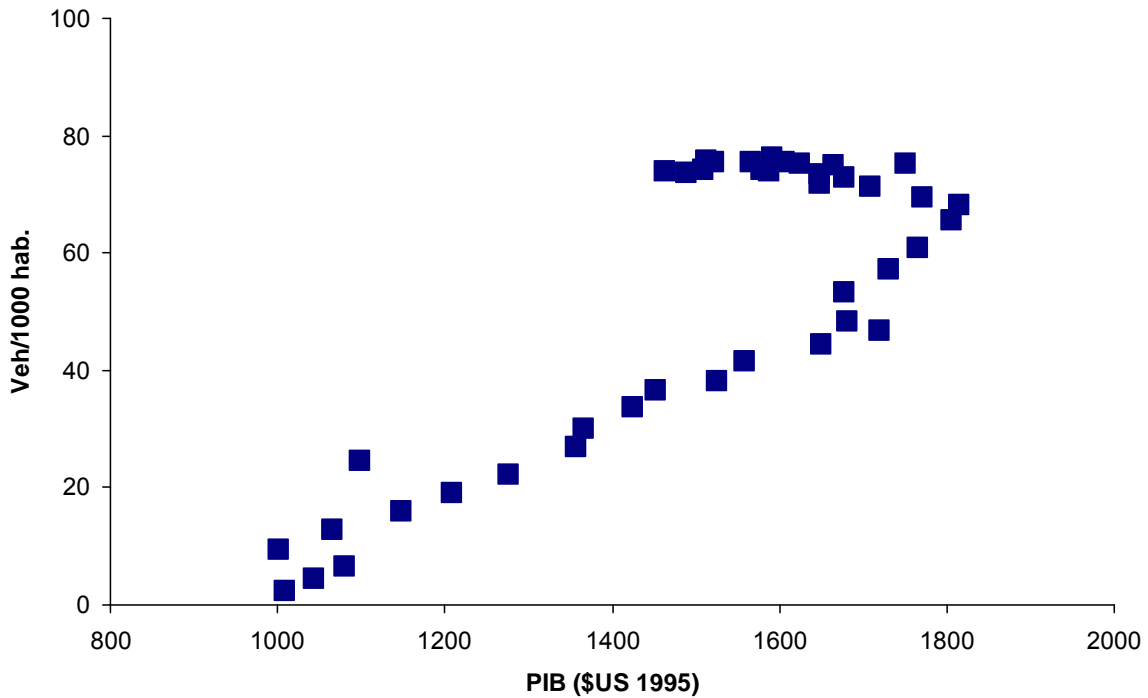


Figure 14 : Influence du PIB sur la motorisation en Algérie

Le PIB n'est pas bien corrélé avec la motorisation (figure 14), cependant il est bien corrélé avec les nouvelles immatriculations. La croissance du nombre de véhicules nouvellement immatriculés est directement proportionnelle au PIB. Ces nouvelles immatriculations ont fait plafonner les prix des véhicules d'occasion, ce qui n'était pas le cas dans le passé, où on assistait à une augmentation des prix de l'occasion en fonction de son état. Cette situation prévalait devant la rareté du produit en l'absence de concessionnaires et de construction locale : tous les nouveaux véhicules étaient importés de l'étranger par un nombre limité de personnes disposant de moyens financiers et des autorisations appropriées. De 1984 à 2005, une forte importation de véhicules d'occasion de moins de trois ans d'âge en provenance d'Europe a eu lieu à destination de l'Algérie. La loi de finance 2005 a mis fin à l'importation de véhicules d'occasion, cédant la place au marché de véhicules neufs. Les véhicules d'occasion importés de l'étranger étaient revendus à des prix élevés par rapport au prix d'achat en Europe ce qui en faisait un commerce très florissant.

1.2. Motorisation et densité de population

Le niveau de motorisation d'un pays ou d'une ville est aussi influencé par la densité de population. En effet la motorisation nécessite de l'espace pour le réseau routier. La saturation réduit la croissance de la motorisation.

La figure 15 illustre la motorisation selon la densité de population en différents pays et villes asiatiques, américains et européens. Les villes américaines sont très motorisées compte tenu

de l'espace disponible et donc de la faible densité de population en dehors des mégapoles. A l'inverse les villes asiatiques connaissent un faible taux de motorisation à cause de la forte densité de population. Les aspects énergétiques, de mobilité et d'environnement dépendent étroitement de ces densités de population et du taux de motorisation (Hayashi, 1998). Généralement, une ville compacte a besoin de moins d'énergie, car la distance quotidienne parcourue y est plus courte (figure 16). La problématique est ainsi posé : si on opte pour le transport routier dans une ville ayant une forte densité de population, le taux de motorisation augmente pour satisfaire la demande croissante de la population pour atteindre la saturation due au manque d'espace sur le réseau routier pour les véhicules. La motorisation est limitée par l'espace disponible qui est lui même limité. Il en découle deux configurations extrêmes: les villes à forte densité de population ont un taux de motorisation faible et une consommation énergétique relativement basse. La circulation connaît beaucoup de congestion, ce qui pose un problème de pollution dues aux émissions et une forte exposition aux polluants générés. Les villes par contre à faible taux de densité de population peuvent avoir un taux de motorisation élevé mais conduisent à une consommation énergétique élevée.

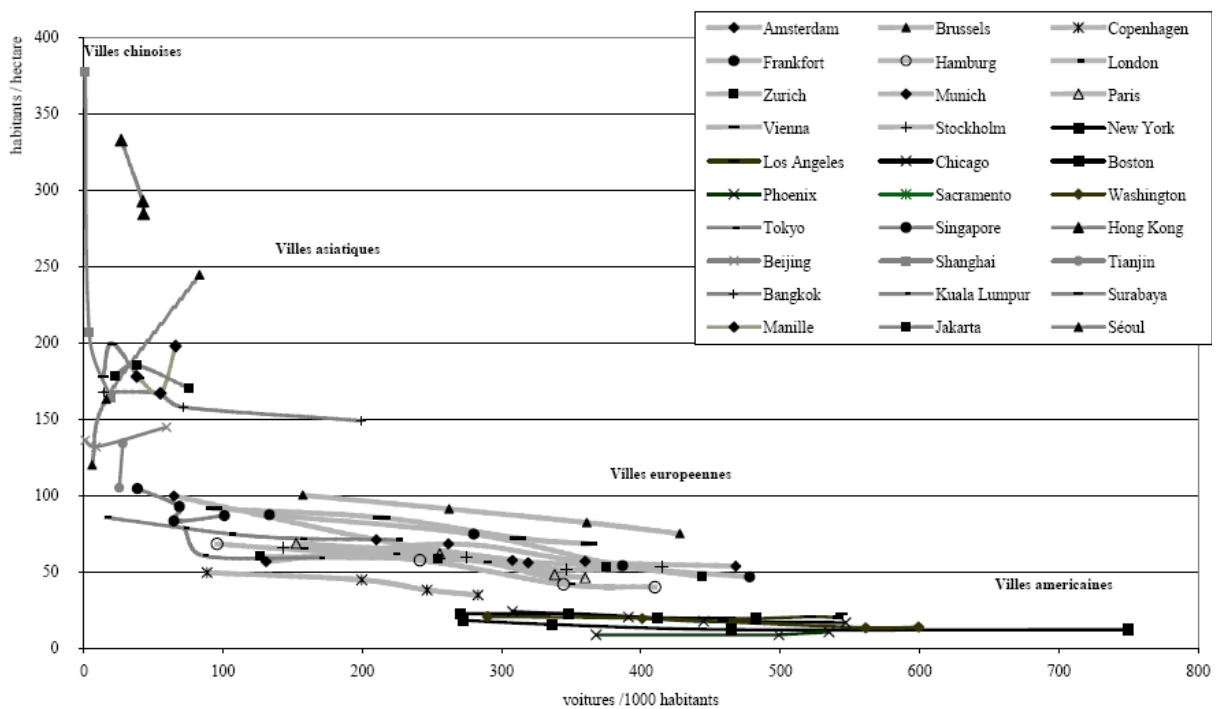


Figure 15 : Corrélation entre motorisation et densité de population dans le monde (Allaire, 2006)

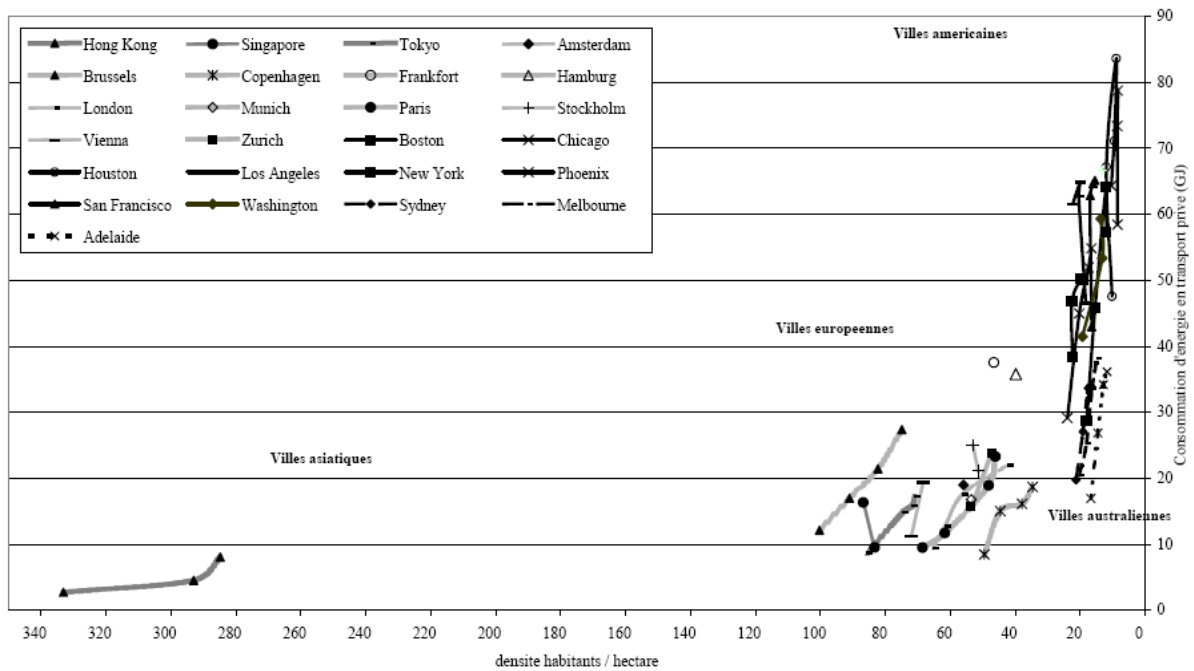


Figure 16 : Densité de population et consommation d'énergie des véhicules particuliers (Allaire, 2006)

La motorisation observée en Algérie (figure 10) montre une croissance régulière depuis l'indépendance du pays en 1963 jusqu'aux années 1990, où elle a connu une stagnation autour de 73 véhicules/1000 habitants. Au début des années 2000, la motorisation a renoué avec la croissance. On s'attend à ce que cette tendance à la croissance de la motorisation continue au cours des années 2000 pour atteindre un début de saturation du marché vers les années 2015. Ceci est à lier au développement du réseau routier avec la construction de l'autoroute Est Ouest au Nord et de nombreuses routes à l'intérieur dont la rocade des hauts plateaux. C'est une politique affichée du gouvernement qui a opté envers le transport routier à court et moyen terme. Ceci s'explique par l'important retard qu'a connu le pays en matière d'investissement en infrastructures routières et de transport en général. Le rail dispose aussi d'un important programme de développement en cours de réalisation, mais ne concerne que des régions limitées du pays compte tenu de son étendue et qu'il dispose de régions difficiles d'accès où le train n'est pas prévu. D'autre part, la construction d'infrastructures ferroviaires pour l'ouverture de nouvelles lignes nécessite beaucoup plus de temps et d'investissements plus élevés. Le transport ferroviaire est en phase de connaître un meilleur essor dans un avenir proche mais ne pourra absorber à terme qu'une tranche du transport routier de voyageurs ou de marchandises dans les conditions actuelles. Il contribuera à améliorer le transport interurbain au nord ce qui réduira faiblement la pression sur le transport routier à moins que le transport intermodal ne se développe, ce qui accroîtra considérablement et durablement les capacités du ferroviaire.

Devant la faible offre en transport en commun urbain et interurbain (routière ou non routière), et la croissance de la demande due non seulement à la croissance de la population mais aussi à la forte centralisation du système administratif et institutionnel et la concentration de tous les centres d'intérêts névralgiques au centre du pays (hôpitaux, sociétés, institutions, commerces, industries, etc.), on estime que cette croissance se poursuivra pour atteindre 100 véhicules par 1000 habitants en 2015. Cette croissance du marché des véhicules (figure 17) est très soutenue par l'ouverture économique du pays et notamment l'ouverture du marché financier où le pays a connu un important développement du marché du crédit à la consommation avec un nombre croissant de banques et de sociétés de crédit étrangères installées en Algérie.

Les facilités accordées au crédit à la consommation, notamment à l'acquisition d'un véhicule ont été très largement simplifiées et le crédit est rapidement accordé contrairement aux années antérieures. Ceci a créé un marché du crédit très concurrentiel qui profite aux nouveaux acquéreurs. Par ailleurs il existe d'autres formes de crédits alloués aux acheteurs de véhicules par les organisations syndicales qui organisent des achats groupés au bénéfice de leurs personnels en leur accordant un crédit bonifié (sans intérêt) à partir des fonds sociaux. Ceci a énormément profité notamment au corps enseignants du secteur de l'éducation nationale dont les fonds sociaux sont les plus importants du pays.

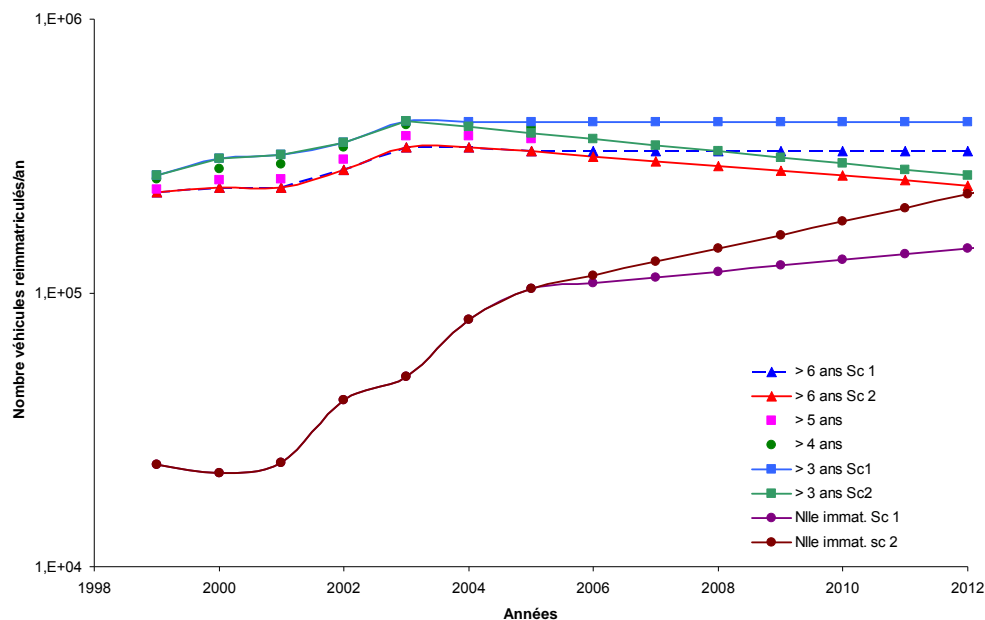


Figure 17 : Evolution du marché de véhicules neufs et d'occasions en Algérie (avec deux scénarios tendanciels haut et bas)

2. Méthodologie d'évaluation

Devant l'inexistence de base de données, de publication ou de rapport relatifs aux données de transport en Algérie, nous avons recours à des enquêtes sur le terrain afin de collecter les données soit auprès des sociétés de transport et des administrations centrales, soit par enquête directe sur route ou auprès des automobilistes.

L'idée d'observer le parc en circulation sur route est développée en raison de la particularité de l'immatriculation des véhicules en Algérie. La numérotation de la plaque d'immatriculation est composé de trois parties : un premier numéro désigne la wilaya d'enregistrement du véhicule, un deuxième numéro indique l'année de première mise en circulation (même si le véhicule est ré-immatriculé lorsqu'il change de propriétaire et de wilaya ou importé d'occasion d'un pays étranger) et la catégorie de véhicule, le troisième numéro est un numéro d'ordre d'enregistrement séquentiel dans la catégorie de véhicule considérée.

Mais toutes ces statistiques ne sont pas suffisantes pour l'estimation du parc statique. Ainsi il manquait la répartition des véhicules particuliers par type de cylindrée et les détails des statistiques des années 1973, 1974, 1976, 1978 et de 1996 à 2005 sont manquantes sur les bulletins de l'ONS.

Devant ce manque de données dans la littérature scientifique et technique, nous avons eu recours à des enquêtes sur le parc roulant afin d'identifier la composition du parc roulant en fonction de l'âge de chaque catégorie de véhicule. Nous avons ainsi réalisé cinq enquêtes en 1994, 1998, 2001, 2003 et 2005. Les enquêtes ont porté sur plus de 400 000 véhicules observés avec en moyenne 80 000 véhicules par enquête. Ces enquêtes ont permis de calculer l'âge du parc roulant et de déterminer le vieillissement du parc avec l'âge maximum observé des véhicules dans chaque catégorie.

Les conditions d'usage du parc de véhicules (kilométrage annuel par catégorie de véhicule et en fonction de l'âge du véhicule et du type de carburant, vitesses pratiquées par type de voie et catégorie de véhicules) sont déterminées aussi grâce à des enquêtes effectuées en plusieurs sites du territoire national en 1998, 2001, 2003, 2005. Ceci a permis non seulement de déterminer les valeurs de chaque paramètre mais aussi l'évolution de ces paramètres depuis 1998 jusqu'à 2005.

2.1. Analyse de l'âge du parc

2.1.1. Observation du parc roulant

Trois enquêtes sont conduites pour la détermination de l'âge des véhicules en circulation en Algérie. Les enquêteurs sont placés aux différents sites à partir de 7 heure du matin jusqu'à

19 heures pendant une période d'une semaine y compris le week-end. Les enquêteurs sont positionnés de sorte à observer la plaque d'immatriculation des véhicules. Un protocole est élaboré pour mener cette enquête par des enquêteurs sélectionnés parmi la population étudiante. Ils observent les véhicules dans les deux sens de la voie pour relever la partie centrale du matricule du véhicule, soit trois chiffres identifiant ainsi l'âge de véhicule par les deux chiffres de droite et la catégorie du véhicule par le troisième chiffre. Les véhicules ayant des plaques déformées ou des numéros illisibles et ceux portant une plaque non conventionnelle (des services du gouvernement) ne sont pas enregistrés. Les enquêteurs sont choisis parmi les étudiants ayant une bonne acuité visuelle avec une majorité sans verre de correction. La saisie des données est effectuée au laboratoire avec une double vérification afin de s'assurer de la saisie de la totalité des observations et de vérifier la validité des données. Toute valeur illisible est abandonnée et aucune correction n'est faite sur les données douteuses.

La première enquête est menée durant la période d'avril à juin 1998 en cinq sites en milieu urbain, en zone rurale et sur route nationale. L'échantillon de véhicules observés est de 67 600 véhicules tous genres confondus.

Les sites urbains sont localisés dans la ville de Blida aux endroits suivants :

- a. avenue Amara Youcef,
- b. Boulevard Larbi Tebessi,
- c. Avenue Ouazri (rue de la chiffa),
- d. Avenue Ben Boulaid,
- e. Route d'Alger.

Les sites ruraux sont situés dans la commune d'Ouled Alleug et la commune de Beni Mered dans la wilaya de Blida.

Les sites d'observation sur route nationale sont localisés sur les axes reliant Blida à Chiffa, Oued Alleug à Boufarik, et la ville de Ouled Yaich à Meftah.

La deuxième enquête s'est déroulée de mars à juillet 2001. Les sites d'observation sont situés en cinq villes : Alger, Blida, Batna, El Oued, Tamanrasset, Oran. Plusieurs sites sont choisis dans chaque ville qui sont représentatifs des zones urbaine, rurale et de route nationale. Les sites autoroutiers existent seulement à Alger et Blida. L'échantillon observé au cours de cette campagne est de 168 321 véhicules.

La figure 18 montre la composition de l'échantillon de véhicules résultant de l'enquête de 2001. L'échantillon observé a une composition par catégorie de véhicule qui est similaire à celle du parc de l'ONS, ce qui permet d'analyser les données d'observation sur une base comparable.

VP : Véhicule Particulier
 VUL : Véhicule Utilitaire Léger
 VTC : Véhicule de Transport de Voyageurs
 PL : Poids Lourd
 TR : Tracteur Routier

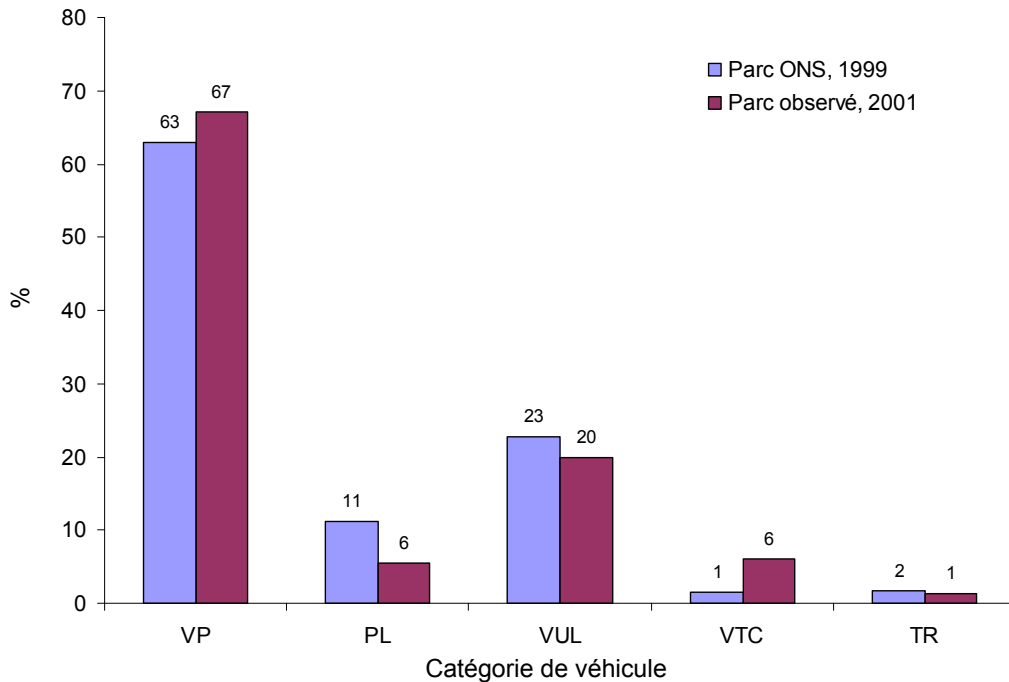


Figure 18 : Composition de l'échantillon de véhicules lors de l'enquête de terrain en 2001

La troisième enquête s'est déroulée du 27 juin au 5 juillet 2005. Cette enquête a touché les villes d'Alger et de Blida avec un échantillon observé de 134 763 véhicules. Les sites se répartissent par type de voie comme suit :

- Autoroutier au niveau de Ben Aknoun, Hussein Dey, Beni Mered, la route nationale 5 à Alger,
- Route nationale sur l'axe menant de Boufarik vers Oued Alleug, sur la route entre El-Oued et Biskra,
- Rue urbaine à Ben Aknoun centre ville, rue Larbi Tebissi à Blida, centre ville de Batna,
- Route rurale sur les voies menant de Boufarik vers Chebli et Meftah vers Alger.

2.1.2. Données des administrations de transport

Les données du ministère du transport proviennent de l'ONS. Ce ministère ne dispose pas de base de données propre du parc de véhicules. Néanmoins, il dispose d'une base de données agrégée des transports de personnes et de voyageurs et de la composition de leur flotte.

La deuxième source de données qui est utilisée est celle de la direction des transports de la wilaya de Blida qui compte le deuxième parc de wilaya après celui d'Alger. Cette wilaya peut être considérée comme étant représentative de la tendance des transports routiers à l'échelle nationale compte tenu de l'existence des différents types d'activités (industrielle, agricole,

touristique et artisanale) et de sa proximité de la capitale. Blida représente aussi l'extension de la ville d'Alger sur le plan résidentiel comme en raison de la délocalisation des activités ou l'hébergement des sites industriels et des sièges de sociétés.

L'avantage des données de ce service administratif est de disposer des données réelles et désagrégées du parc de véhicule de tout le système de transport routier de la wilaya de Blida. Ceci est dû au fait que c'est le seul organisme habilité à délivrer les autorisations aux sociétés de transport de personnes et de marchandises. Ces données ne concernent que les véhicules lourds de transport de voyageurs et de marchandises de la wilaya de Blida.

2.2. Kilométrage annuel

Le kilométrage annuel des véhicules est une donnée de base pour la caractérisation de l'usage d'un véhicule, l'étude des infrastructures routières, le trafic par type de voirie, le calcul d'inventaire des émissions, l'estimation de la consommation de carburant. Ce kilométrage annuel peut être déterminé expérimentalement par relevé du compteur sur un certain nombre d'échantillon de véhicules :

- Relevé direct
- Carnet de suivi
- Suivi de cohorte
- Enquête par interview
- Fiche en deux temps

2.2.1. Relevé direct

La première enquête s'est passée dans le parking de Béziers à Alger de véhicules particuliers et utilitaires légers durant la période de novembre 1993 à juin 1994. Le kilométrage est relevé à partir du compteur des véhicules en stationnement ainsi que du numéro d'immatriculation du véhicule sur un échantillon composé de 723 véhicules. Les véhicules restant immobiles plus d'un mois ne sont pas pris en considération ainsi que les compteurs n'indiquant pas de changement de kilométrage sur plus de deux mois. Ceci afin d'éviter de relever des véhicules immobilisés pour une longue période.

2.2.2. Enquête par interview aux niveaux des stations d'essence

Une enquête est effectuée au niveau de trois stations (Yasmine de Naftal et Hamissi privé, station Naftal Hussein Dey à Alger) pendant une semaine afin de relever le kilométrage au compteur des véhicules selon la carburation. Ces deux stations sont situées de part et d'autre de la route nationale N°1 au niveau de Béni Mered. Ce site périphérique de la ville de Blida est aussi considéré comme représentatif de la zone rurale de la région faisant de lui un point de passage très fréquenté aussi bien par les ruraux, les urbains et les routiers. C'est un

véritable carrefour entre le nord et le sud, l'est et l'ouest du pays. La station de Hussein Dey est située sur la route nationale n°5 donnant aussi un accès à l'autoroute est.

L'enquêteur se positionne juste devant la pompe et intercepte le conducteur lors de son arrêt pour effectuer le remplissage de carburant. Il relève l'âge, la catégorie de véhicule et le type de carburant utilisé à l'approche du véhicule. Il demande au conducteur le kilométrage indiqué sur le compteur. Il s'assure aussi que le compteur kilométrique du véhicule fonctionne normalement et qu'il ne s'est jamais arrêté. Au cas où le compteur est bloqué ou a fonctionné de manière discontinue, le véhicule n'est pas pris en considération dans l'échantillon. Cette enquête ne touche que les véhicules de moins de cinq ans d'âge afin de ne couvrir que les véhicules qui ont été mis en circulation la première fois en Algérie. On évite les véhicules d'occasion importés qui ont effectué un certain kilométrage en dehors du territoire national dans d'autres conditions de trafic et un environnement socio-économique différent.

Cette enquête a touché un échantillon de 935 véhicules (tableau 7) au cours du mois de mai 2003.

Tableau 7: Composition de l'échantillon de véhicules enquêtés par catégorie et carburant au niveau de deux stations d'essence à Blida et Hussein Dey à Alger

Catégories de véhicules	Types de carburant			Total
	Essence	Diesel	GPL	
Particuliers	422	115	22	559
Utilitaires	8	69	2	79
Bus		247		247
Car (TVC)		12		12
Camions		8		8
Tracteurs		30		30
Total	430	481	24	935

2.2.3. Cohorte de véhicules

Un échantillon de véhicules particuliers est échantillonné de manière aléatoire dans la région centre par contact personnalisé auprès de propriétaires de véhicules. Une fiche est distribuée contenant toutes les informations sur le propriétaire et son véhicule dont le kilométrage à la date de remplissage. L'échantillon est composé de 356 véhicules qui sont suivis pendant plus

d'une année entre 1998 et 2000 avec un relevé annuel du kilométrage parcouru. L'avantage de cette méthode est de pouvoir suivre le véhicule dans le temps et d'avoir un kilométrage réel parcouru par un seul propriétaire et de connaître l'usage qui est fait du véhicule.

2.2.4. Enquête par fiche en deux temps

La fiche d'enquête est distribuée au niveau des établissements scolaires des villes d'Alger, Blida, Constantine, Batna, Tamanrasset en deux temps avec un intervalle d'une année en moyenne selon le cas. Ceci a un double avantage d'avoir sur la fiche le premier kilométrage au temps t avec les indications sur le véhicule qui peut renseigner sur le kilométrage passé du véhicule et de minimiser le nombre de déperditions de véhicule une année après. Lors de la deuxième phase de l'enquête, de nouvelles fiches sont distribuées aux élèves qui sont en classe supérieure en leur demandant de remplir la fiche de préférence relative au véhicule précédemment enquêté sinon sur le véhicule disponible. De cette manière il est possible de vérifier lors de la saisie des données la conformité des données transmises et la validité des données reçues. Cette enquête a permis de distribuer 2000 fiches et de recevoir dans la première phase 1235 fiches. Lors de la deuxième phase, on a pu collecter 832 fiches. Cette enquête a été effectuée durant l'année 2000-2001.

2.2.5. Carnet de suivi

Un carnet de suivi de la consommation de carburant et du kilométrage à chaque remplissage est distribué à 164 conducteurs des véhicules de transport collectif dans les wilayas de Blida, Alger, Boumerdès et Tipaza. Le conducteur note à chaque passage au niveau de la station d'essence la date, le montant du volume de carburant rempli et le kilométrage correspondant sur un carnet portant toutes les informations sur le véhicule. Cette opération s'est déroulée de février à juin 2001.

2.2.6. Données collectées auprès des sociétés de transport

Une collecte de données est effectuée en 2001 auprès des sociétés de transport routier afin de déterminer à partir des carnets de bord de chaque véhicule de transport de personnes ou de marchandises le kilométrage parcouru annuellement. Toutes les informations relatives à l'âge et les caractéristiques de chaque véhicule sont aussi relevées (puissance, carburant, capacité, etc.). Les sociétés touchées par cette enquête sont : TVC (la société de transport de voyageurs du centre, qui a découlé de la restructuration de la société nationale de transport de voyageurs ex SNTV), SNTR (société nationale de transport routier), Sonelgaz (Société nationale d'électricité et de gaz (qui dispose d'une flotte de véhicule assurant le service de maintenance et de suivi sur le terrain) et Naftal (Société nationale de distribution des carburants et

produits). L'échantillon est composé de 634 véhicules dominés par les véhicules lourds avec une part de véhicules utilitaires.

Le tableau 8 résume le nombre de véhicules observés pour la détermination de l'âge du parc roulant et celui enquêtés pour le calcul du kilométrage annuel parcouru entre 1994 et 2005.

Tableau 8 : Récapitulatif de la taille des échantillons de véhicules lors des enquêtes sur le parc

Années d'enquête		1994	1998	2001	2003	2005
Echantillon de véhicules pour la détermination de (nombre véh.)	Age du parc		67 600	168 321		134 763
	Kilométrage annuel	723	356	996	935	

2.3. Vitesses pratiquées

En 2003, deux enquêtes sont effectuées à Blida et Alger pour la mesure des vitesses pratiquées par type de voie et catégorie de véhicule. La première enquête est effectuée par des mesures et observations visuelles en zone urbaine, rurale, sur route nationale et sur autoroute. Deux points sont repérés par les enquêteurs sur un type de voie. Lors du passage d'un véhicule à travers le premier repère, le temps est compté jusqu'à son passage du deuxième repère. Les enquêteurs s'installent de manière à éviter l'erreur de parallaxe et à avoir une bonne visibilité pour éviter toute confusion ou perte du véhicule ciblé aléatoirement.

La deuxième méthode de mesure est effectuée à l'aide du cinémomètre à bord d'un véhicule utilisé comme véhicule suiveur en zone urbaine seulement. On a pu ainsi déterminer les vitesses moyennes pratiquées par type de voie et type de véhicule.

3. Résultats des enquêtes

3.1. Kilométrage

La mobilité motorisée avec des véhicules particuliers dépend étroitement de la structure de la ville et de son urbanisation. La compréhension de cette relation permet une meilleure prévision de la tendance future et des choix politiques pour chaque ville (Cameron, 2003). C'est pour avoir des données représentatives de l'usage réel des véhicules en Algérie que plusieurs enquêtes sont effectuées pour la détermination du kilométrage annuel des véhicules. Selon les enquêtes menées entre 1994 et 2003 en plusieurs wilayas à travers le territoire national, les véhicules particuliers algériens (VP) ont un kilométrage annuel moyen de 30 000 km tandis que les utilitaires légers (VUL), qui sont en général très utilisés, ont un kilométrage annuel moyen de 38 000 km pour les véhicules d'âge inférieur à 5 ans. Comme illustré en figure 19, ce kilométrage annuel moyen décroît avec l'âge, mais reste supérieur à celui des pays européens (Hickman, 1999 ; André, 1999 ; Adra et André, 2004). La durée de

vie des véhicules est plus longue, avec un âge moyen supérieur à 10 ans et un niveau d'entretien et de maintenance relativement faible. Les VUL représentent 21% du parc algérien de plus de 3 millions de véhicules. Environ 79% des VUL sont de marque européenne et seulement 17% d'origine asiatique. Selon les statistiques de 2005 (ONS, 2006), l'âge du parc statique des VUL est respectivement de 17,8 et 15,4 ans à Blida et Alger. Une nette décroissance du kilométrage (près de 17%) parcouru annuellement par les VP est observée entre 1990 et 1998, ceci est dû à la réduction des déplacements de personnes en cette période de crise sécuritaire (figure 20). Par contre les catégories de taxi, de VUL et de bus ont vu leur kilométrage croître, dans des proportions variables. Cette période a coïncidé aussi avec l'émergence du secteur privé dans les transports publics.

3.1.1. Véhicules particuliers

Les résultats de l'enquête de 2001 révèlent un kilométrage annuel moyen des véhicules particuliers d'âge égal ou inférieur à cinq ans de 24 602 km. A partir de deux ans d'âge, les véhicules roulent 30946 km avec une légère diminution constatée pour les véhicules de 3 ans avec 28 507 km. Le kilométrage des véhicules particuliers, tous carburants confondus, a connu quelques variations au cours du temps depuis 1990 ; les kilométrages annuels réalisés au cours des années 1990, 1994, 1998 et 2001 sont représentés sur la figure 20. En 1994, la moyenne annuelle était de 25 352 km/an, une diminution considérable est constatée 4 ans plus tard en 1998 où le kilométrage atteint 17 805 km/an, alors qu'en 2001, on observe une augmentation assez sensible avec une moyenne de 24 602 km/an. La chute du kilométrage durant les années 1990 est probablement due aux conditions sécuritaires qu'a connues le pays en cette période. Il est utile de signaler que le faible kilométrage annuel des véhicules de moins d'un an est dû au fait que beaucoup d'entre eux sont immatriculés en cours d'année et ne roulent pas une année entière. Le kilométrage annuel des VP est affecté par l'âge des véhicules, où on constate une stabilité du kilométrage jusqu'à trois ans d'âge avec un kilométrage moyen de 33 000 km/an. Une diminution notable est constatée à partir de 5 ans jusqu'à 10 ans où le kilométrage est compris entre 20 000 et 25 000 km/an. Au delà de 10 ans, le kilométrage décroît nettement, atteignant 17 000 km/an à 11 ans et 12 000 km/an à 20 ans ; au-delà, les véhicules ne parcourent pas plus de 10 000 km/an. Le kilométrage annuel des VP essence est plus faible et il varie entre 30 180 et 28 341 km/an pour les véhicules de 1 à 3 ans. Le kilométrage annuel des véhicules diesel est par conséquent plus élevé et varie entre 23 147 km/an pour les véhicules de moins d'un an et 32 000 pour ceux de 5 ans. Le plus grand kilométrage est effectué par les véhicules de 2 ans et atteint 37797 km. Le kilométrage annuel des VP et VUL est estimé de 1963 à 2005 année par année et est présenté en figure 21.

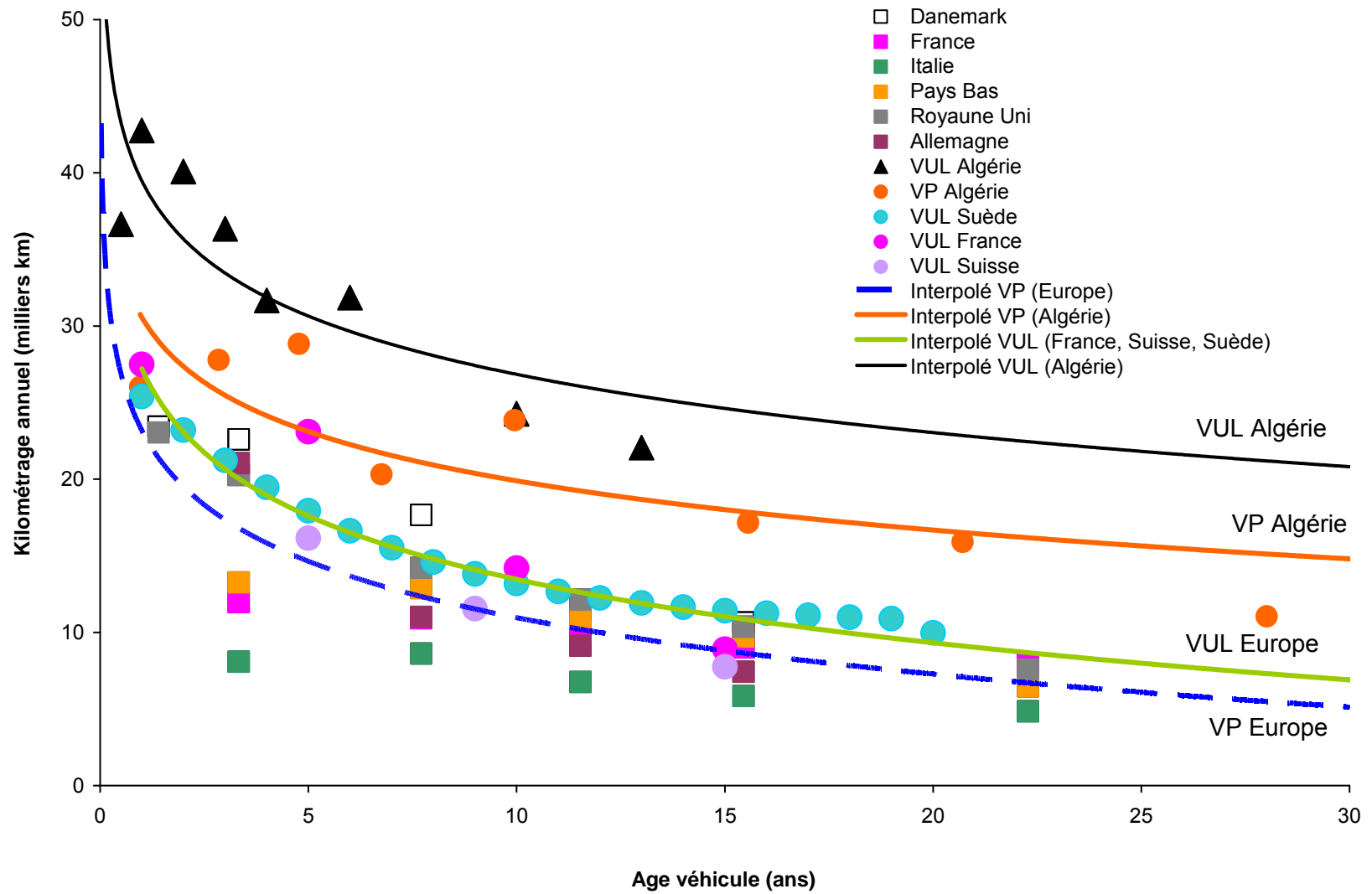


Figure 19 : Kilométrage annuel des VP et VUL selon l'âge des véhicules en 2003

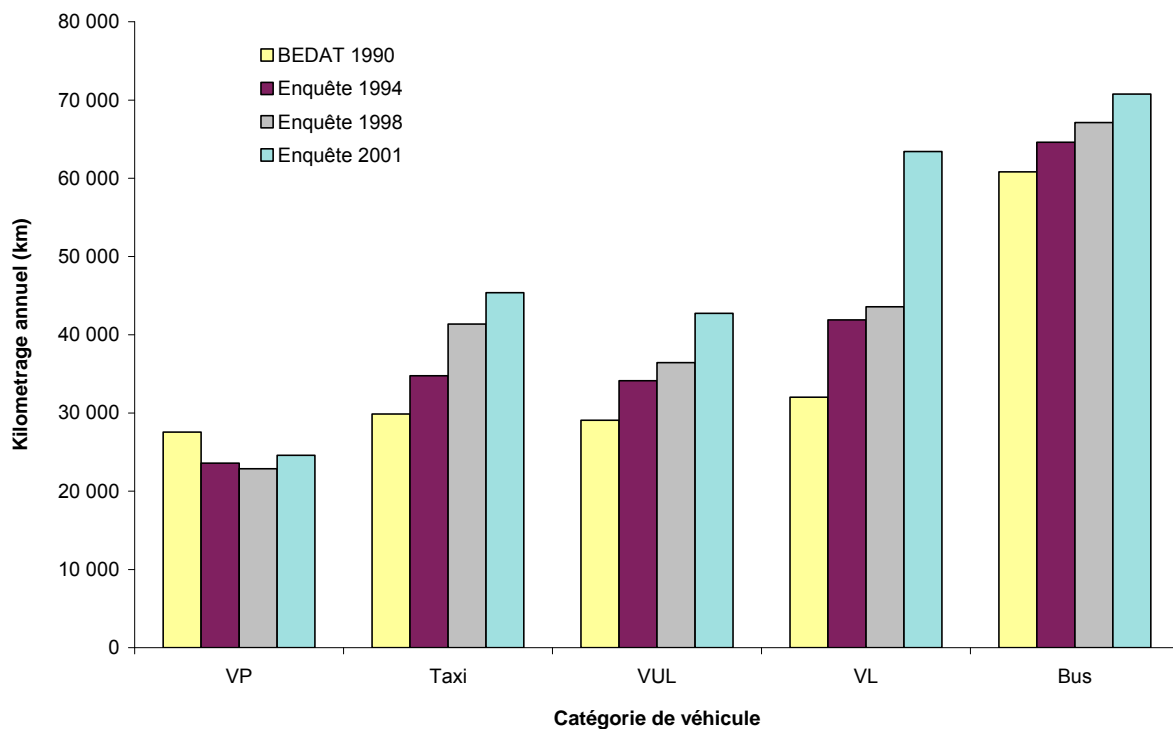


Figure 20 : Kilométrage annuel des véhicules en Algérie durant la période 1990-2001

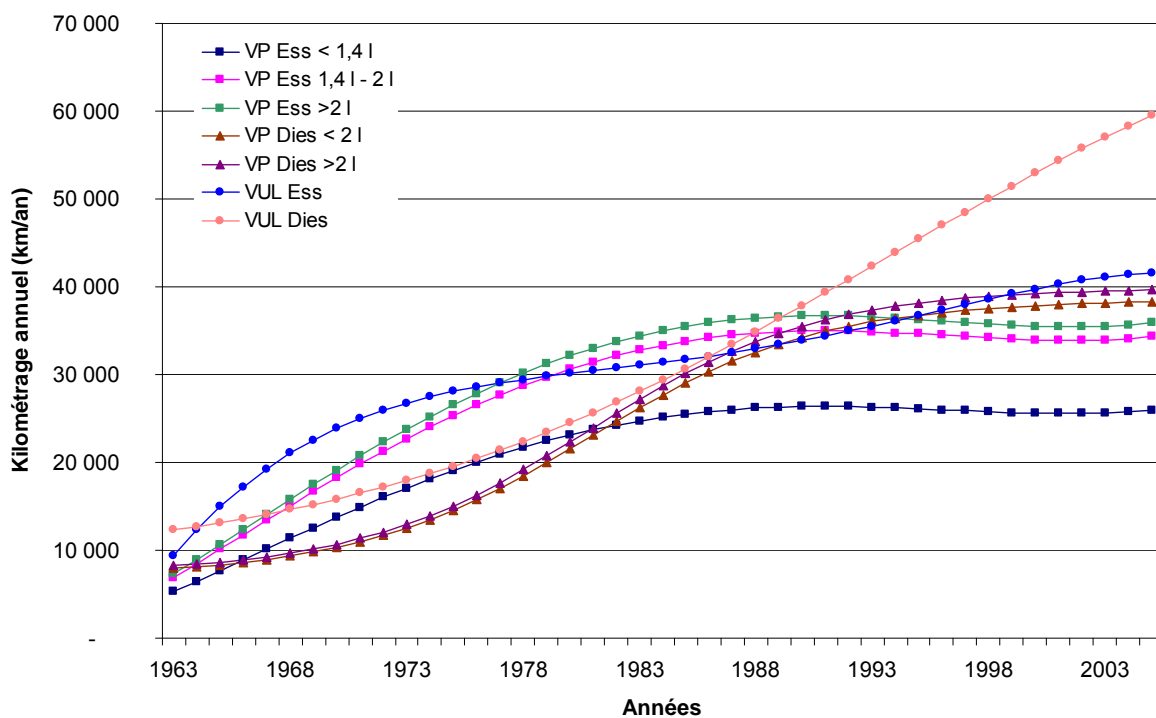


Figure 21 : Estimation du kilométrage annuel des VP et VUL par année de 1963 à 2005

On constate que les kilométrages annuels des véhicules roulant au GPL sont nettement plus importants que ceux des VP essence ou diesel. Les véhicules d'un an d'âge parcourent

annuellement 43 844 km. A deux ans, le kilométrage chute à 32 185 km/an. Pour les véhicules de 3 ans la moyenne annuelle est de 37 057 km/an.

Les taxis représentent une importante flotte au sein du parc algérien et roulent dans leur majorité au GPL : on estime la part de GPL de la flotte taxi à environ 70%. La figure 22 nous montre la variation du kilométrage annuel par classe d'âge des véhicules taxi.

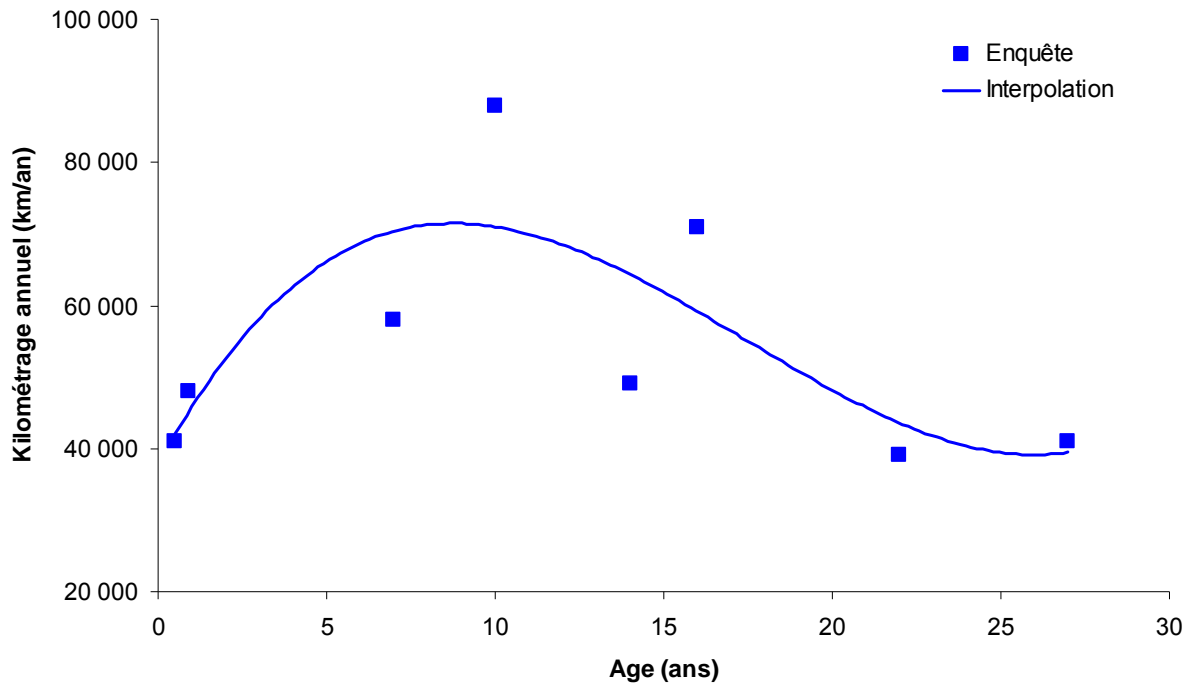


Figure 22 : Kilométrage annuel des véhicules taxi

Les kilométrages effectués par les taxis sont nettement plus importants que ceux des VP en générale, le plus faible dépasse 40 000 km/an, parcourus par les véhicules d'un an d'âge. Entre 5 et 15 ans le kilométrage est compris entre 57 et 78 000 km/an. Le pic atteint 88 000 km/an pour les véhicules de 10 ans. On constate ensuite une diminution pour les véhicules de plus de 20 ans, mais dont le kilométrage reste encore important et varie entre 43 et 47 000 km/an.

3.1.2. Véhicules utilitaires

Les véhicules utilitaires légers tous carburants confondus d'un an d'âge ont un kilométrage annuel moyen de 42 727 km. Les véhicules de 2 ans ont un kilométrage de 40 027 km/an, puis le kilométrage diminue encore pour atteindre 36 230 km/an pour les véhicules de 3 ans et atteint 31 389 km pour les véhicules de plus de 4 ans.

On remarque pour les utilitaires que les kilométrages annuels effectués sont nettement plus grands que ceux des véhicules particuliers et que l'effet de l'âge apparaît plus rapidement.

L'explication réside dans le fait que ce sont des véhicules très sollicités de par leurs usages commerciaux et industriels. En effet, ce genre de véhicule supporte des charges variables et très fréquentes, ce qui accélère leur usure.

Le kilométrage annuel moyen des VUL essence est de 41 380 km alors que le kilométrage est de 55000 km à l'âge de 2 ans et n'est que de 20000 km à 14 ans. Lors de l'enquête, nous n'avons cependant rencontré que très peu de véhicules utilitaires essence d'âges inférieurs à 3 ans. Leur nombre ne dépasse pas 100 véhicules, ce qui confirme la tendance à la diésélisation des VUL mais aussi qui limite la représentativité de notre échantillon vis-à-vis de cette sous catégorie de véhicules.

Le kilométrage annuel moyen des VUL diesel est de 58 348 km et est de 41 073 km pour les véhicules d'un an. Il chute progressivement à 40292 km/an pour ceux de 2 ans pour atteindre respectivement 37370 et 36230 km/an pour les véhicules de 3 et 4 ans. Un nombre important de VUL d'âge supérieur à 5 ans qui utilisent l'essence sont présents dans le cas du parc automobile algérien. Cette tradition de l'utilisation du carburant essence vient du fait des bas prix de ce dernier avant 1990. Une nette tendance vers la diésélisation des VU est constatée actuellement qui pourrait inverser la tendance de kilométrage à l'avenir.

Par ailleurs, la technologie des moteurs diesel est peu maîtrisée en Algérie à l'échelle des garagistes pour assurer la maintenance de ces véhicules.

3.1.3. Camions

Le kilométrage annuel moyen des camions est de 63 425 km. Ceux de moins d'un an roulent plus de 32 146 km/an, suivis par ceux de 1 an qui parcourent un peu plus de 53 000 km annuellement. Les camions de 3 ans atteignent 49 604 km/an. Après cet âge, par extrapolation en l'absence de données, la tendance fait que le kilométrage augmente encore jusqu'à 5 ans, dépassant les 80 000 km/an, pour ensuite se stabiliser. Et à partir de 12 ans les kilométrages sont en diminution régulière pour atteindre près de 43 224 km/an pour les camions de 17 ans.

Cette catégorie de véhicules effectue de très grands kilométrages et ont une durée de vie plus importante. Ceci est peut être dû au fait que la plupart de ces véhicules lourds appartiennent à des sociétés ou particuliers qui assurent une maintenance et un entretien de leurs camions. Le kilométrage annuel des camions et tracteurs, bus et car est estimé depuis 1963 à 2005 pour chaque année et est présenté sur la figure 23.

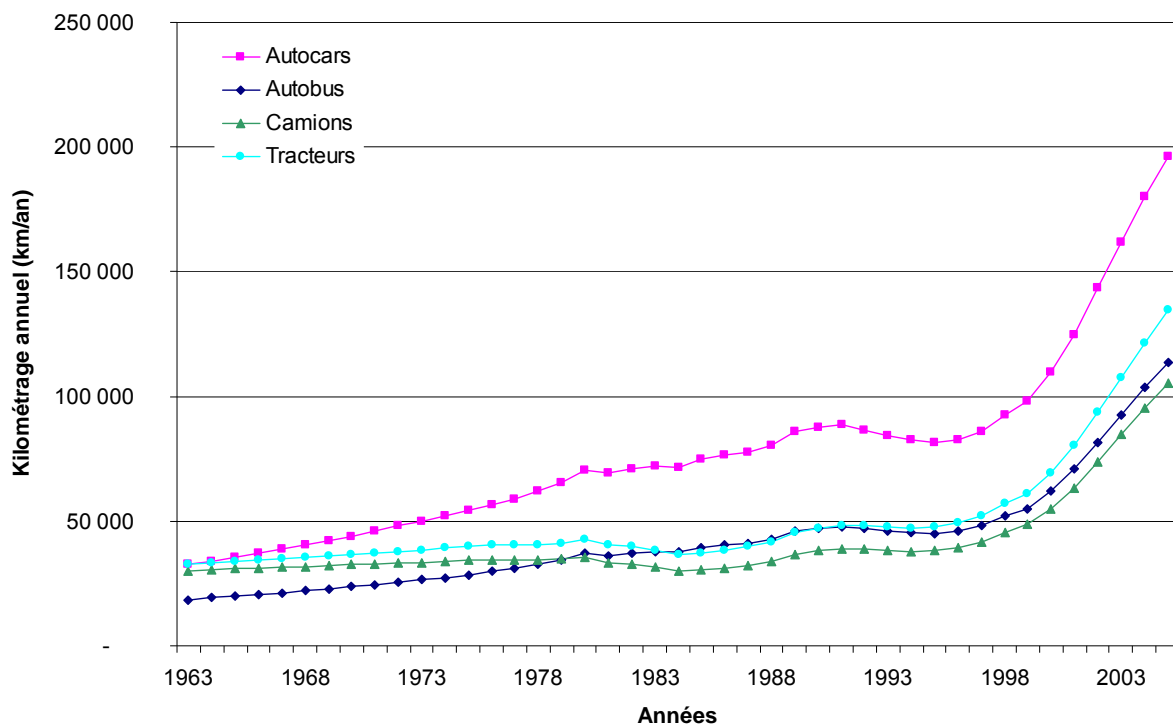


Figure 23 : Estimation du kilométrage annuel des camions, tracteur, bus et car de 1963 à 2005

3.1.4. Tracteurs routiers

Le kilométrage annuel moyen des tracteurs est de 78 654 km. Les tracteurs d'âge inférieur à 3 ans parcourent annuellement 80 331 km et ceux d'âge supérieur à 10 ans atteignent 48 329 km. L'effet du vieillissement sur le kilométrage annuel des tracteurs apparaît à partir de 10 ans. Dans ce cas, c'est à moins de 12 ans qu'ils effectuent leurs plus grands kilométrages avec une moyenne de 80 375 km/an. Ensuite, le kilométrage entre 16 et 20 ans est aux environs de 45 000 km/an. Au-delà de 20 ans, le kilométrage annuellement parcouru chute jusqu'à 21 000 et 25 000 km/an pour les tracteurs de 21 et 23 ans. Le vieillissement a donc un effet sur le kilométrage des tracteurs avec des durées d'immobilisation de plus en plus fréquente et longues.

3.1.5. Transports en commun

Autobus

Le kilométrage annuel moyen des autobus est de 73 389 km/an. Ceux de deux ans réalisent annuellement près de 81 480 km/an, puis, les véhicules de trois ans roulent beaucoup moins, environ 62 516 km/an. La diminution est encore plus importante pour les bus de cinq ans qui ne roulent que 55 907 km/an.

Autocars

A un an d'âge, les cars effectuent des kilométrages compris entre 138 000 et 180 000 km/an. Ce sont des kilométrages importants puisqu'il s'agit de grands cars qui effectuent de longs trajets. Le kilométrage annuel moyen est de 153 000 km et diminue avec l'âge pour atteindre 68 000 à 20 ans.

3.2. Analyse de la distribution de l'âge du parc

À partir de l'année de première mise en circulation, l'identification de l'âge est aisée. À travers les résultats des différentes enquêtes, les distributions d'âge des véhicules en circulation sont établies (figures 24 a, b), permettant de distinguer l'âge réel par catégorie de véhicule du parc roulant. Les résultats des enquêtes montrent l'important décalage existant entre le parc roulant et le parc administratif. Ils révèlent d'autre part la vitesse de renouvellement du parc algérien. On constate ainsi que pour pratiquement deux périodes équivalentes de quatre années consécutives, entre 1998-2001 et entre 2001-2005, le taux de véhicules observés âgés de moins de cinq ans est passé de 6 à 9%, alors que le parc administratif ne déclare que 4% dans les deux cas. Par ailleurs, l'observation du parc roulant montre clairement la part des vieux véhicules d'âge supérieur à 20 ans qui en net déclin d'une période à une autre (selon l'année de l'enquête) pour chaque classe d'âge et catégorie de véhicule avec en moyenne 0,4%/an alors que le parc administratif ne peut en faire l'estimation et garde constant ces mêmes classes d'âge de véhicules.

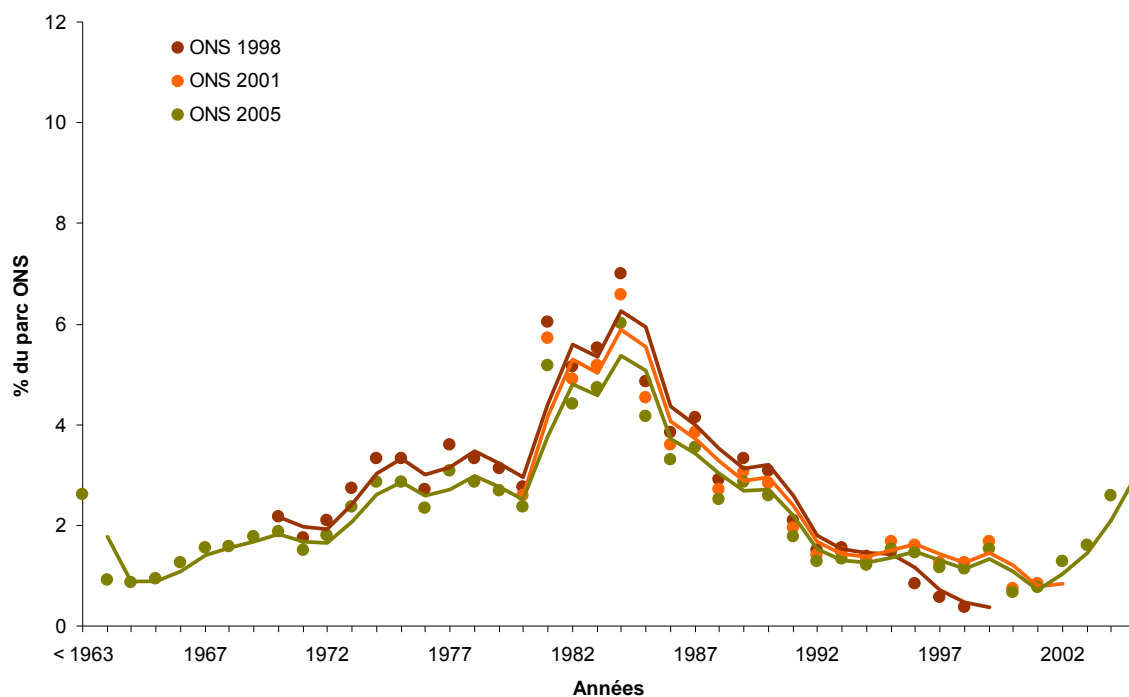


Figure 24 a : Distribution d'âge des véhicules particuliers du parc administratif de l'ONS

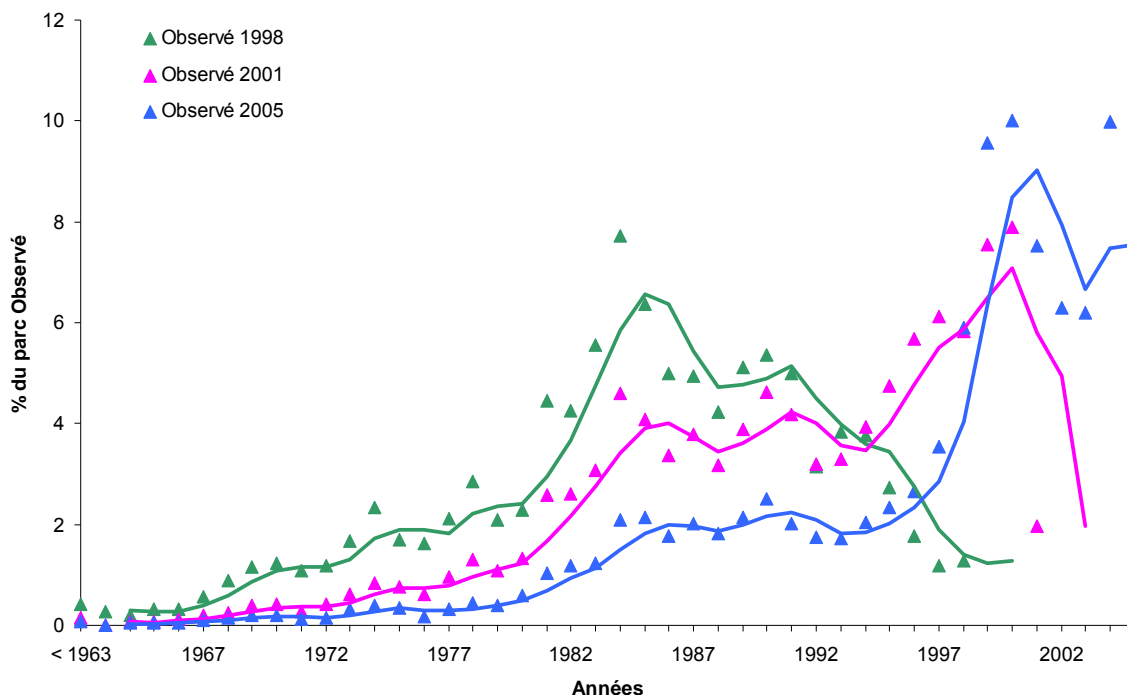


Figure 24 b : Distribution d'âge des véhicules particuliers du parc roulant déterminé par enquête

Ceci met en évidence l'écart entre le parc roulant que nous mesurons, et le parc administratif de l'Office Nationale des Statistiques. Le parc administratif de l'ONS est un parc composé des véhicules enregistrés auprès du fichier des cartes grises de l'administration, dont les données sont accessibles. Il est censé représenter le parc statique. Le parc statique est l'ensemble des véhicules existant physiquement et en état de rouler. Le parc roulant est constitué des véhicules qui roulent à un moment donné, dont on peut avoir une image caractéristique sur route. C'est le parc réellement responsable des émissions polluantes et de la consommation de carburant. Ce résultat est fort important eu égard à l'importance de cet indicateur pour la politique du pays vis-à-vis du renouvellement du parc, de la réglementation, du contrôle-maintenance des véhicules et des aspects financiers mis en jeu.

3.3. Coefficient de survie

Les enquêtes d'observation de l'âge des véhicules ont permis de constater l'âge maximum des véhicules qui restent en circulation et ce pour chaque catégorie de véhicule. A partir de ces résultats, on a estimé la durée de vie maximale des véhicules : elle est de 38 ans pour les véhicules particuliers, 40 ans pour les véhicules utilitaires légers, 29 ans pour les bus et cars et 32 ans pour les camions et tracteur routiers. Gallez (1994) a établi la forme de la loi de survie suivie par les véhicules particuliers et a estimé les paramètres de cette loi en fonction du carburant et de la gamme des automobiles.

Le coefficient de survie des véhicules âgés de a ans s'exprime par :

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

- ϕ est la loi log-normale (logarithme népérien),
- A représente l'âge limite de survie,
- m correspond à l'abscisse du taux de survie médian,
- σ mesure la dispersion des durées de vie autour de la valeur médiane et indique la plus ou moins grande rapidité de déclassement des véhicules.

L'utilisation de cette loi permet d'estimer le nombre de véhicules âgés de « a » ans qui sont encore en circulation à partir du nombre de véhicules de cette génération initialement immatriculés. Ceci nécessite la connaissance du parc de chaque année et des nouvelles immatriculations des années antérieures selon l'âge de survie de la catégorie de véhicule correspondante. La segmentation de Gallez (2000) (Bas de Gamme, Moyenne Gamme, Haut de Gamme) diffère de celle utilisée par COPERT III. Lacour (2002) a proposé une nouvelle segmentation qui est aussi utilisée par (Hugrel, 2004). Les valeurs des paramètres de la loi de survie sont établies sur la base des résultats d'enquête d'observation de l'âge des véhicules roulant et sont données dans le tableau 9. Les coefficients de survie de toutes les catégories de véhicules sont présentés sur la figure 25.

Tableau 9 : Paramètres de la loi de survie déterminés pour le parc algérien
(Gallez, 1994, 2000)

Catégorie Véhicule	Paramètres de la loi de survie			
	A	m	s	ln A
Véhicule Particulier				
Essence 1,4 l	38	3,621	0,316	3,638
Essence 1,4~2 l	38	3,621	0,316	3,638
Essence > 2 l	38	3,621	0,316	3,638
Diesel < 2 l	38	3,221	0,316	3,638
Diesel > 2 l	38	3,231	0,316	3,638
Véhicule Utilitaire Léger				
VUL Essence	40	3,515	0,332	3,689
VUL Diesel	40	3,335	0,342	3,689
Transport en Commun				
Autobus	29	3,024	0,327	3,367
Autocar	29	3,024	0,327	3,367
Véhicule Lourd				
Camion	32	3,316	0,305	3,466
Tracteur Routier	32	3,174	0,247	3,466

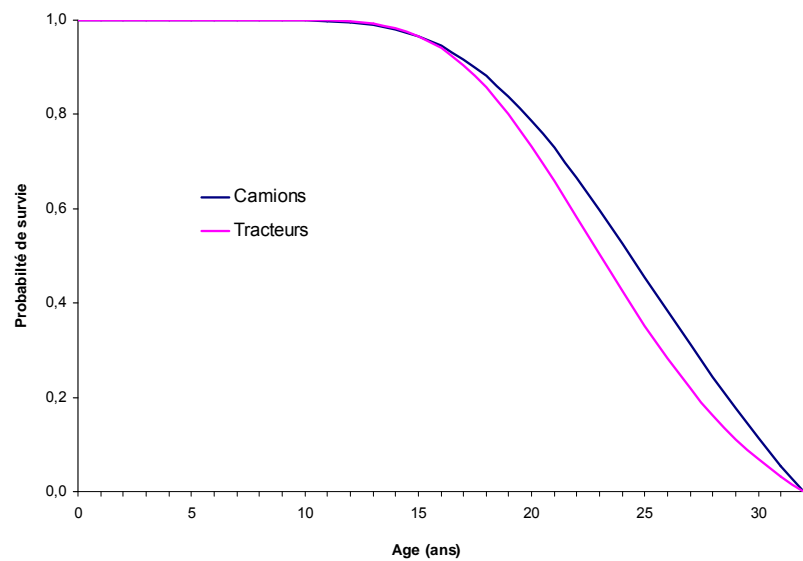
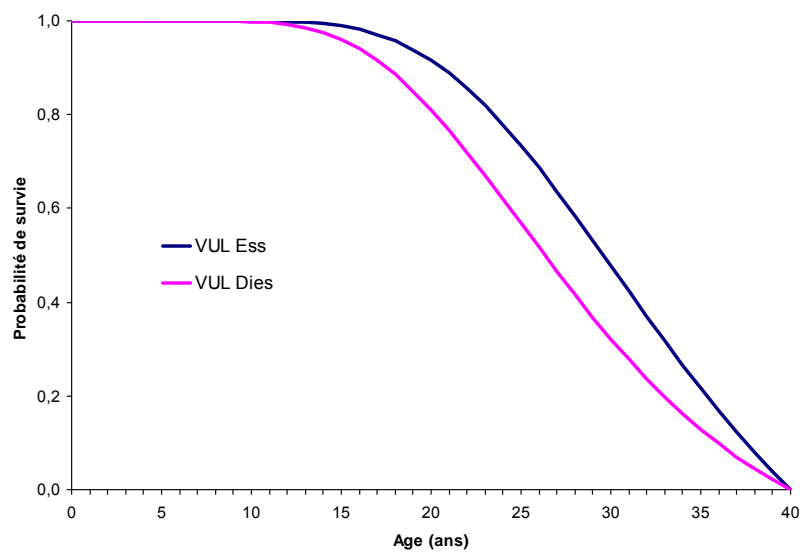
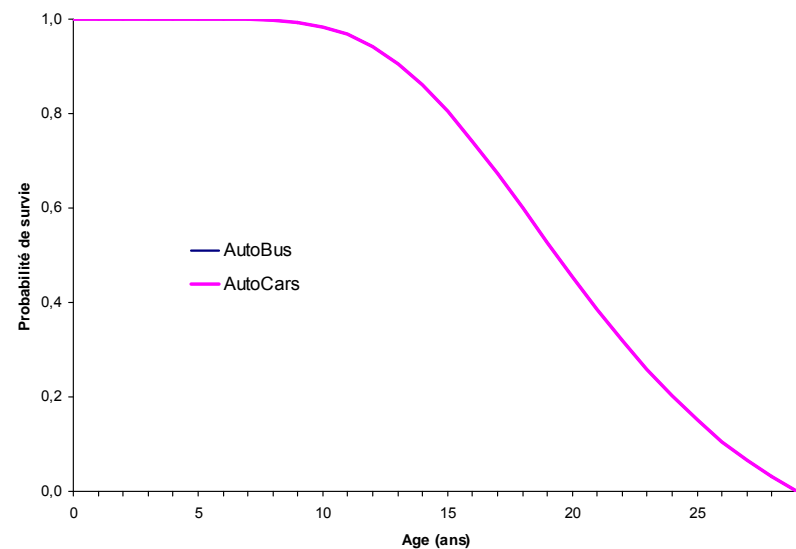
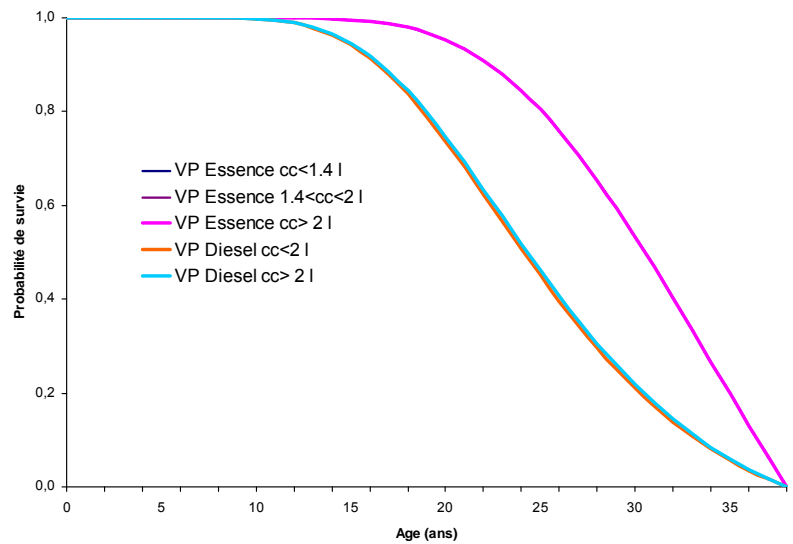


Figure 25 : Coefficient de survie par catégorie de véhicules en 2005

3.4. Détermination du parc roulant

Le parc roulant est calculé à partir du parc statique, lui même évalué à partir des enquêtes auprès des assurances et de l'estimation de la casse au niveau des ferrailles de plusieurs villes du pays. On montre sur la figure 26 les tendances à la forte diésélisation du parc VP algérien. L'évolution des parcs roulant et statique dans le temps jusqu'à 2025 est présentée en figure 27. Les véhicules immobilisés ne servent pas au transport, ne consomment pas de carburant et n'émettent aucun polluant lors de leur combustion. A partir du parc statique et moyennant les coefficients de survie, on calcule les parcs roulants pour chaque catégorie de véhicule. Un scénario tendanciel est établi pour estimer le parc à l'horizon 2025. Ceci permet d'estimer les émissions à cet horizon par un calcul d'inventaire. Il permet aussi d'évaluer à cet horizon les besoins en infrastructures, l'évolution de la motorisation et les différents impacts sur l'environnement.

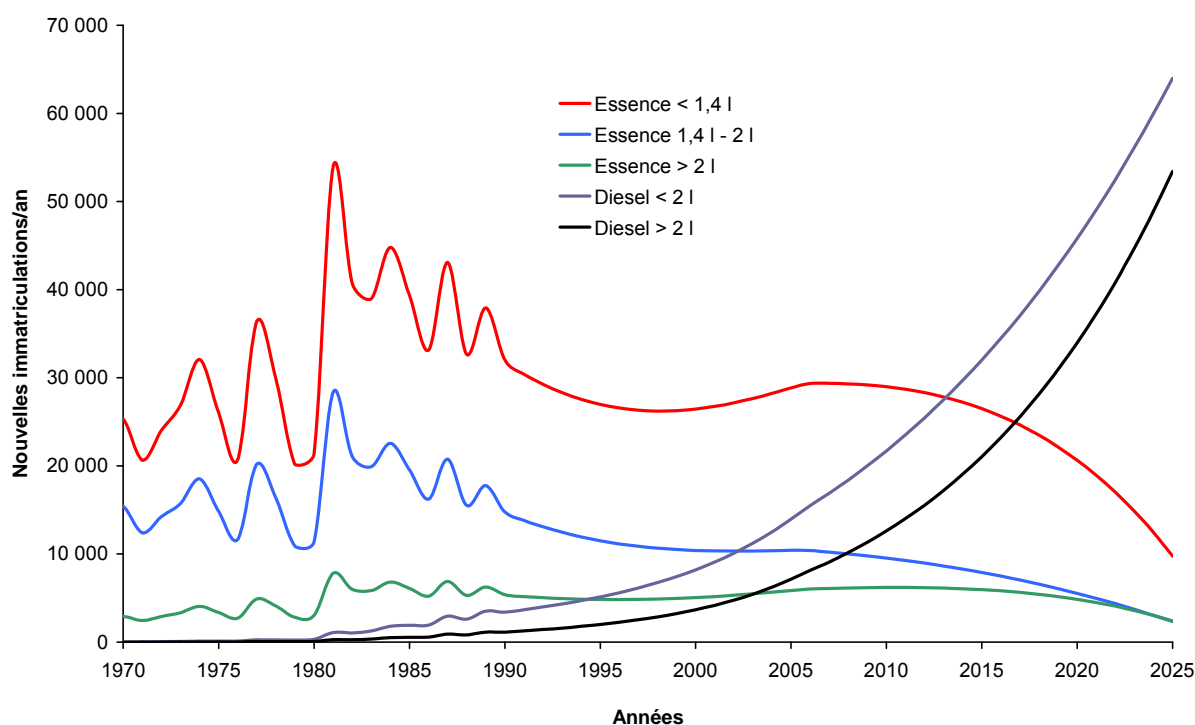


Figure 26 : Evolution des nouvelles immatriculations des VP et leur projection à l'horizon 2025.

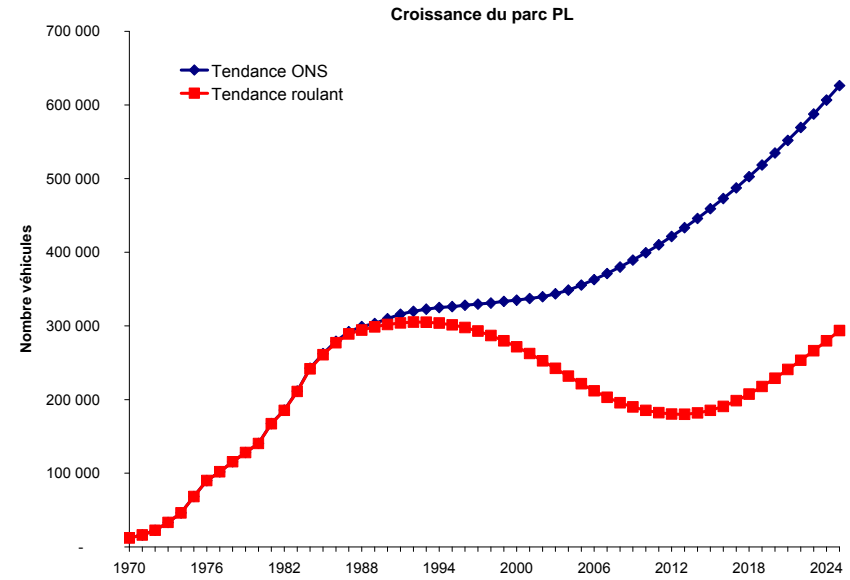
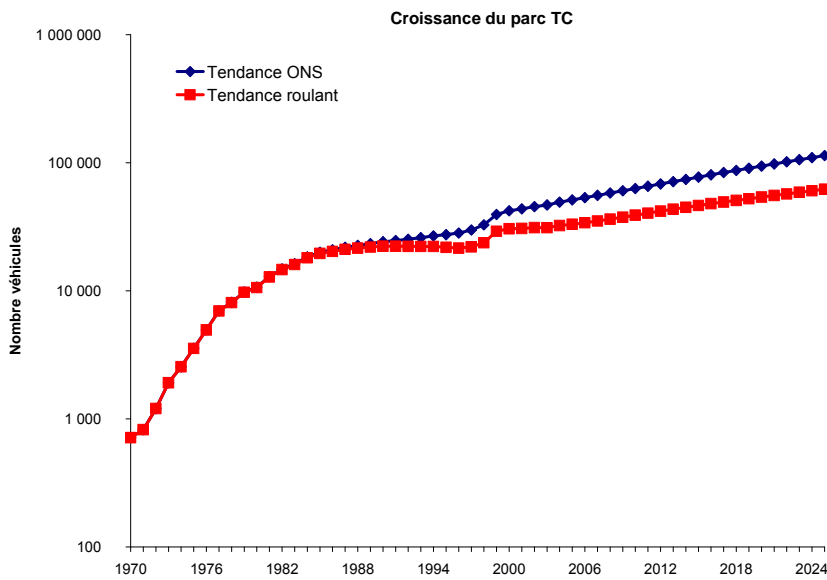
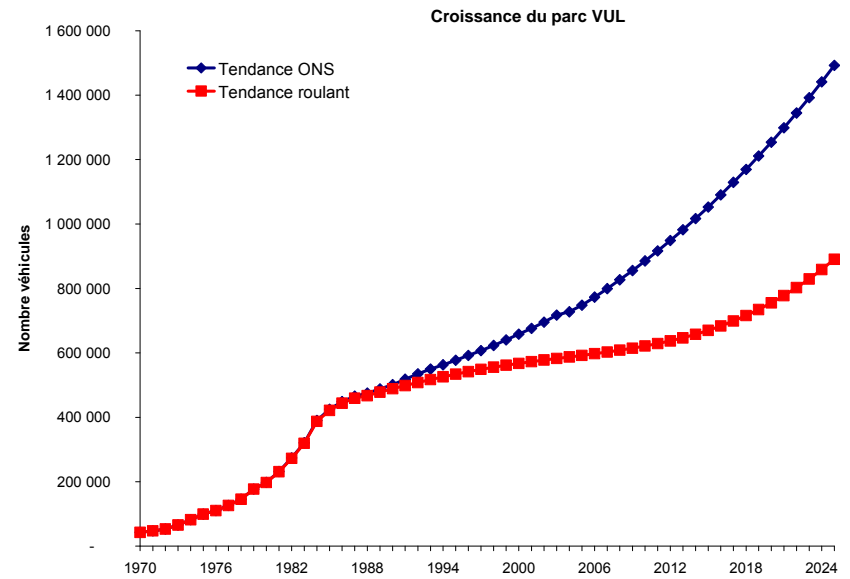
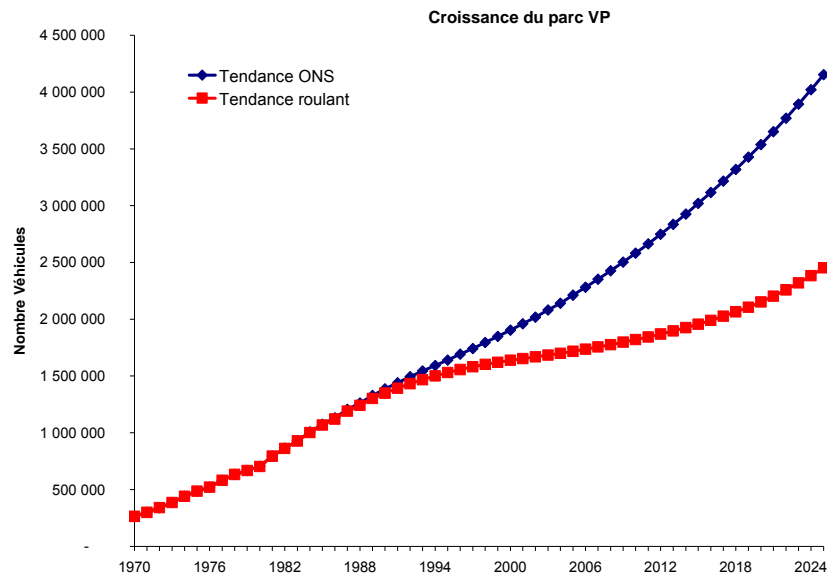


Figure 27 : Estimation des parcs statique ONS et roulant à l'horizon 2025

4. Consommation de carburant du parc

Les statistiques de vente de tous les carburants sont fournies par la société NAFTAL, et donnent les parts de vente par type de carburant, région et wilaya et par client (Figure 28). Les données de Naftal sont classées par groupes de clients selon la distribution effectuée : réseau de distribution de carburant constitué par les stations d'essence, les gros clients composé par les grandes sociétés et institutions qui disposent de leurs propres réservoirs de stockage et de distribution, et les revendeurs qui ne constituent qu'une part faible du marché.

L'essence vendue est principalement consommée par les véhicules routiers à plus de 95% (APRUE, 2007). Il en est autrement pour le gasoil où les parts de la consommation de gasoil par le secteur des transports routiers et par les autres usages tels que l'agriculture, le bâtiment et les travaux publics, l'industrie, l'énergie et les ménages, ne sont pas déterminées. Il existe aussi une part de ce carburant qui est exporté au marché noir vers certains pays frontaliers.

Ces données de Naftal ne permettent pas de connaître la part de consommation du transport routier dès lors que le gasoil est utilisé pour divers usages autres que le transport routier.

Pour déterminer les clés de répartition par usage du gasoil, une enquête a été effectuée par l'APRUE en 1994, réactualisée pour l'année 1999 et qui n'a pas été reconduite depuis, auprès des trois grandes catégories de clients de NAFTAL, avec pour objectif de déterminer la part de consommation par catégorie sectorielle. Cette enquête s'est étalée sur une période d'une année et a touché les 48 wilayas du pays, les clients de Naftal étaient destinataires d'un questionnaire sur les parts de distribution par type de carburant. L'ampleur de l'enquête qui a couvert tout le territoire et la majorité des clients de Naftal fait d'elle une enquête représentative de l'usage du carburant en Algérie. C'est la seule enquête réalisée à ce jour. Les résultats obtenus montrent les proportions de consommation de chaque secteur : énergie, industrie, agriculture, transport, bâtiment et travaux publics, et ménages. Cependant, le secteur des transports inclus le mode routier et le non routier comme les chemins de fer et le secteur de la pêche. La part du transport chez les gros clients n'excède pas 5% de la quantité de carburant diesel totale consommée annuellement. La part des chemins de fer et de la pêche est estimée à 1%. Le transport consomme donc environ 85% du gasoil total vendu à l'échelle nationale en 1999.

La forte croissance de la consommation du gasoil en Algérie pourrait s'expliquer par cette forte croissance de la consommation au début des années 2000 coïncidant avec la relance de l'économie nationale par la reprise effective des activités et la relance économique du pays.

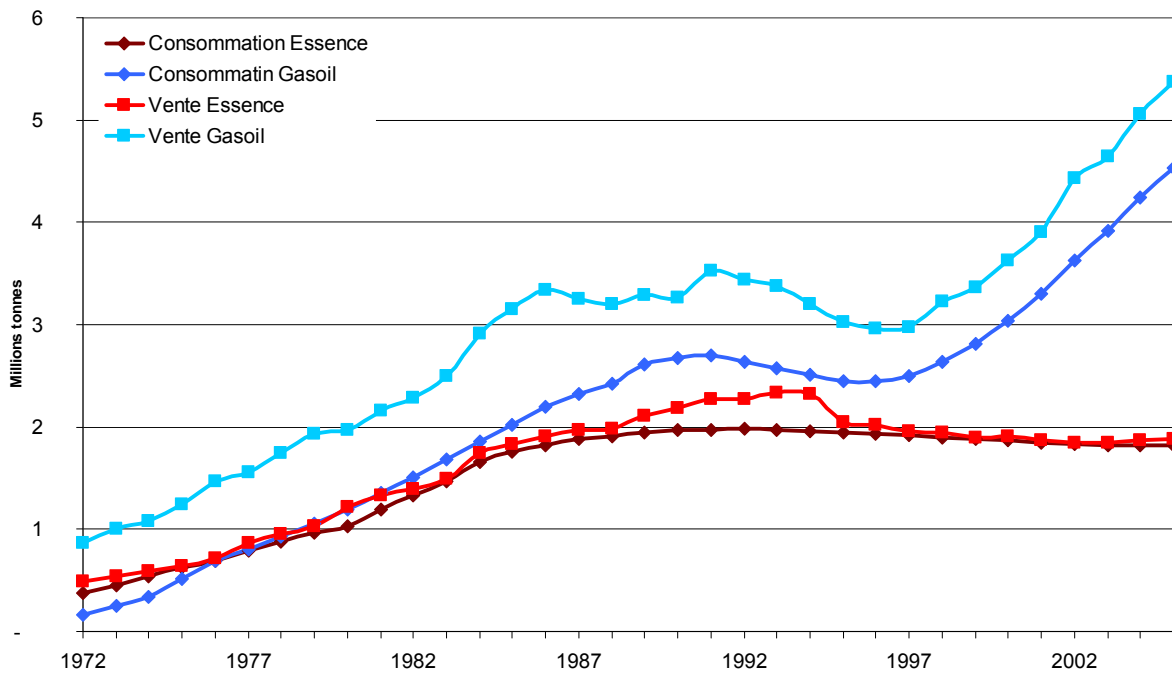


Figure 28 : Estimation de la consommation de carburant du parc véhicule national

5. Conclusion

L'analyse du parc véhicule algérien est effectuée sur la base de nombreuses enquêtes de terrain et l'analyse des données en provenance de multiples sociétés de transport routier et de distribution de carburant. La méthodologie suivie consiste à effectuer des sondages sur le terrain pour avoir des données réelles, et non pas en un calcul, afin de réduire les incertitudes et obtenir des données du parc réel en circulation. L'étude a porté essentiellement sur cinq catégories de véhicules existant en Algérie, à savoir : les véhicules particuliers, les camions, les véhicules utilitaires, les transports en commun et les tracteurs routiers.

On a pu déterminer certains paramètres d'usage du parc tel que le kilométrage annuel pour chaque catégorie de véhicule et par classe d'âge de véhicules. Par ailleurs, la détermination des paramètres de survie a permis de construire les parcs statique et roulant algériens; et d'évaluer le kilométrage pour chaque catégorie de véhicule, selon l'âge et le type de carburant. Ces résultats de terrain renseignent sur les trajets parcourus par les différentes catégories de véhicules de 1994 à 2005 en Algérie. Les véhicules particuliers roulent le moins, avec en moyenne 25 000 km/an, suivis des véhicules utilitaires légers qui parcourent annuellement 43 000 km, puis des camions avec 63 000 km/an. Les tracteurs routiers effectuent près de 78 000 km/an. Ce sont les transports en commun qui roulent le plus avec 153 000 km/an. Cette étude a mis en évidence, quelque soit la catégorie de véhicule ou le type de carburant utilisé, l'influence de l'âge sur le kilométrage parcouru. Cependant, il est à noter que les véhicules roulant en Algérie effectuent des kilométrages plus importants et avec des véhicules âgés, l'âge moyen étant de 10 ans toute catégorie de véhicules confondues, comparés à ceux roulant dans les pays européens.

Chapitre III - Etude de la cinématique

1. Synthèse bibliographique

La cinématique d'un véhicule en milieu urbain est représentée par la vitesse en fonction du temps de parcours. En raison de la variabilité dans le temps et de l'irrégularité dans l'espace du comportement du véhicule, il n'existe pour ces cinématiques aucune courbe vitesse-temps "moyenne". Il s'agit plutôt, à partir d'un ensemble de cinématiques, de déterminer des cycles de conduite représentatifs, caractérisant différents comportements. Ces cycles de conduite sont ensuite utilisés pour évaluer les consommations et les émissions qui leurs sont spécifiques. Certains de ces cycles peuvent être normalisés et leurs effets sont ensuite mesurés suivant une procédure précise. Les études de cinématique ont conduit à deux types de cycles (Hung, 2007) :

- a) des cycles reconstitués ne comportant que des accélérations constantes : cycle Europe, cycle californien 1968, japonais 1973, etc.
- b) des cycles réels tels que celui proposé par Volkswagen aux États-Unis en 1972, le cycle Klingenberg en 1977, etc.

Les figures 29 a et b montrent quelques cycles ainsi que le cycle développé pour une utilisation internationale (Klingenberg, 1996). Les cycles reconstitués sont simplistes et les cycles normatifs sont souvent de ce type. Les cycles réels (figure 30), plus complexes dans leur mise en œuvre, sont cependant plus proches des cinématiques rencontrées dans un trafic réel (André, 2006).

Les conditions de trafic des véhicules sont déterminantes dans les émissions polluantes (Ericsson, 2000, André, 2004, Kenworthy, 1986, Lyons, 1986, Watson, 1982). La connaissance des paramètres fondamentaux du trafic qui sont la vitesse et l'accélération, la durée de roulage, le temps d'arrêt, sont autant de données de base pour la connaissance des conditions d'émission de polluants. La variation de cette vitesse en fonction du temps, selon la typologie des voies et dans un environnement donné, sont caractéristiques de chaque pays, et dans un même pays varient d'une ville à une autre. La détermination des conditions de fonctionnement d'un véhicule (vitesse, accélération, freinage,...) constitue le cycle de conduite (André, 1998).

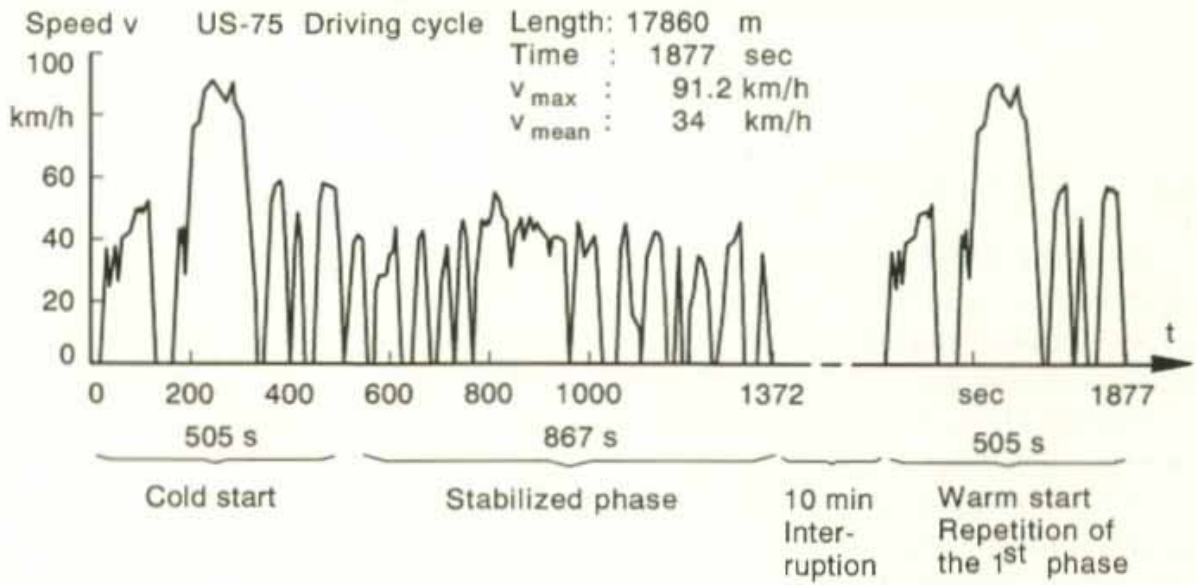


Figure 29 a: Cycle de conduite américain FTP75 (Klingenberg, 1996)

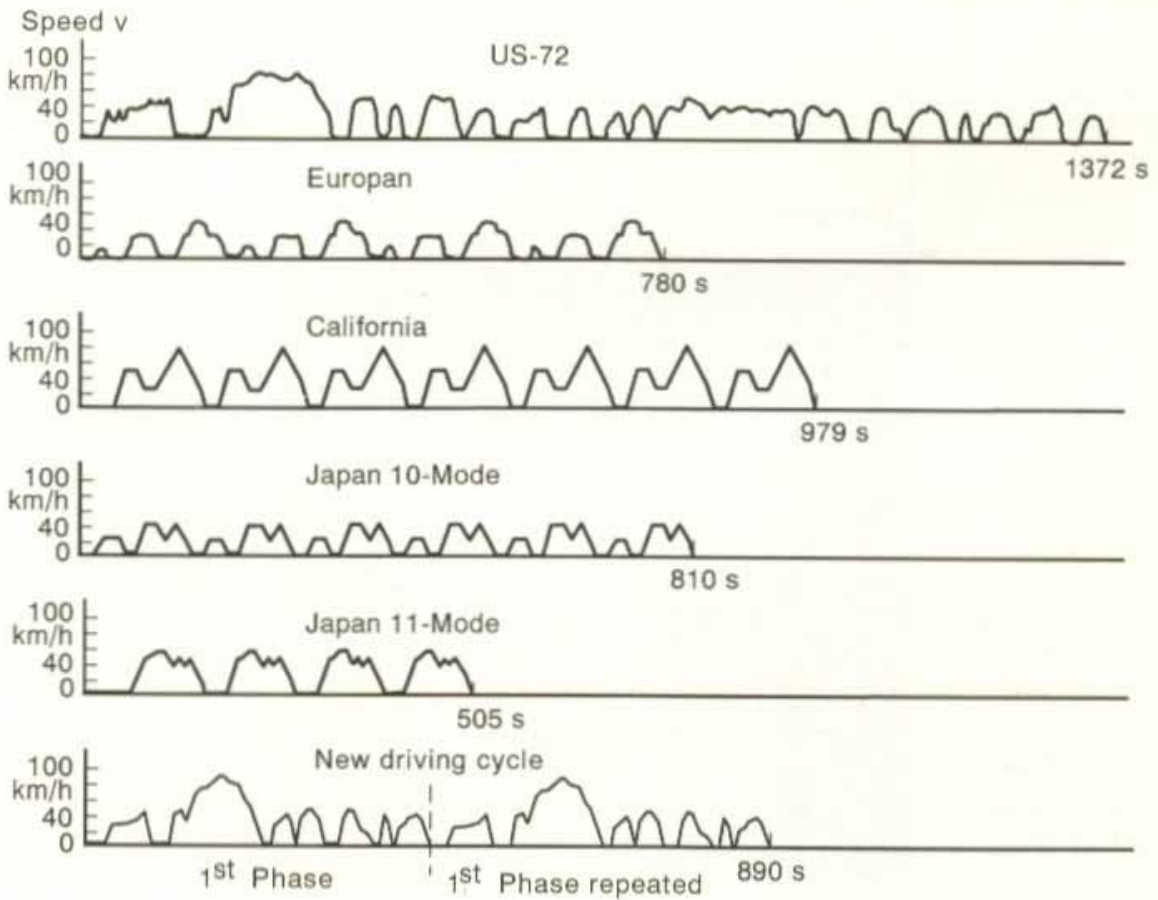


Figure 29 b : Cycles réglementaires et nouveau cycle développé pour un usage international (Klingenberg, 1996)

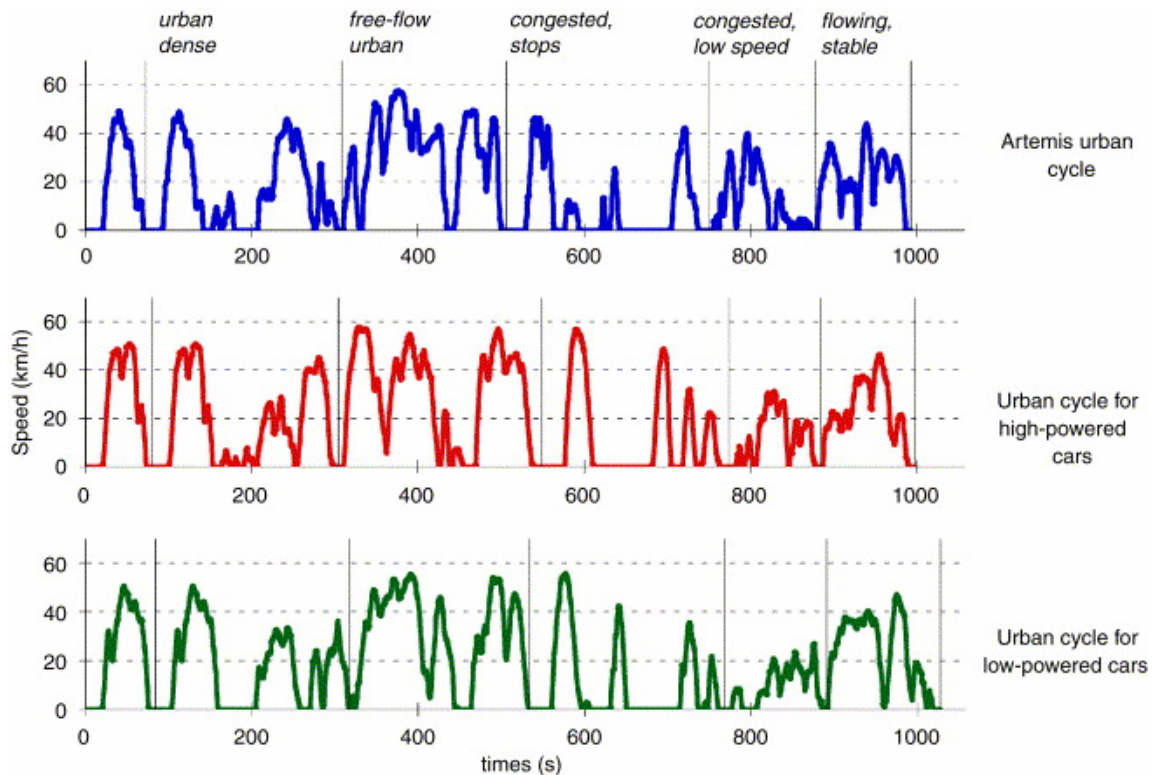


Figure 30 : Cycles urbains Artemis et de véhicule de grosse et faible cylindrée (André, 2004a)

Lyons (1990) a développé une méthodologie de synthèse des données représentatives du cycle de conduite pour une zone urbaine basée, sur des données dynamiques collectées avec un véhicule suiveur. Le cycle développé représente les conditions réelles de circulation, mais il s'est posé la question du niveau de résolution du cycle de conduite nécessaire et de la validation en fonction de la structure urbaine (Newman, 1992). Kenworthy (1992) a montré l'importance de l'influence de nombreux paramètres sur le cycle de conduite tel que les conditions socioéconomiques, l'intensité et la répartition modale en milieu urbain.

Les cycles sont développés dans de nombreux pays dans le monde, notamment dans les pays industrialisés à des fins soit de réglementation des émissions de véhicules, soit d'études du trafic ou de recherches scientifiques (André, 2006 ; 2005 ; 2004 ; 1994 ; 1993, Joumard, 2000).

1.1 Cycle de conduite

Les principaux cycles développés sont américains, européens et japonais et sont présentés par André (1998). Parmi les pays en développement ayant développé un cycle de conduite (figure 31) figure l'Inde (Ghandi, 1983), qui est le seul pays à avoir publié des travaux sur le sujet. Nesamani (2005) a testé des véhicules selon des profils de vitesse enregistrés par GPS dans la ville indienne de Chennai (figure 32 a, b). Les émissions sont calculées avec le modèle

international d'émission de véhicule (IVE) qui est développé par International Sustainable Systems Research Center et l'université de Californie à Riverside. Les niveaux d'émissions varient d'une classe de voie à une autre et l'effet le plus important est observé sur les routes locales avec un grand écart avec le cycle de conduite indien. André (2004) a aussi montré l'écart existant entre le cycle de conduite normalisé et les cycles réels développés par l'INRETS.

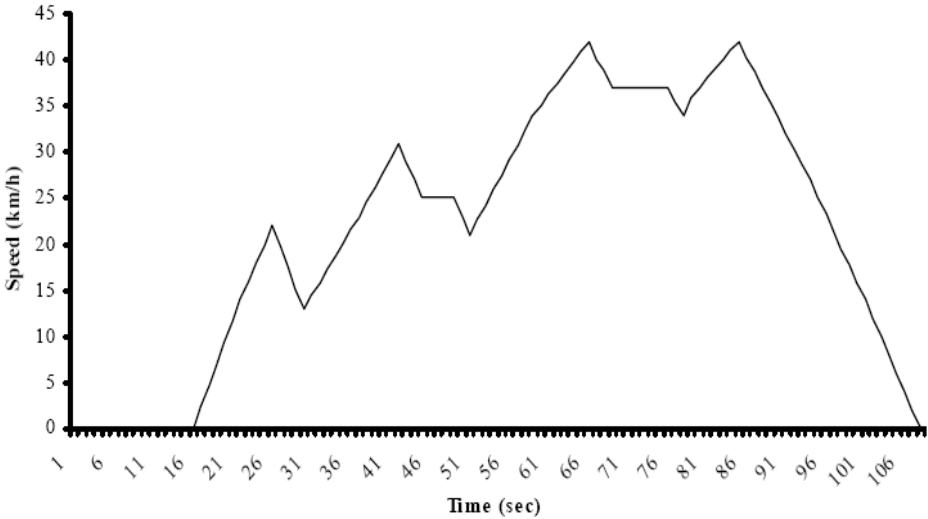


Figure 31 : Cycle de conduite de l'Inde (IDC) (Ghandi, 1983)

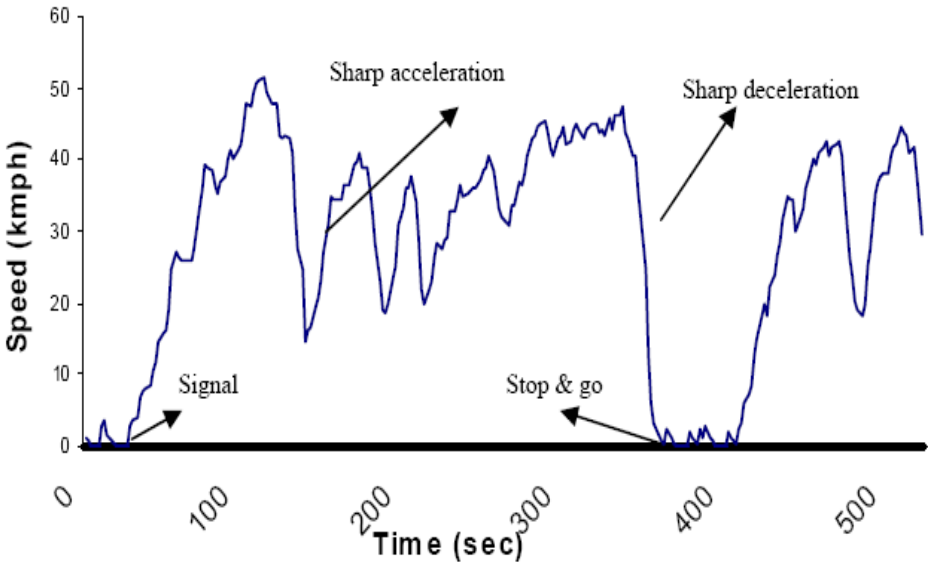


Figure 32 a : Profil de vitesse enregistré a Chennai (Inde), circuit 1 (Nesamani, 2005)

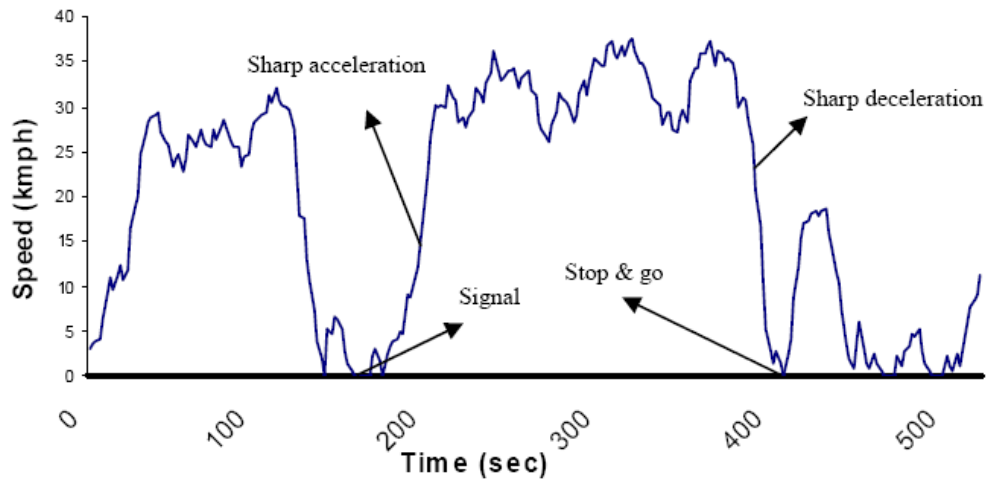


Figure 32 b : Profil de vitesse enregistré à Chennai (Inde), circuit 2 (Nesamani, 2005)

1.2 Analyse des séquences cinématiques

Un cycle cinématique est composé de séquences cinématiques représentatives des conditions de circulation selon la typologie de la voirie et de trafics considérées. Il reproduit la distribution moyenne des types de séquences cinématiques d'un environnement donné.

L'analyse des cinématiques de véhicules passe souvent par le découpage des trajets effectués en séquences, période entre deux passages à l'arrêt (Kenworthy, 1986 ; Crauser, 1989 ; Ericsson, 1996 ; André, 1998). L'élaboration de séquences nécessite un suivi dans le temps, sur de longues durées, des principaux paramètres cinématiques de véhicules en circulation. Seule une expérimentation de grande envergure permet d'acquérir les données indispensables. La problématique consiste à décrire les séquences et à obtenir un lot de séquences représentatif destiné à une utilisation large.

A partir d'un ensemble important de séquences, il s'agit de réaliser une description statistique précise et d'obtenir une typologie de celles-ci. La description précise des différentes classes de la typologie, définissant des comportements cinématiques bien contrastés, doit permettre un choix de séquences types caractérisant au mieux l'ensemble des cinématiques.

Ce sont ces séquences types qui seront considérées comme des cycles de conduite représentatifs et feront l'objet de mesures spécifiques, de consommation et d'émissions de polluants au laboratoire ou sur route. Les mesures réalisées permettent alors de connaître de façon précise les consommations et émissions sur les séquences.

Le trajet est décomposé en séquences. La première séquence d'un trajet débute au démarrage du véhicule et se termine lorsque les vitesses instantanée deviennent inférieures à 5 km/h

pendant au moins trois secondes consécutives, ensuite débute une nouvelle séquence qui prend fin suivant le même critère.

Une séquence est décomposée en deux phases successives bien distinctes, définies comme suit (figure 33):

- une phase de ralenti correspondant à des vitesses inférieures à 5 km/h
- une phase de déplacement correspondant à des vitesses supérieures à ce seuil pendant au moins 5 secondes.

On décompose l'ensemble des trajets recueillis en séquences. La séquence se présente sous la forme d'une courbe vitesse-temps (valeur de la vitesse toutes les secondes).

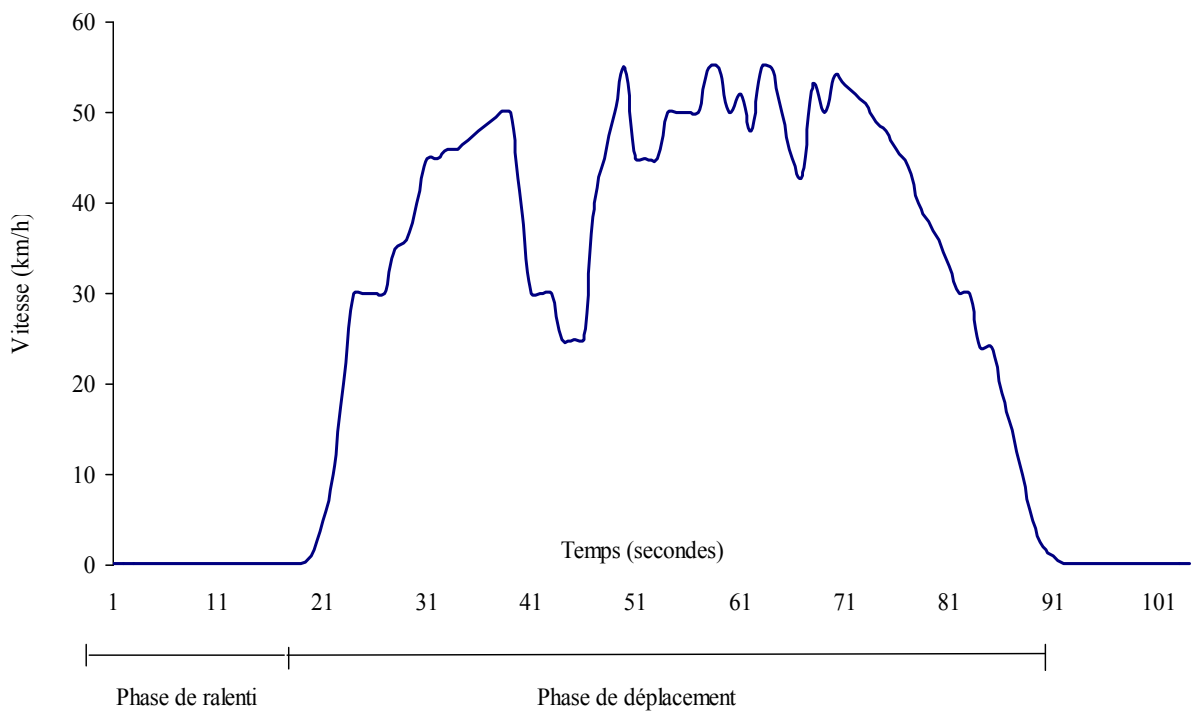


Figure 33 : Décomposition d'une séquence cinématique

Les variables retenues pour la caractérisation des séquences cinématiques sont:

- temps de séquence, tseq
- temps de ralenti, tral
- distance parcourue, dist
- vitesse moyenne, vmoy
- nombre d'extrema sur l'ensemble de la séquence, nerv
- vitesse maximale, vmax
- pourcentage du temps où la vitesse est stable (accélération comprise entre - 0.15 et + 0.15 m/s²), acc0

Les quatre premiers descripteurs concernent une approche globale de la séquence. Ces variables sont liées entre elles puisque la vitesse moyenne est le quotient de la distance parcourue par la durée.

Les variables suivantes tendent à décrire des variations plus ponctuelles de la vitesse au cours d'une séquence. La variable vitesse maximale est souvent considérée comme une variable discriminante du type de circulation. Les variables *nerv* et *acc0* ont pour objet de mettre en évidence la régularité ou l'irrégularité du profil de la courbe vitesse-temps, c'est à dire le degré de stabilisation de la vitesse qui semble être un paramètre important notamment pour l'évaluation des consommations. Les bornes de vitesse servant à définir les quatre dernières variables (*vmoy*, *nerv*, *vmax*, *acc0*) ont été fixées d'après les distributions des vitesses instantanées, les quatre intervalles présentant alors des effectifs comparables.

2. Méthodologie de mesure de cinématiques

Une campagne de mesure de la cinématique est réalisée dans la ville d'Alger, qui a permis de développer un premier cycle de conduite représentatif pour la ville d'Alger.

2.1. Instrumentation de véhicule

Un véhicule léger type Renault super cinq a été équipé au laboratoire LTE-INRETS de capteurs de vitesse, de régime moteur, de consommation de carburant, d'usage des freins, de température de l'eau, de température d'huile et d'air ambiant (figure 34). Les capteurs sont étalonnés au laboratoire et les facteurs de conversion établis sont donnés au tableau 10. Le capteur de vitesse est un générateur d'impulsion inséré sur le câble compteur du véhicule qui relie la sortie de la boîte au compteur de vitesse. Le capteur est monté le plus près possible de la boîte de vitesse afin d'éviter toutes fluctuations de la vitesse de rotation du câble liées à la torsion de celui-ci. Ce capteur de marque JAEGER délivre 8 impulsions par révolution. Une centrale d'acquisition de données (datalogger DTL1232) est connectée à l'ensemble de capteurs pour l'enregistrement des données. La figure 35 montre le montage effectué avec le datalogger.

Tableau 10 : Paramètres d'étalonnage des capteurs

Paramètres	1 Impulsion	Enregistrement à 1 Hz
Vitesse	0.2046 m	0.736 km/h
Régime rotation	½ tour	30 Tr/min
Consommation	1 cm ³	1 cm ³ /s



Figure 34 : Photo du véhicule équipé de capteurs et du Mini CVS à l'INRETS (Vidon, 1996)

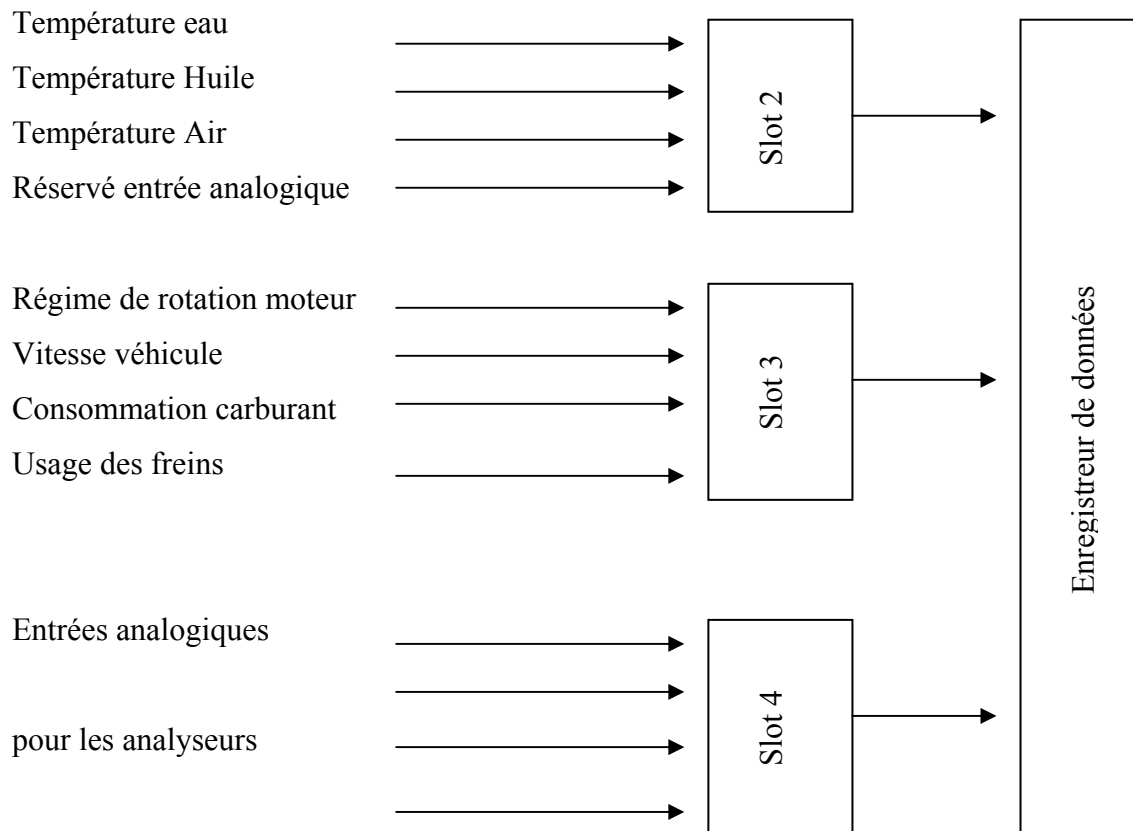


Figure 35 : Schéma du montage des capteurs avec l'enregistreur sur le véhicule

2.2. Campagne de mesure

Les circuits empruntés par le véhicule équipé sont choisis sur la base du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) de la ville d'Alger. Ce choix est justifié par la typologie de la voirie de cette ville et de sa topographie, sa densité de trafic routier et de population et de l'activité socio-économique.

La campagne de mesure s'est déroulée au cours de l'année 1998 et 1999. Le véhicule est conduit par deux conducteurs avisés de sexe masculin en mode véhicule suiveur et flottant pour parcourir plus de 513 trajets et enregistrer plus de 1210 km à Alger. En mode flottant et en conduite libre, ne respectant pas scrupuleusement le circuit préalablement défini, 7 conducteurs de sexe masculin d'âge compris entre 26 et 41 ans ont conduit le véhicule pour effectuer 319 km. Les conditions de circulation : type de rue empruntée, circulation normale ou exceptionnelle (accident, cortège, manifestation, convoi spécial), pente (+/-), travaux, etc. La centrale de mesure est installée à bord et mise en marche juste avant la mise de contact du moteur. On arrête la station de mesure à la fin de chaque circuit parcouru.

2.3. Protocole expérimental de conduite

La mesure de cinématique est effectuée par deux méthodes : véhicule suiveur (qui suit un véhicule inconnu) et véhicule flottant (qui s'insère dans le trafic). L'utilisation de la première méthode - véhicule suiveur - nous permettra de déterminer efficacement le trajet type moyen d'une ville donnée. Une fois le circuit défini, on utilisera le véhicule flottant.

Véhicule suiveur

L'avantage du véhicule suiveur est l'enregistrement d'un grand nombre de données sans devoir équiper plusieurs véhicules ni utiliser plusieurs conducteurs. Il suffit d'utiliser un conducteur professionnel qui pourra s'adapter à toutes les situations de la circulation.

Véhicule flottant

Dans le cas du véhicule flottant (noyé), il y a deux types de conducteurs:

- les conducteurs non avisés

Cette méthode consiste à prêter le véhicule équipé (Vidon, 1996) à des particuliers possesseurs de véhicules similaires pour rouler avec durant la journée. Le conducteur roulera comme si le véhicule était le sien sans restriction aucune, et sans prendre connaissance de l'objet réel de l'expérience. La seule information qu'il aura est qu'il s'agit d'un "test d'un véhicule en circulation réelle d'ordre technique en milieu urbain". Ainsi, les conducteurs du véhicule équipé ne sont guère influencés dans leurs habitudes de conduite.

- les conducteurs avisés

Dans ce cas, le conducteur est informé de l'objet du test.

2.4. Traitement de données

En utilisant un seul véhicule pour l'enregistrement de données cinématiques, utilisé tantôt comme véhicule suiveur, tantôt comme véhicule flottant, nous n'avons pas la prétention de généraliser les résultats obtenus à tout le territoire national, mais d'obtenir des conditions de circulation des véhicules dans les principales villes algériennes. La nature de la circulation dans ces villes est différente selon la topographie et l'activité urbaine de chaque ville.

La méthode de description la plus adaptée à notre problème semble être l'analyse en composante principale. Elle permet d'obtenir la meilleure représentation du nuage des individus (les séquences) dans un espace de dimension réduite (Boughedaoui, 1998 ; Ghandi, 1985; Della Ragione, 1994 ; André, 1998). La méthodologie utilisée peut se décomposer de la façon suivante :

Etape 1 : Recherche de groupements stables d'individus appelés formes fortes résultant d'un algorithme d'agrégation autour des centres mobiles réitérée plusieurs fois à partir de choix initiaux de noyaux différents.

Etape 2 : Classification hiérarchique sur les formes fortes (distance d'inertie et algorithme de Ward entre les différents groupements) permettant d'obtenir une structure plus riche visualisée grâce au dendogramme.

Etape 3 : L'analyse du dendogramme permet de choisir le nombre de classes qui paraît le mieux convenir au problème traité (saut important de l'indice d'agrégation). L'indice introduit par Cormack permet de comparer les qualités de différentes partitions n'ayant pas le même nombre de classes. Parmi les différentes typologies possibles, celle qui maximise cet indice est retenue.

Etape 4 : Consolidation de la partition obtenue en réaffectant chaque individu à la classe dont il est le plus proche après coupure du dendogramme. Chaque classe est ensuite décrite à l'aide de quelques coefficients permettant d'interpréter les différentes classes résultant de l'analyse les unes par rapport aux autres.

3. Résultats de mesure

A partir des données relevées lors des différents enregistrements de vitesse et de régime de rotation du moteur, on calcule les accélérations en prenant la moyenne mobile de période 4 secondes.

Dans une première phase de traitement des données obtenues, on a décomposé tous les trajets effectués en séquences cinématiques.

Le tableau 11 résume les résultats trouvés pour les 2990 séquences obtenues pendant les 60 heures d'enregistrement. L'analyse des distributions de vitesse et d'accélération a permis de regrouper les données en 8 classes de vitesse et 13 classes d'accélération.

Tableau 11 : Variables d'étude des séquences cinématiques

Variable	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Vmoy (km/h)	21,92	12,44	0,75	71,41
tseq (secondes)	142,76	152,48	10	1137
dist (mètres)	705,17	661,70	5	1950
tral (secondes)	23,86	55,84	0	1094
nerv	8,21	7,04	1	39
acco (%)	31,28	26,54	0	96,54

Le tableau croisé vitesse - accélération (tableau 12) montre le poids des faibles accélérations à des vitesses moyennes voisine de 25 km/h qui caractérisent la circulation urbaine en Algérie. La majorité des trajets enregistrés, soit 79%, ont des vitesses et accélérations comprises entre 0 et 40 km/h et - 0.75 et +0.75 m/s² respectivement.

Pour établir ce premier cycle de recherche à partir de séquences cinématiques réelles, plusieurs cycles ont été générés et analysés pour en retenir le plus représentatif, d'une durée de 22 minutes correspondant au parcours moyen en milieu urbain à Alger (figure 36). Les caractéristiques de ce cycle sont :

- vitesse moyenne du cycle : 21,92 km/h
- vitesse maximale : 54 km/h
- vitesse moyenne hors arrêt : 24,15 km/h
- longueur du cycle : 8,448 km
- Accélération maximale: +3,60 m/s²
- Nombre d'arrêt par km: 4,6
- Durée du cycle: 1314 secondes

Tableau 12 : Distribution des vitesses - accélérations

Classes de vitesse (km/h)	Classes d'accélération (m/s ²)												
	-3,25 -3,75	-2,75 -3,25	-2,25 -2,75	-1,75 -2,25	-1,25 -1,75	-0,75 -1,25	-0,25 -0,75	-0,25 +0,25	0,25 0,75	0,75 1,25	1,25 1,75	1,75 2,25	2,25 2,75
0 - 10	0,1	0,1	0,5	3,3	5,8	19,6	27,1	93,2	21,9	14,7	3,7	0,9	
10 - 20		0,1	0,4	2,5	5,2	22,0	40,9	101,9	40,1	24,9	6,8	2,4	0,3
20 - 30		0,1	0,1	1,2	3,6	19,7	44,5	114,3	49,5	26,7	2,6	0,4	
30 - 40			0,1	0,6	1,4	11,1	32,9	103,5	39,2	17,5	1,6	0,1	
40 - 50				0,2	0,4	3,2	10,2	38,1	14,6	4,9	0,5	0,1	
50 - 60					0,1	0,8	2,2	8,2	4,0	1,3	0,1		
60 - 70						0,1	0,2	0,9	0,5	0,2			
70 - 80								0,1					

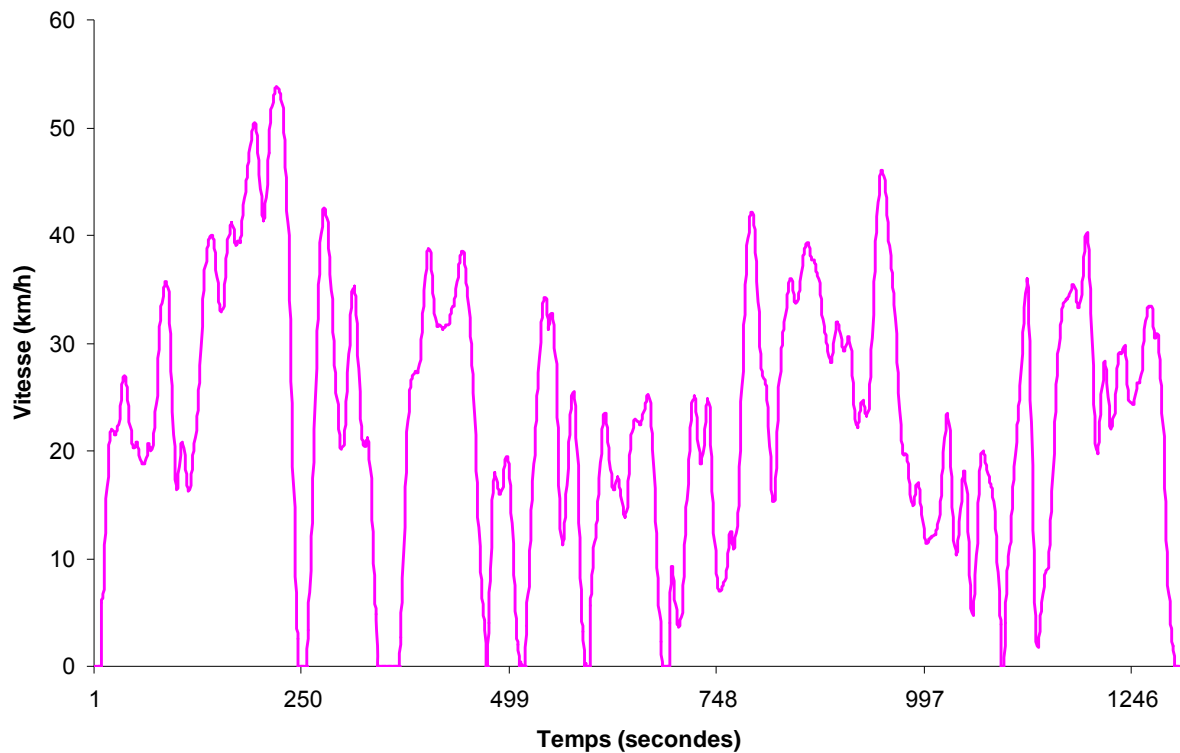


Figure 36 : Cycle urbain développé pour Alger avec des enregistrements effectués en 1999

4. Conclusion

Ce premier cycle de conduite est développé seulement pour Alger à des fins de recherche pour caractériser le trafic à Alger et pouvoir l'utiliser ultérieurement pour des études d'émissions de polluants. Il montre la vitesse moyenne pratiquée en milieu urbain avec les différentes phases d'arrêt et de roulage, d'accélération et de décélération. Le relief d'Alger est une caractéristique morphologique particulière de cette ville qui influe considérablement sur les vitesses pratiquées en pente positive ou négative.

Chapitre IV - Mesure des émissions

1. Etude bibliographique

Le développement de facteurs d'émission unitaires spécifiques basés sur des données nationales du pays concerné est très encouragé par le Groupe Intergouvernemental d'Etude du Climat (GIEC, 2000) afin de réduire les incertitudes lors de la réalisation des inventaires d'émissions de GES dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNCCC). Les émissions unitaires de véhicules deviennent une donnée incontournable pour toute comparaison des niveaux d'émission et tout calcul d'inventaire. La recherche de gisements potentiels de réduction des émissions de GES est devenue très importante depuis l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto en février 2005, dans lequel le développement des lignes de base est justement fondé sur la fiabilité des facteurs d'émission unitaires.

Les facteurs d'émission unitaires par défaut des différentes bases de données internationales (IPCC, CORINAIR, COPERT, Artemis, MOBILE, etc.) ne sont pas représentatifs de la réalité des émissions dans les pays en développement et sont la cause de surestimation ou de sous estimation des émissions de polluants (Corvalan, 2000 ; Van Rymbecke, 1991). Des facteurs d'émissions nationaux peuvent être aussi représentatifs à l'échelle régionale lorsqu'il y a de très fortes similitudes en termes socio-économiques et en termes de parc automobile. C'est très vraisemblablement le cas dans la région du Maghreb pour les trois pays Algérie, Tunisie et Maroc. Ce type d'étude permet non seulement d'analyser les émissions unitaires réelles des véhicules en circulation et de comparer les niveaux d'émission par rapport aux normes lorsqu'elles existent, mais aussi de pouvoir élaborer une réglementation adéquate sur la base de données réalistes du parc du pays ou de la région considérée. Le recours aux données de vente des carburants, comme données fiables pour le calcul des émissions, nécessite aussi l'utilisation de données de consommation unitaire qui tiennent compte des caractéristiques des véhicules en circulation (catégorie, âge, état, kilométrage, etc.), des conditions d'utilisation (vitesse, accélération, charge, pente, etc.) et de l'environnement dans lequel ils sont utilisés (conditions climatiques, état des routes, etc.).

Plusieurs méthodologies sont utilisées pour évaluer les émissions unitaires des véhicules. Le Constant Volume Sampling (CVS) est utilisé sur banc à rouleau au laboratoire (Joumard, 1987) pour la mesure des émissions par la reproduction d'un cycle cinématique représentatif des situations réelles ou normalisées.

C'est la méthode classique et réglementaire d'échantillonnage et de mesure des émissions polluantes unitaires d'un véhicule, basée sur le CVS (figure 37), qui est utilisé pour l'homologation des véhicules neufs. Son utilisation en vue d'obtenir une estimation réelle exige une étude préalable des modes de conduites (cycles de conduites).

Dans cette méthode, les gaz d'échappement sont prélevés à volume constant (CVS), collectés et analysés. Le véhicule est mis sur un banc d'essai à rouleaux et on reproduit au laboratoire les conditions de fonctionnement moyennant le cycle de conduite établi au préalable.

Les gaz d'échappement sont collectés durant l'exécution de cette procédure de test et sont mélangés à un volume complémentaire d'air ambiant filtré (rapport de dilution de l'ordre de 1/8), afin d'obtenir un débit d'air - gaz constant. Des échantillons de ces mélanges à débits contrôlés sont recueillis dans des sacs de collecte des gaz, ainsi qu'un échantillon d'air ambiant qui a servi à la dilution des gaz (échantillon témoin) et sont ensuite analysés.

L'élaboration de cycles de conduites repose sur des données de fonctionnement des véhicules en circulation réelle, et prétend à une certaine représentativité par rapport aux conditions de circulation rencontrées dans le pays (André, 1998).

Des télémessures sur route (Sjödin, 2000 ; Chan, 2004) sont aussi effectuées moyennant une identification des véhicules mesurés par leurs plaques d'immatriculation et le recours à des bases centrales de données de véhicules. Cette technique permet de mesurer un grand échantillon de véhicules en circulation mais ne peut en évaluer la charge embarquée.

Ces deux méthodes ne sont pas adaptées à beaucoup de PED et ne peuvent être utilisées en raison de l'absence de laboratoires équipés de CVS dont les coûts d'équipement et d'exploitation sont très importants, et de l'absence de base de données accessible permettant l'identification des véhicules. Des techniques alternatives de mesure des émissions unitaires avec une instrumentation embarquée à bord du véhicule sont développées à des fins de recherche (Van Ruymbeke, 1991 ; Lenaers, 1996 ; Staab, 1987 ; Vojtisek-Lom, 1997 ; Kvatch, 1998 ; Holmèn, 1998 ; Frey, 2001 ; Miyazaki, 2003). Ces techniques de mesure en embarqué ont révélé des écarts non négligeables entre les émissions mesurées sur cycles normalisés et les émissions mesurées en circulation réelle, en Europe (De Vlieger 1997) et aux États-Unis (Pierson, 1990). Cette méthode permet d'obtenir les données d'émissions polluantes d'un véhicule en des lieux dont les conditions spécifiques sont difficilement reproductibles au laboratoire. Elle élimine aussi les problèmes et les incertitudes posés par la reproduction des conditions réelles de conduite au laboratoire comme l'étalonnage du banc, le refroidissement du moteur, l'état de la chaussée, l'environnement réel du véhicule, la température ambiante, l'ensoleillement, et surtout la représentativité des cycles de conduite.

Cependant la méthode demande une grande rigueur méthodologique quant à la représentativité des conditions de conduite, et est par conséquent assez gourmande en temps d'expérimentation. La fiabilité des méthodologies de mesure embarquée est démontrée par des essais comparatifs au laboratoire et sur route (Van Ruymbeke, 1991 ; 1993 ; Cadle et al, 2003). Ces techniques sont adaptées aux mesures dans les PED car elles ont le double avantage d'être relativement bon marché et de ne pas exiger à priori de cycle cinématique représentatif de la situation réelle, très long à mettre au point.

Zachariadis (2001) ont utilisé le modèle FOREMOVE pour étudier l'effet de l'âge et de la technologie sur les émissions dont les résultats ne peuvent être exploités par les PED. En effet, les hypothèses formulées ne s'appliquent pas au contexte de ces pays car le renouvellement du parc automobile s'effectue plus lentement à cause du niveau socio-économique et ne s'accompagne pas systématiquement d'une amélioration de la technologie utilisée. L'autre hypothèse sur le kilométrage véhicule et les facteurs d'émission supposés être indépendants de l'âge des véhicules est qualifiée d'irréaliste dans le cas des pays européens par l'auteur. Ceci est confirmé par les travaux de Corvalan et Vargas (2003) qui ont expérimentalement démontré que la détérioration des émissions de polluants dépend du kilométrage global des véhicules et des vitesses qui sont liées aux conditions locales de circulation. Les mesures d'émission d'hydrocarbures totaux de véhicules équipés de catalyseurs trois voies à Santiago (Chili) ont donné des facteurs de détérioration 2 à 2,8 fois supérieurs aux prévisions des modèles COPERT et US EPA AP-42 respectivement européen et américain. Ce résultat met en évidence l'importance des mesures locales pour le développement de facteurs d'émissions nationaux.

Plusieurs travaux ont été effectués sur les véhicules utilitaires légers (VUL) qui montrent la particularité des émissions de ces véhicules et l'influence de certains paramètres, dont la charge, sur les émissions unitaires (Joumard, 2003 ; Markewitz, 2005, 2006 ; El Shawarby, 2005 ; Behrentz, 2004, Joumard, 2001; Samaras, 1998). Zallinger (2004) ont étudié l'effet de la charge sur des véhicules particuliers avec une charge maximale de 450 kg pour des cylindrées de 1,2 à 2,1 litres essence et diesel. L'effet de la charge n'a été mis en évidence que pour les véhicules diesel et seulement pour les NO_x et les particules. La variation des émissions des autres polluants due à la charge est du même ordre que leur écart type.

La base de données européenne Artemis, qui regroupe les données de mesures européennes des émissions en provenance de différents laboratoires, inclut et traite la majorité des marques et modèles existant en Algérie. Ces marques et modèles de véhicules utilitaires roulant en Algérie et figurant dans Artemis répondent toutefois à des normes et des conditions de

roulage différentes de celles des véhicules européens. Ce travail permet de les comparer en testant des véhicules de même origine soumis à des usages et environnements différents.

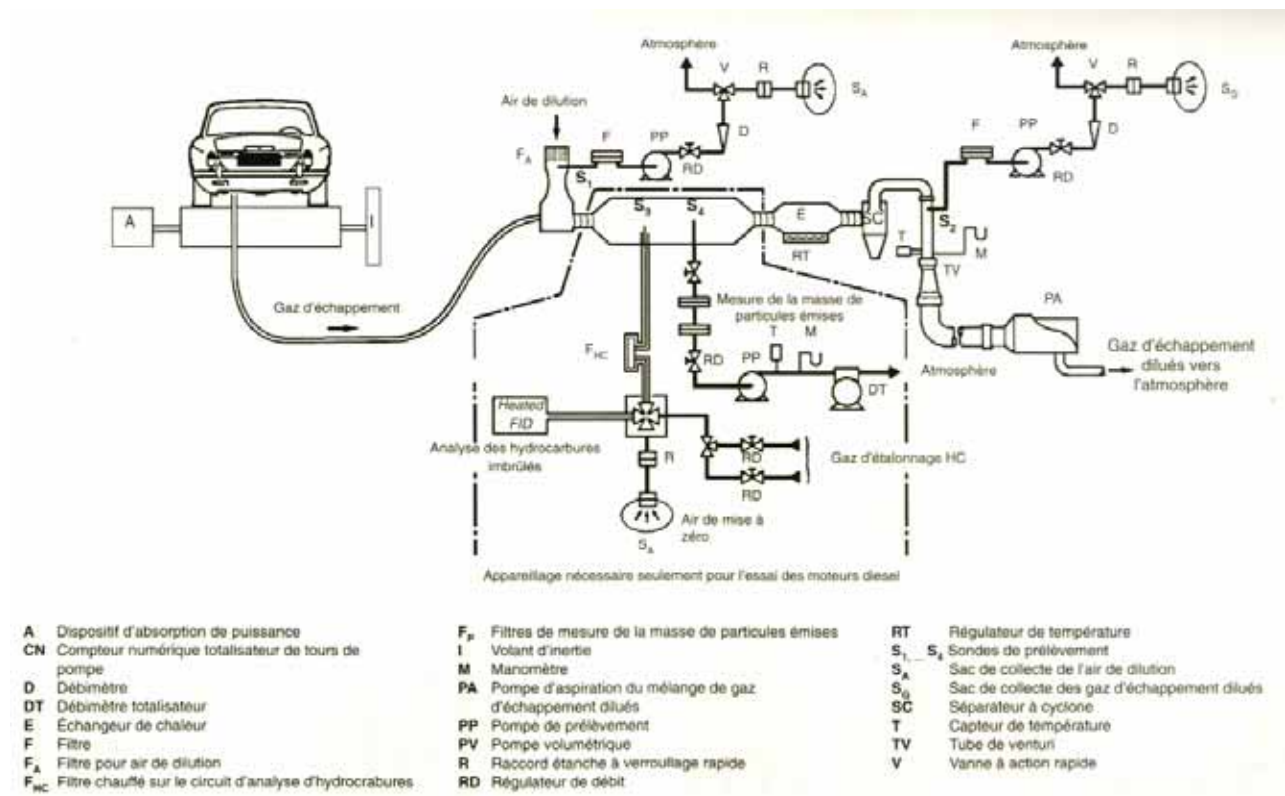


Figure 37 : Schéma du dispositif d'échantillonnage à volume constant : CVS (Guibet, 1997)

2. Méthodologie expérimentale

Les mesures en embarqué des émissions sont effectuées avec le mini CVS sur un échantillon de huit véhicules avec l'enregistrement de la cinématique et l'analyse des quatre polluants : CO₂, CO, HCT, NO_x. Des tests préliminaires ont précédé la campagne de mesure.

2.1. Principe du Mini CVS

Le mini-CVS est un système de mesure similaire au système CVS, mais réduit et simplifié, qui permet de mesurer directement les émissions d'un véhicule en circulation. Il a été développé par le Transport Research Laboratory (TRL, UK) (Potter, 1987) et fut testé par l'INRETS (France) (Van Ruymbeke, 1991). Pour être utilisé dans cette étude, le dispositif a été modifié par l'intégration des analyseurs embarqués et l'enregistrement en instantané des mesures d'émissions et de la cinématique du véhicule (Vidon, 1996 ; Boughedaoui, 2007). Le système de prélèvement est embarqué à bord du véhicule et est relié au tuyau d'échappement. Les gaz d'échappement rejetés par le véhicule passent dans un embout sous forme de cône attaché au pot d'échappement ; l'embout est formé de 112 petits tubes parallèles. Seuls les gaz de l'un des tubes sont amenés à la chambre de dilution, les autres faisceaux étant rejetés à l'extérieur. La fraction de gaz prélevée est inversement proportionnelle au nombre de tubes.

On admet comme hypothèse qu'à ce stade, le débit primaire est divisé en 112 débits égaux. Le principe d'échantillonnage et le montage expérimental embarqué sur véhicule sont représentés en figures 38, 39 et 44.

Le montage réalisé nécessite une autonomie électrique suffisante afin d'effectuer les mesures d'émissions sur des trajets éloignés du laboratoire. Aucun branchement électrique n'est effectué sur la batterie du véhicule afin d'éviter toute influence sur la charge du moteur. L'énergie électrique est fournie par un groupe électrogène d'une puissance de 2,2 kVA pour alimenter les analyseurs, la centrale d'acquisition et l'ordinateur portable. Il est monté sur le toit du véhicule dont les émissions sont évacuées en altitude afin d'éviter toute influence sur l'air de dilution pris à proximité. Le courant est stabilisé par un onduleur d'une puissance de 1 kVA. En plus, une batterie 12 V de forte puissance (200 Ah) est utilisée pour alimenter les huit pompes du mini-CVS fonctionnant en tension continue avec une intensité totale maximale de 32 A.

2.2. Prélèvement

Le prélèvement de l'air de dilution est effectué à la même élévation du sol que l'embout de prélèvement mais à l'opposé de la position du tuyau d'échappement, symétriquement à l'axe du véhicule, afin d'éviter l'air fortement pollué et toute perturbation due à la différence de pression ou de turbulence de l'air à l'arrière du véhicule. Le débit de l'air de dilution est variable et n'est pas mesuré, seul le débit du mélange gazeux dilué est mesuré et est maintenu constant à 300 l/min. Grâce à une série de six pompes montées en parallèle, l'échantillon de gaz prélevé est ensuite dilué dans une chambre de mélange. Une fraction du mélange dilué est prélevée par une septième pompe indépendante à débit réglable et est répartie en trois débits équivalents (de 85 l/min chacun) par un répartiteur à trois voies, qui sont dirigés vers les trois analyseurs de polluants (CO/CO₂, HCT et NO_x). Une huitième pompe indépendante est utilisée pour le prélèvement dans un sac Tedlar d'une capacité de 70 litres d'un échantillon de l'air de dilution avec un débit de 1 l/min, pour être analysé ultérieurement.

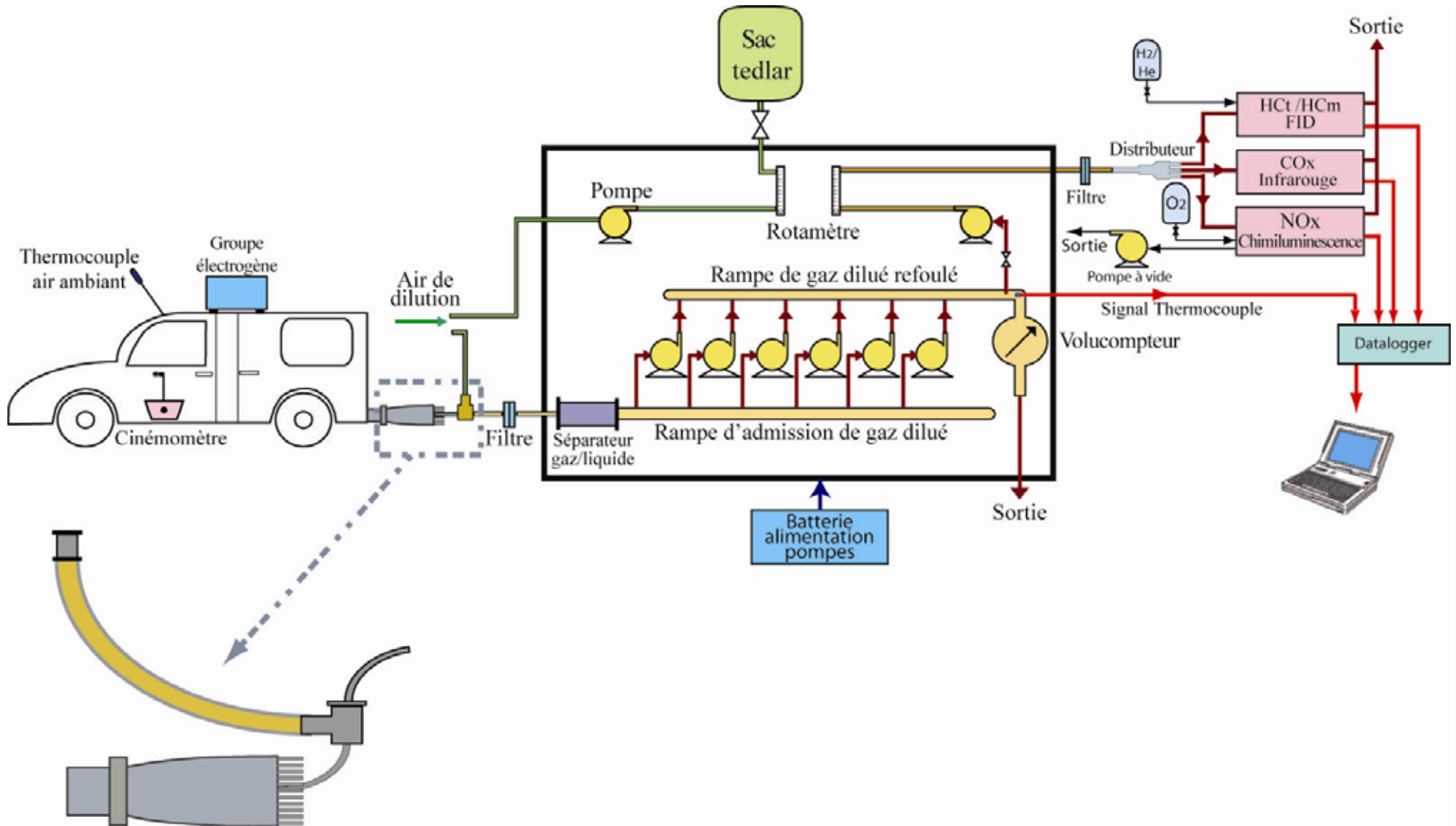


Figure 38 : Schéma du montage expérimental de prélèvement et d'analyses embarqué



Figure 39 : Photos du montage expérimental de mesure embarqué en circulation réelle

2.3. Méthodologie d'analyses

Mesure de CO et CO₂ par Spectroscopie d'absorption infrarouge

Les molécules de monoxyde et de dioxyde de carbone absorbent le rayonnement infrarouge (IR) en transformant l'énergie lumineuse reçue en énergie de vibration-rotation des molécules, détectables sous forme de chaleur. Le domaine spectral utilisé concerne l'infrarouge proche et moyen de 0.75 à 30 μm . Les gaz de combustion automobiles sont analysés sans dispersion spectrale sans décomposition du rayonnement par un prisme ou réseau afin de prendre en compte l'absorption totale sur un intervalle de longueur d'onde.

L'émetteur employé est un filament bobiné en hélice chauffé par effet joule émettant comme un corps noir sur un vaste domaine de longueur d'ondes un rayonnement d'intensité constante en direction du tube de mesure. L'appareil est à double chambre avec un double faisceau avec deux sources IR identiques muni d'un détecteur différentiel. Les faisceaux incidents sont modulés par un modulateur tournant. Le récepteur est constitué de deux cuves successives, délimités par des fenêtres transparentes au rayonnement infrarouge, contenant le même gaz que le gaz à analyser. Dans chacune d'elles, l rayonnement infrarouge correspondant aux longueurs d'onde à analyser provoque une augmentation de la pression du gaz. Chaque cuve est reliée à une entrée de capteur de micro-débit différentiel qui mesure les variations de débit de gaz entre les deux cuves. Ces variations de débit sont pour chaque gaz, proportionnelles à l'intensité du rayonnement à l'entrée du récepteur. Les variations de débits sont transformées en un signal sinusoïdal d'amplitude proportionnelle aux variations de débits. La concentration du gaz est corrigée en fonction de la pression et la température. La figure 40 illustre le principe de mesure de CO et CO₂ par NDIR (Klingenberg, 1996).

L'analyse du monoxyde et du dioxyde de carbone (CO/CO₂) est effectuée avec un appareil de marque COSMA - Environnement SA, type Cristal 300 dont la précision est de 1,5 % sur la pleine échelle avec un temps de réponse de 1s. Le débit du gaz passant dans la cellule de mesure est de 30 l/h. Le zéro de l'appareil est réglé avec l'air reconstitué d'une pureté de 99.95%. L'appareil est étalonné au début de chaque mesure avec des gaz étalons d'Air Liquide. La teneur de monoxyde de carbone (CO) est de 1.03% avec une incertitude absolue de 0.02% dans la gamme haute teneur et avec un gaz étalon de 1400 ppm pour la basse teneur. La teneur du gaz étalon du dioxyde de carbone est de 1.48% avec une incertitude absolue de 0.03%.

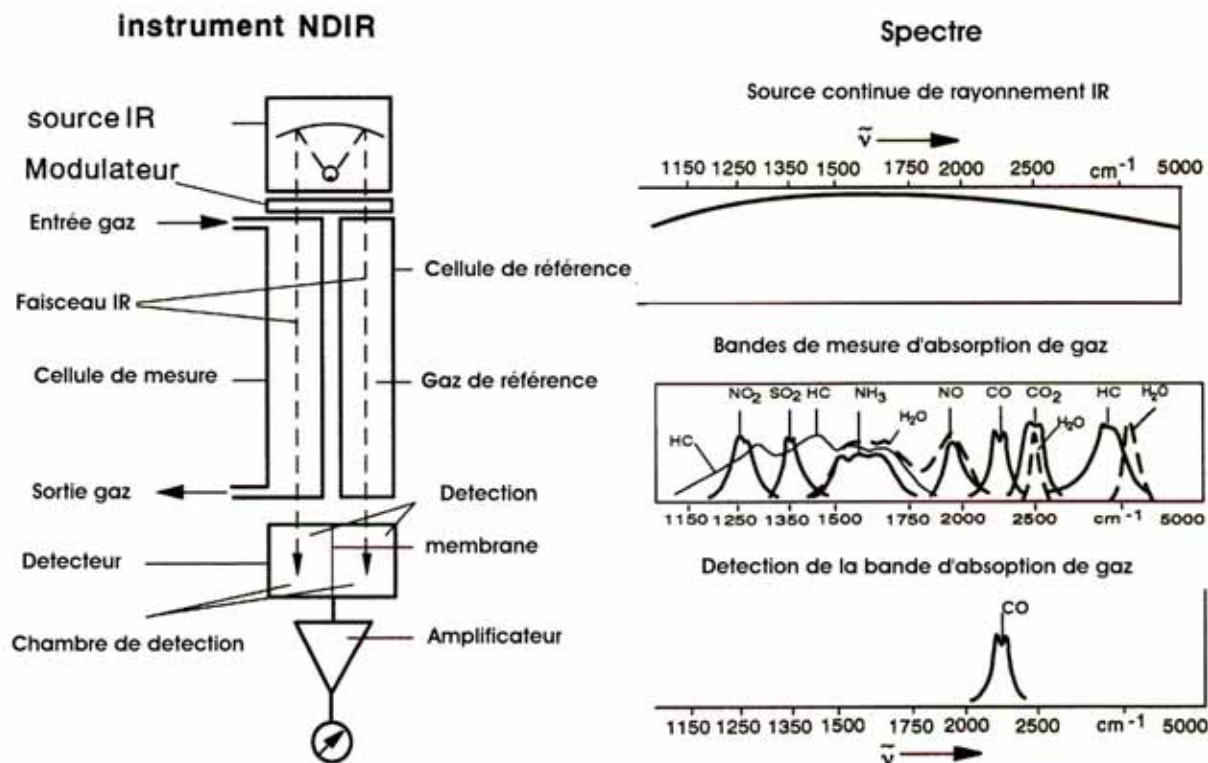
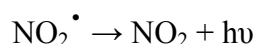
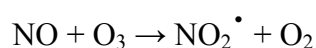


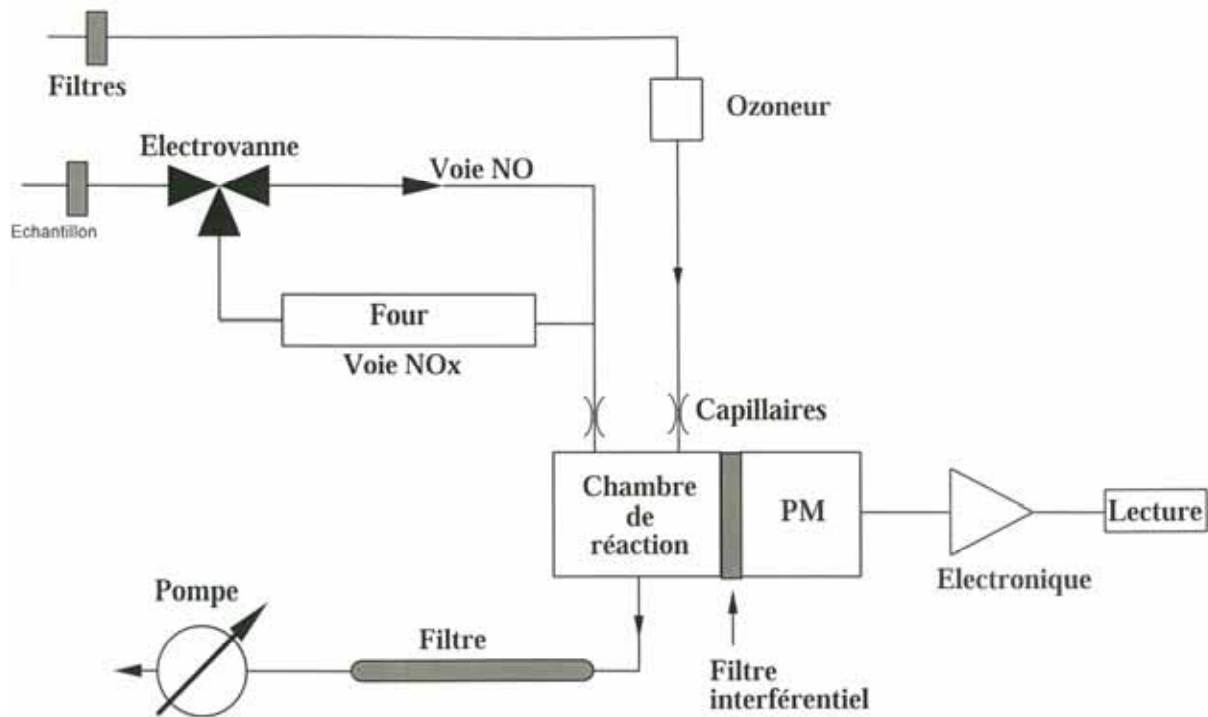
Figure 40 : Schéma de mesure de gaz par NDIR

Mesure de NO_x par Chimiluminescence

Le principe repose sur l'émission de photons de certaines réactions chimiques permettant de quantifier ou de caractériser une espèce en présence. Les molécules de dioxyde d'azote formées par oxydation par l'ozone se trouvent dans un état excité et émettent un photon lors de leur désexcitation dans la bande 0.6 à 3 μm.



L'analyse des NO_x repose sur le principe de la chimiluminescence où les molécules de NO sont oxydées en NO₂ en présence de l'ozone (O₃) produit in situ par une décharge à haute tension. Dans le cas de l'analyse du NO₂, il est décomposé en NO par voie thermique dans un four à Molybdène à 300-400 °C pour être oxydé ensuite par O₃ et analysé par chimiluminescence. Les photons émis sont proportionnels au nombre de molécules désexcitées. Le passage par le four ou le by pass permet de sélectionner la mesure du NO ou NO_x. Le détecteur photomultiplicateur (PM) produit un courant directement proportionnel à la concentration de NO dans le gaz analysé (figure 41).



PM : Photomultiplicateur

Figure 41 : Principe de mesure par chimiluminescence

L'analyse des oxydes d'azote (NO_x) est effectuée par chimiluminescence avec un appareil de marque COSMA - Environnement SA, type Topaze 3010 mono chambre avec 1% de précision de l'étendue de mesure et un temps de réponse de 5s.

Le débit du gaz passant dans la cellule de mesure est de 30 l/h. Le zéro de l'appareil est réglé avec l'air reconstitué d'une pureté de 99.95%. L'appareil est étalonné au début de chaque mesure avec des gaz étalons NO d'une teneur de 494 ppm avec une incertitude absolue de 10 ppm et une incertitude relative de 2% d'Air Liquide. L'appareil est alimenté par l'air pur comme source d'oxygène pour la production de l'ozone.

Mesure des hydrocarbures totaux (HCT) par Ionisation de flamme

Le principe de mesure par détection d'ionisation de flamme (FID) est l'ionisation des molécules d'hydrocarbures dans une flamme d'hydrogène où le nombre d'ions formés correspond au nombre d'atomes de carbone dans la molécule. Le courant d'ionisation provoqué entre l'électrode et le bruleur est fonction du nombre d'atomes de carbone traversant la flamme. L'air reconstitué pur est utilisé comme air comburant et aussi comme gaz zéro pour l'étalonnage dont la teneur en oxygène (O_2) est voisine de la teneur en oxygène du gaz à analyser. Le mélange Hydrogène-Hélium (40% et 60%) est utilisé comme combustible. Les figures 42 a et b illustrent le principe de mesure des HCT (Degobert, 1992).

L'analyse des hydrocarbures totaux (HCT) est effectuée par détection à ionisation de flamme (FID), avec un appareil de marque Cosma - Environnement SA, type Graphite 750. L'appareil est étalonné au début de chaque mesure avec le gaz méthane (CH_4) de teneur de 1009 ppm avec une incertitude absolue de 20 ppm et relative de 2% d'Air Liquide. La teneur en oxygène dans le gaz étalon est de 19.4 ppm avec une incertitude absolue de 0.04 ppm. Les gammes de mesure utilisées sont de 1000 ppm et 100 ppm.

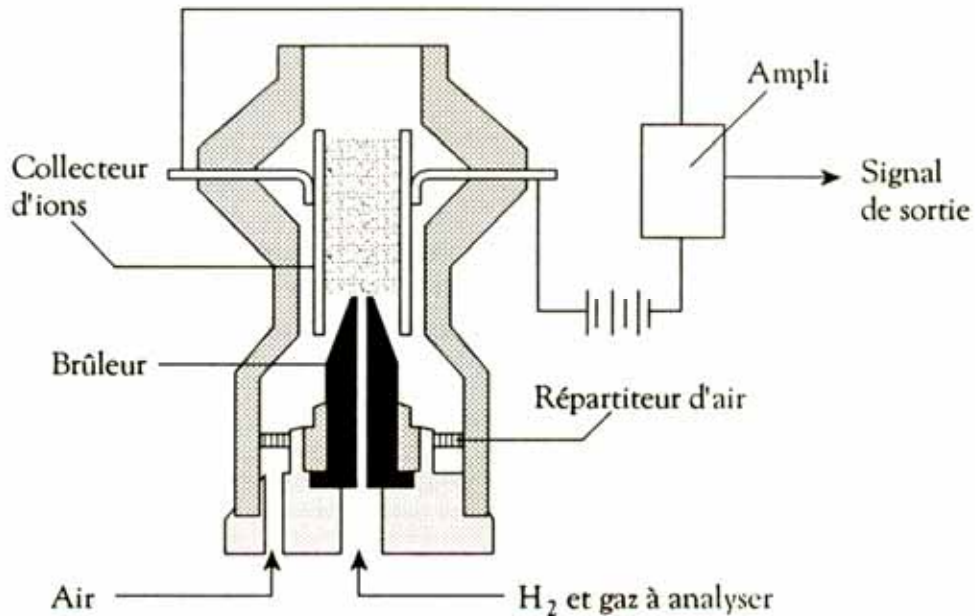


Figure 42 a : Schéma du four dans un système FID

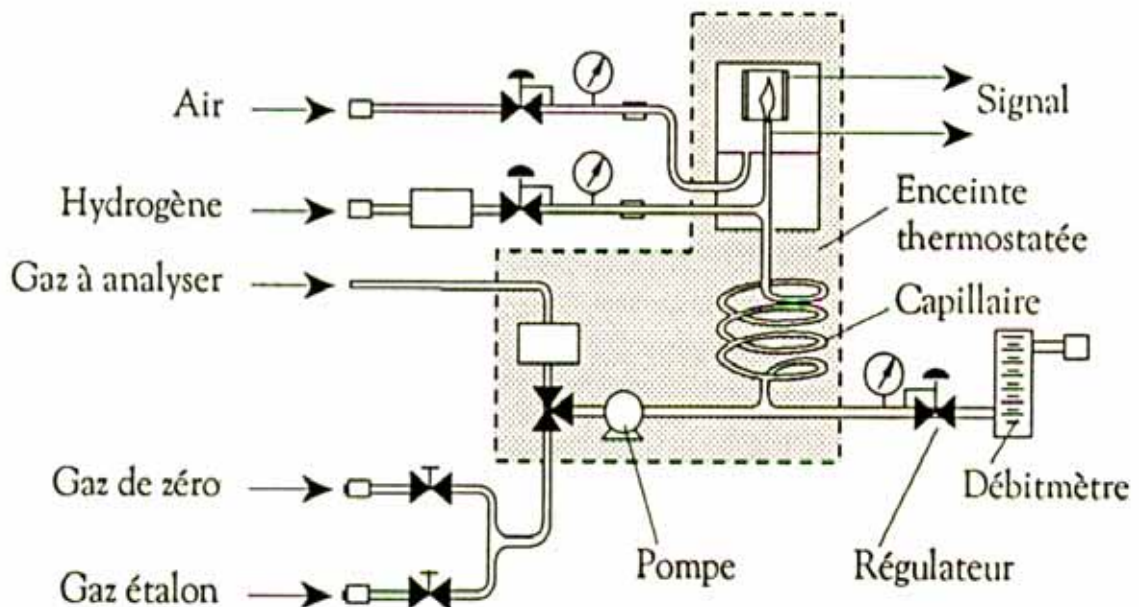


Figure 42 b : Principe de mesure FID

2.4. Cinématique

La vitesse de déplacement des véhicules est enregistrée avec un cinémomètre fonctionnant avec le principe d'effet doppler. La figure 43 (Hata et al., 1991) montre le principe de fonctionnement qui consiste à émettre une onde inclinée par rapport au vecteur vitesse du véhicule qui est réfléchi à une fréquence qui varie selon le déplacement du véhicule. La variation de la fréquence de l'onde émise et réfléchi est proportionnelle à la vitesse du véhicule.

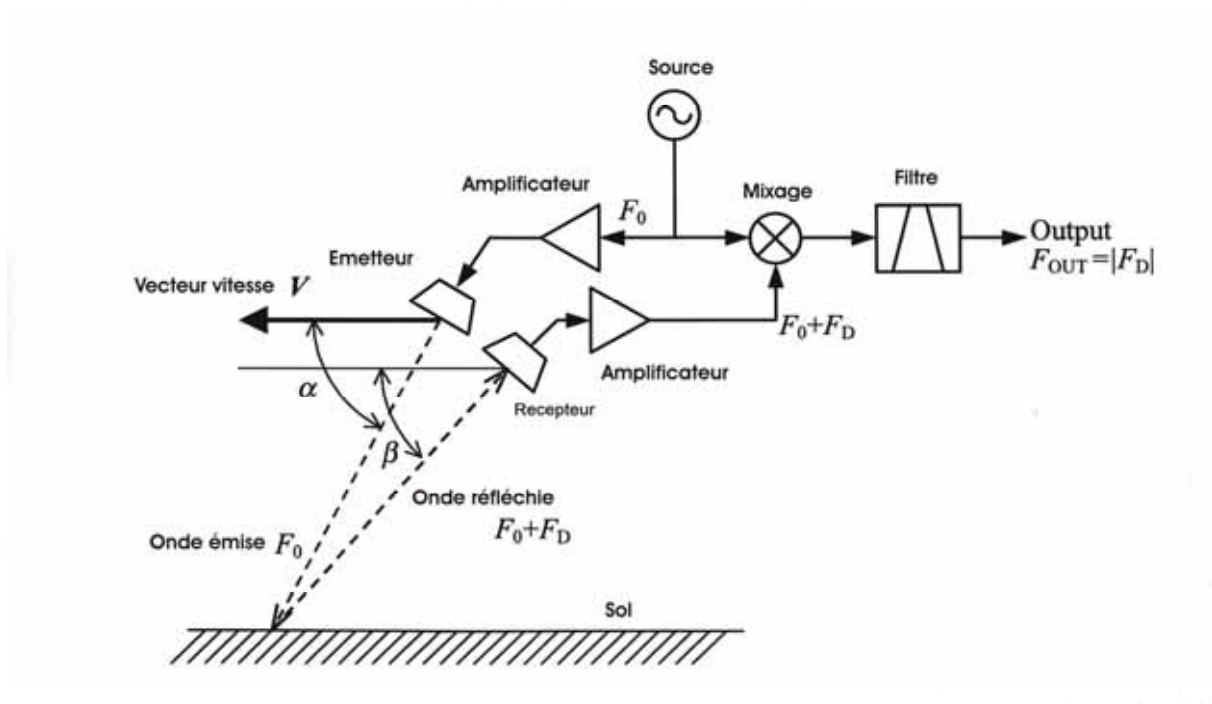


Figure 43 : Principe de mesure de la vitesse par effet Doppler

Un cinémomètre étalonné DRS-6/1aa de marque BS2 Multidata GmbH à effet Doppler est utilisé pour enregistrer la vitesse du véhicule le long du circuit emprunté avec une gamme de mesure de 0 à 200 km/h. La résolution est de 3,8829 mm par pulsation fonctionnant à une fréquence de 24,125 GHz. La précision du cinémomètre est de 0,1 km/h. Une centrale d'acquisition de données munie de trois cartes d'acquisition de données assure l'enregistrement des résultats de mesure de la cinématique et des analyses de polluants ainsi que des températures mesurées des gaz d'émissions et de l'air ambiant. Les vitesses moyennes caractérisant le circuit emprunté lors de la campagne de mesure est donné au tableau 13.

Tableau 13 : Données cinématiques des circuits urbains

	Vitesse moyenne (km/h)	Vmax (km/h)	Temps d'arrêt (s)	Nombre d'arrêts	Accél. positive moyenne (m/s-2)	Durée parcours (s)	Longueur Moyenne de parcours (m)
Moyenne (écart type)	16.1 (3.5)	50.5 (6.4)	268 (131)	20.5 (15.3)	0.60 (0.04)	1339 (233)	6370 (0.17)

2.5. Tests de validation

L'ensemble du montage est testé avec un moteur à combustion interne fixe au laboratoire pour vérifier les différents débits, la réponse des analyseurs avec l'injection des gaz étalons sur le circuit gazeux, et la durée d'autonomie des deux sources d'énergie que sont la batterie et le groupe électrogène. Les tests effectués montrent que la batterie a une autonomie de 7 heures de fonctionnement du mini CVS avec un débit de gaz constant de 38 l/h. Au delà de 7 heures d'utilisation, la tension de la batterie chute en deçà de 11,5 volts, entraînant une instabilité du débit des pompes du mini CVS. Pour cette contrainte d'approvisionnement en électricité, la durée des essais est fixée au maximum à 7 heures par jour avant de regagner le laboratoire et de recharger la batterie pendant toute la nuit pour le jour suivant. Les trois débits de gaz dilué du répartiteur sont mesurés pour déterminer la répartition du gaz à analyser, sachant que les trois analyseurs disposent de pompes internes aspirant le débit utile. Le répartiteur assure la distribution équitable du gaz échantillonné et dilué aux trois analyseurs. La mesure des trois débits a permis de vérifier leur stabilité autour de 85 l/min.

Le test de mesure réel avec tout le montage expérimental embarqué sur un véhicule utilitaire de type Renault Express est effectué afin de retrouver les gammes réelles de mesure des émissions instantanées et de calibrer les analyseurs. Par ailleurs, ces essais permettent aussi de vérifier la stabilité des débits du circuit des gaz en circulation réelle tenant compte des perturbations mécaniques et des turbulences aérodynamiques et de vérifier et d'affiner tous les réglages techniques. La stabilité des analyseurs est aussi vérifiée par l'injection de gaz étalons. La charge globale des équipements et accessoires à bord du véhicule est de 460 kg.

2.6. Méthode de calcul des émissions

La masse de polluant émise par le véhicule reste invariable contrairement à la concentration qui varie en fonction du volume sous l'influence de la pression et de la température. On admet que la division du volume de gaz émis par le véhicule est homogène pour tous les polluants.

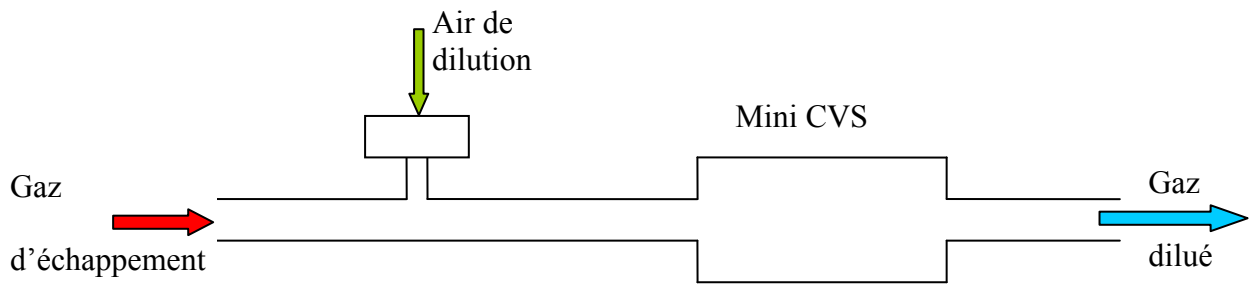


Figure 44 : Schéma du circuit des gaz prélevés par mini CVS

On a :

$$m_i = m_i^e + m_i^a \quad \text{ou} \quad m_i^e = m_i - m_i^a$$

avec :

m_i^e : masse de polluant i émise par le véhicule à l'échappement

m_i^a : masse de polluant i introduite par l'adjonction d'air

m_i : masse de polluant i contenue dans le mélange

Nomenclature :

i : gaz polluant i

T : température

a : air dilution

P : pression

e : échappement

ρ_i : masse volumique du polluant i

V_i : volume gaz polluant i

M_i : masse molaire du polluant i

V_e : volume gaz d'échappement

V_a : volume air de dilution

V : volume total de mélange

c_i^a : concentration volumique du polluant i dans l'air

c_i : concentration volumique du polluant i dans le mélange

Indices :

o : Conditions normales de température et de pression ($T_o=273,15K$ et $P_o=101,3$ kPa)

1 : Conditions de T et P dans gaz d'échappement

2 : Conditions de T et P dans air de dilution

3 : Conditions de T et P dans mélange après prélèvement.

Par ailleurs on a :

$$m_i^a = \rho_i(T_2, P_2) \cdot V_i(T_2, P_2) = \rho_i(T_2, P_2) \cdot \frac{V_i(T_2, P_2)}{V_a(T_2, P_2)} \cdot V_a(T_2, P_2) = \rho_i(T_2, P_2) \cdot c_i^a \cdot V_a(T_2, P_2)$$

La concentration volumique du polluant i, est indépendante des conditions de température et de pression.

Le gaz polluant i étant très dilué aussi bien dans le mélange que dans l'air de dilution, on peut l'assimiler à un gaz parfait, soit :

$$\rho_i(P, T) = M_i \frac{P}{RT} \quad \text{d'où} \quad \rho_i(P_2, T_2) = \rho_i(P_0, T_0) \frac{T_0}{T_2} \frac{P_2}{P_0} = \rho_i(P_0, T_0) \frac{T_0}{T_2} \quad \text{avec } (P_2 \approx P_0)$$

Finalement on obtient:

$$m_i^a = \rho_i(T_0, P_0) \frac{T_0}{T_2} \cdot c_i^a \cdot V_a(T_2, P_2)$$

De la même manière on trouve pour masse totale contenue dans le mélange:

$$m_i = \rho_i(T_0, P_0) \frac{T_0}{T_3} \cdot c_i \cdot V(T_3, P_3)$$

En considérant que :

$$P_3 \approx P_2 \approx P_0 \quad \text{et} \quad T_3 \approx T_2$$

Alors la masse de polluant émise à l'échappement devient :

$$m_i^e = \rho_i(T_0, P_0) \frac{T_0}{T_3} \cdot [c_i \cdot V(T_3) - c_i^a \cdot V_a(T_2)]$$

En posant :

$$K = \rho_i(T_0, P_0) \frac{T_0}{T_3} \quad \text{et sachant que } V_a(T_3) = V_a(T_2) \text{ puisque } T_3 = T_2 \text{ et } P_3 = P_2$$

Il vient que :

$$m_i^e = K \cdot V(T_3) \left[c_i - c_i^a \cdot \frac{V_a(T_3)}{V(T_3)} \right]$$

Le rapport $\frac{V_a}{V}$ (à même T et P) correspond à la relation de dilution entre les gaz d'échappement et l'air ambiant. Cette relation de dilution est déterminée à partir des concentrations de polluants mesurées, par l'intermédiaire d'un facteur de dilution moyen DF :

$$DF = \frac{V(T_3)}{V_e(T_3)} = \frac{13,4}{[c_{CO_2} + (c_{HC} + c_{CO}) \cdot 10^{-4}]} \quad \text{avec } [CO_2] \text{ en } \% ; [HC] \text{ et } [CO] \text{ en ppmv}$$

l'indice i représentant les polluants CO₂, CO et HC.

D'où :

$$\frac{V_a(T_3)}{V(T_3)} = \frac{V(T_3) - V_e(T_3)}{V(T_3)} = 1 - \frac{1}{DF}$$

et finalement, la masse de polluant émise par le véhicule au cours d'un essai devient:

$$m_i^e = K.V(T_3) \left[c_i - c_i^a \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right]$$

où pratiquement :

- $V(T_3)$ représente le volume total de gaz d'échappement dilué comprenant celui mesuré par le volucompteur au cours de l'essai auquel il faudra ajouter le volume du gaz échantillon analysé (multiplication du débit de l'échantillon par le temps).
- c_i représente la concentration volumique du polluant i mesurée par l'analyseur correspondant exprimée en valeur absolue pour tous les polluants, exemple :

$$\begin{aligned} \text{valeur } Y \text{ en } \% \text{ correspond à } Y \times 10^{-2} \\ \text{et valeur } Z \text{ en ppm correspond à } Z \times 10^{-6} \end{aligned}$$

à l'exception du calcul du facteur de dilution DF où il faut exprimer les concentration en % pour CO_2 et en ppm pour HC et CO.

- c_i^a représente la concentration du polluant i mesurée dans l'air de dilution (air ambiant).
- DF : facteur de dilution calculé à l'aide des concentrations volumiques c_i par la formule ci-dessus.

La quantité de polluant émise ainsi calculée devra être à nouveau multipliée par les 112 tubes de l'embout, soit une masse totale de :

$$m_{i \text{ (totale)}}^e = 112 * m_i^e$$

2.7. Description de la campagne de mesure

Un échantillon de huit véhicules utilitaires de moins de 1,2 t et donc de catégorie NI-1 est sélectionné au sein du parc roulant algérien privé, comprenant 2 véhicules essence de 1,4 l de cylindrée et 6 véhicules diesel de cylindrée entre 1,6 et 1,9 l. Le tableau 14 résume les caractéristiques de cet échantillon. Ces fourgonnettes sont très utilisées en Algérie compte tenu de leur souplesse et de leur faible encombrement. Tous ces véhicules appartiennent à des particuliers et constituent leurs biens propres, et sont utilisés aussi bien pour un usage professionnel que personnel. Les deux véhicules d'année 1993 et 1996 ont subi des réparations de leur moteur par leur propriétaire juste avant la campagne de mesure. Les deux véhicules à essence sont assez âgés car les VUL à essence neufs sont très rares, en raison de la

forte tendance vers la diésélisation des VUL ces dernières années. Ceci est dû au très faible coût du gazole comparé à l'essence et au kilométrage élevé parcouru par ce type de véhicule. La taille de nos deux échantillons essence et gazole est tout à fait comparable à la taille des échantillons de la base de données Artemis, qui regroupe les essais des laboratoires européens. Globalement l'ensemble des mesures d'émissions issues de la base Artemis ne concerne que 30 véhicules de catégorie NI-1. Nous avons délibérément choisi des véhicules de même marque (Renault) afin d'éviter les effets de marque, mais ils seront diversifiés lors des prochaines campagnes de mesure. Dans leur utilisation quotidienne, les véhicules testés portent très souvent des charges très variables allant de deux à trois personnes en plus du chauffeur, ce qui constitue une charge moyenne de l'ordre de 200 kg. Dans nos essais, la charge de 460 kg incluant le conducteur, correspond à des charges de 43% et 60% pour des véhicules essence et gazole. Par rapport à la littérature des mesures d'émissions, ces charges sont relativement élevées.

A cette date en Algérie, il n'y a pas de norme d'homologation des véhicules neufs. Si les véhicules mis sur le marché respectent une quelconque norme, elle reste inconnue pour les utilisateurs et pour les professionnels de l'automobile en Algérie : les constructeurs automobiles ne divulguent pas cette information (plusieurs tentatives auprès d'eux et des concessionnaires locaux n'ont pas été concluantes à ce jour). Ceci pose de véritables problèmes d'évaluation des niveaux d'émission et de comparaison des données. Le seul repère est l'année de mise en circulation du véhicule qui ne peut en aucun cas renseigner sur la norme du véhicule en question car les importateurs ne sont pas contraints par la législation algérienne de respecter la norme européenne. En tout état de cause, les véhicules essence testés ne sont pas équipés de catalyseur trois voies et les véhicules diesel ne sont pas équipés de catalyseur d'oxydation ni de filtre à particules.

Les essais sont effectués à Blida de septembre à novembre 2005. L'agglomération de Blida compte environ 780 000 habitants et est située à 50 km au sud de la capitale Alger. Le parc de la wilaya de Blida est le deuxième parc après celui d'Alger, avec 6,4% du parc national et 7,7% des VUL (ONS, 2006). La ville constitue un important pôle agricole, commercial et industriel. La topographie de la ville présente une pente moyenne de 1,5%. Le circuit est choisi pour représenter les artères et les rues de la ville de Blida les plus fréquentées. Ce circuit, d'une longueur de 6,4 km, est sélectionné sur la base de plus de 1000 km d'enregistrements cinématiques effectués par un véhicule suiveur noyé dans le trafic de la ville (Boughedaoui, 1999). Chaque véhicule effectue de 5 à 13 essais urbains à la même période de la journée, ce qui donne un nombre total de 55 essais urbains, correspondant à plus

de 480 km. Chaque véhicule effectue en outre des essais sur route nationale et sur autoroute, où la vitesse maximale autorisée est de 80 km/h, sur des circuits de 10 à 15 km de longueur. La température ambiante moyenne des essais est de 22,8°C, proche de celle d'Artemis qui est de 23°C. Sans aucune maintenance ni entretien préalable, le premier test de chaque véhicule, à l'arrêt pendant toute la nuit, constitue une mesure à froid. Ces essais à froid sont effectués dans les mêmes conditions que les essais à chaud. Le véhicule est noyé dans le flux du trafic du circuit choisi et est conduit par un seul conducteur afin d'éliminer la variabilité associée au conducteur qui peut être significative selon les résultats de Holmèn et Niemeier (1998). Il a pour consigne de conduire normalement en suivant le flux tout en évitant des comportements extrêmes, afin de reproduire la conduite moyenne le plus fidèlement possible.

Tableau 14 : Caractéristiques de l'échantillon des véhicules testés quant aux émissions

Carburant	Marque	Modèle	Année	Norme UE véh. équiv.	Pseudo norme en Algérie	Cylindrée (l)	Masse à vide (kg)	Kilométrage (Milliers km)	Nbre essais
Essence	Renault	Express	1988	Pré Euro	Pseudo Euro zéro	1,4	770	626,6	11
	Renault	Express	1989	Pré Euro	Pseudo Euro zéro	1,4	770	765,2	3
	<i>Moyenne</i>					<i>1,4</i>	<i>770</i>	<i>695,9</i>	<i>7</i>
Diesel	Renault	Express	1993	Euro I	Pseudo Euro I	1,6	770	286,9	11
	Renault	Express	1996	Euro I	Pseudo Euro I	1,9	770	242,7	7
	Renault	Kangoo	2000	Euro II	Pseudo Euro II	1,8	1060	191,1	7
	Renault	Kangoo	2001	Euro III	Pseudo Euro II	1,8	1060	98,4	9
	Renault	Kangoo	2002	Euro III	Pseudo Euro II	1,8	1060	152,1	3
	Renault	Kangoo	2004	Euro III	Pseudo Euro II	1,8	1060	9,4	4
	<i>Moyenne</i>					<i>1,8</i>	<i>963</i>	<i>163,4</i>	<i>7</i>

3. Résultats expérimentaux

Chaque véhicule ayant fait l'objet de plusieurs essais, les résultats moyens par véhicule et sous-échantillon de véhicules correspondent à la moyenne des essais effectués (tableau 15). La figure 45 montre les émissions unitaires de CO, CO₂, NO_x et HCT des véhicules diesel comparées aux émissions européennes Euro I et II (Artemis). La figure 46 montre les émissions unitaires de CO, CO₂, NO_x et HCT des véhicules essence comparés aux émissions européennes pré-Euro (Artemis). Les écarts types relatifs sont de l'ordre de 33% pour l'ensemble des essais et des polluants. Ces écarts types sont probablement en grande partie dûs aux différences de cinématiques entre essais. Par ailleurs, en l'absence de norme

d'émission ou de données de mesure d'émissions de polluants de véhicules en Algérie, nous cherchons à comparer nos résultats avec les niveaux d'émissions des véhicules européens du modèle d'émissions Artemis pour des véhicules équivalents (Markewitz et Joumard, 2005, 2006). :

- véhicule essence Euro zéro de 1989 de 1,6 l,
- véhicules diesel Euro I de 1992 de 1,8 l, et Euro II de 1997 de 1,9 l,

Pour ces mêmes véhicules, les consommations de carburant moyennes Artemis sont calculées à partir des données de consommation de la base d'Artemis. Les émissions Artemis sont calculées en utilisant le modèle pour les mêmes conditions de vitesse que nos propres essais et des charges maximales de 25% tolérées par le modèle Artemis.

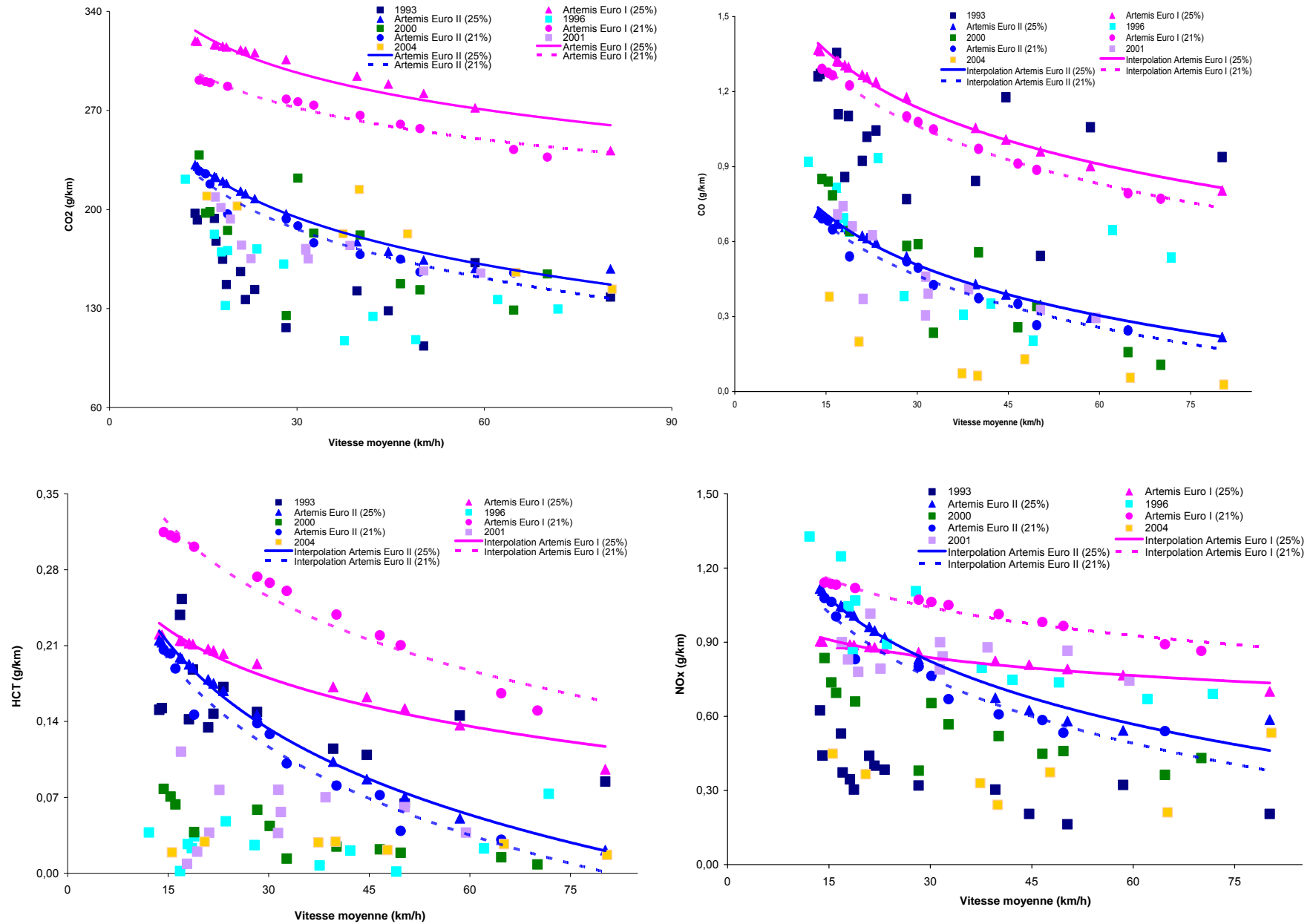


Figure 45 : Emissions unitaires de polluants des VUL diesel comparées à Euro I et II

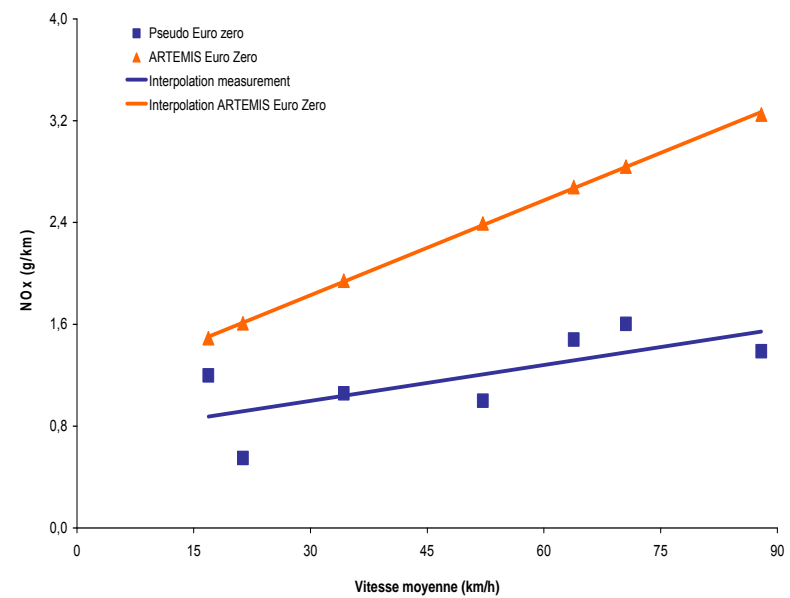
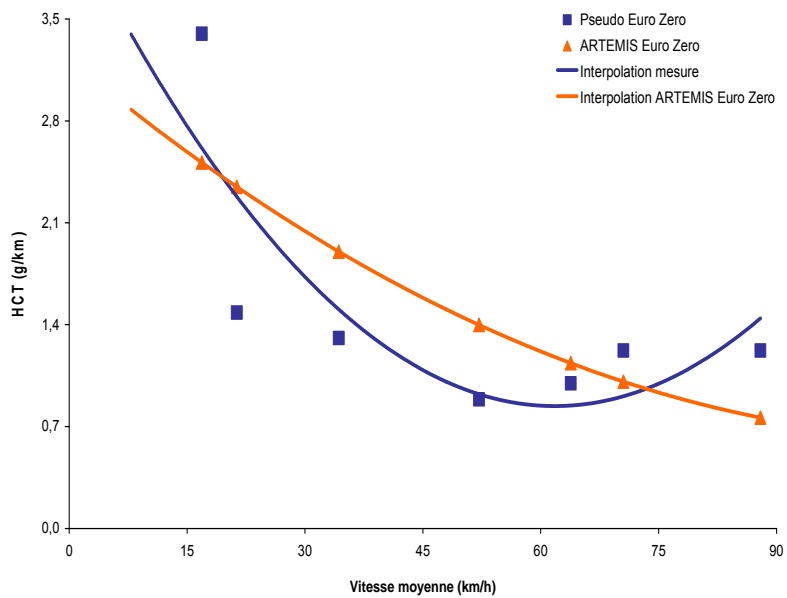
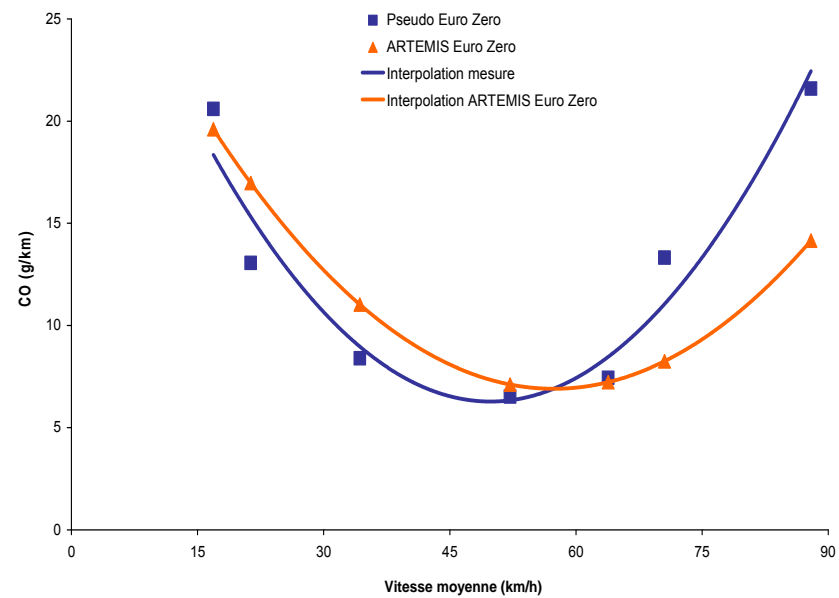
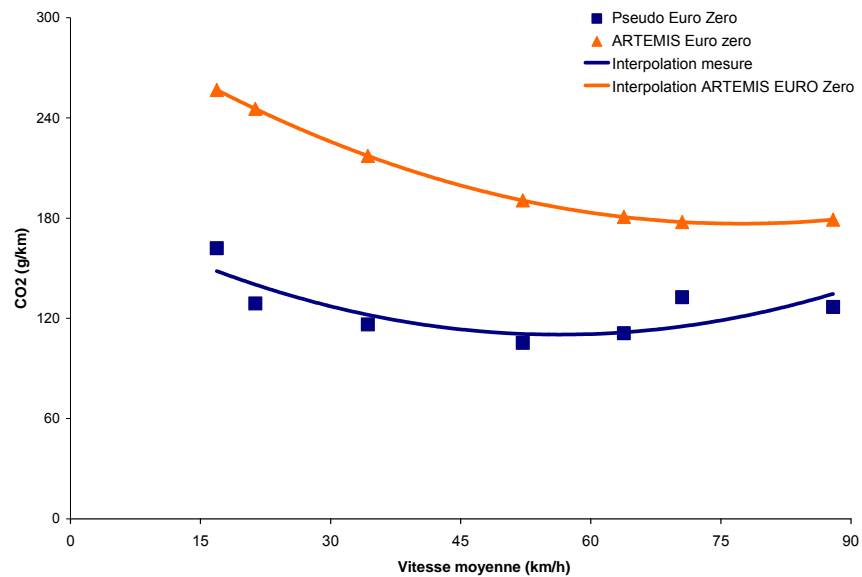


Figure 46 : Emissions unitaires de polluants des VUL essence comparées à Euro zéro

Tableau 15 : Moyenne et écart type des émissions de l'échantillon de véhicules

Carburant	Année véhicule	Moyenne (g/km)					Ecart type relatif (%)					
		CO ₂	CO	HCT	NO _x	Conso.	CO ₂	CO	HCT	NO _x	Moy. polluants	Conso.
Essence	1988	125,1	11,87	1,47	1,19	56,2	15	34	22	31	25	24
	1989	121,6	12,11	1,36	1,09	58,7	17	30	28	32	26	28
	<i>moyenne pseudo Euro zéro</i>	<i>123,4</i>	<i>11,99</i>	<i>1,42</i>	<i>1,14</i>	<i>57,4</i>	<i>16</i>	<i>32</i>	<i>25</i>	<i>31</i>	<i>26</i>	<i>24</i>
Diesel	1993	152,2	0,89	0,14	0,32	57,5	18	77	53	28	44	22
	1996	134,7	0,46	0,02	0,85	52,5	18	41	76	11	36	19
	2000	170,0	0,47	0,03	0,55	62,5	17	18	34	14	21	28
	2001	175,3	0,46	0,06	0,65	59,0	10	23	62	25	30	10
	2002	136,4	0,89	0,1	0,32	60,1	11	33	44	34	30	39
	2004	187,7	0,15	0,02	0,39	67,7	8	24	17	47	24	16
	<i>moyenne pseudo Euro I</i>	<i>143,5</i>	<i>0,68</i>	<i>0,08</i>	<i>0,59</i>	<i>55,0</i>	<i>18</i>	<i>59</i>	<i>65</i>	<i>19</i>	<i>40</i>	<i>21</i>
<i>moyenne pseudo Euro II</i>	<i>167,4</i>	<i>0,49</i>	<i>0,05</i>	<i>0,48</i>	<i>62,3</i>	<i>11</i>	<i>25</i>	<i>39</i>	<i>30</i>	<i>26</i>	<i>23</i>	

3.1. Emissions à chaud

La comparaison des résultats des émissions unitaires des polluants de tous les véhicules diesel et essence en fonction de la vitesse moyenne des essais (figure 45, 46) avec les émissions du modèle Artemis met en évidence que :

- Nos véhicules essence sont proches des véhicules européens Euro zéro (cf. figures 46). Nous les qualifions donc de pseudo Euro zéro.
- Les véhicules diesel des années 1993, 1996 ont des émissions proches de celles des véhicules européens répondant à la norme Euro I (cf. figures 47-49); les autres véhicules diesel ont des émissions proches de la norme Euro II (cf. figures 50-54). Nous les qualifions donc respectivement de pseudo Euro I et pseudo Euro II, ce qui nous permet de répartir notre échantillon de véhicules diesel en deux groupes.

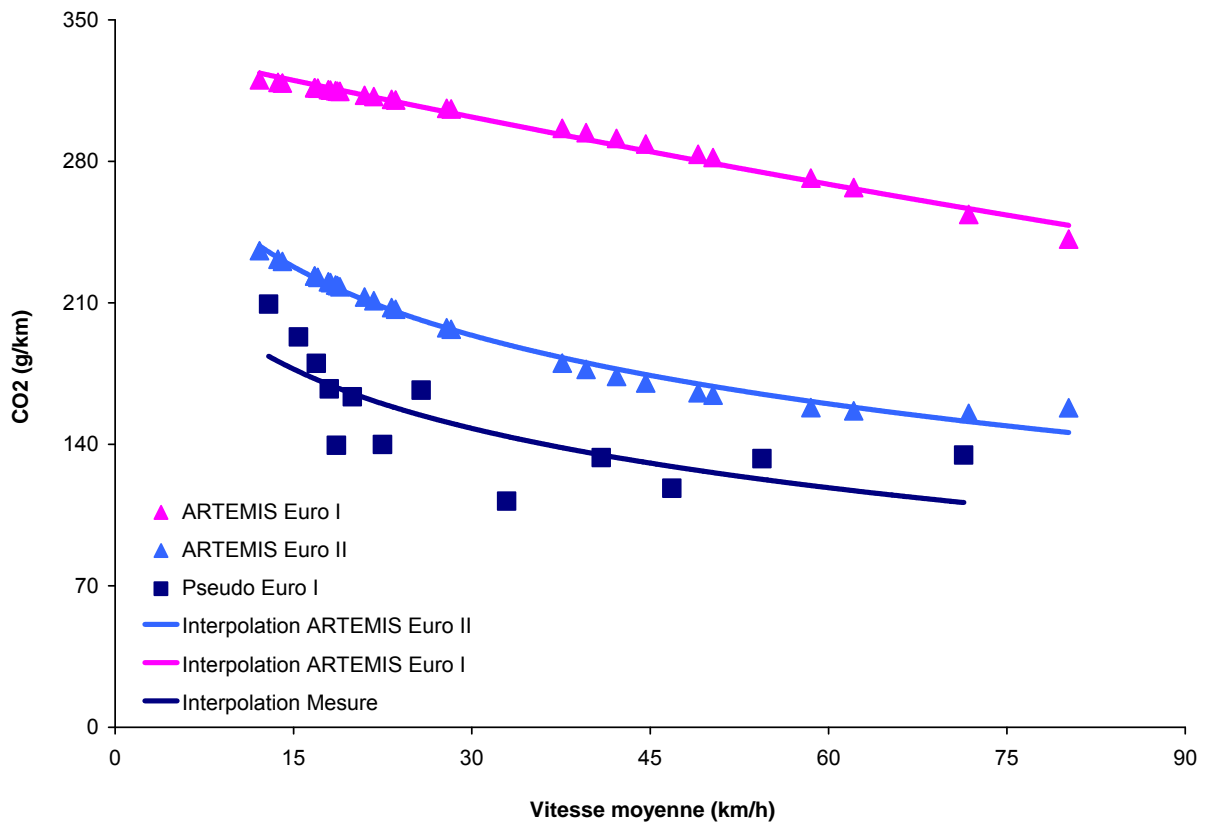


Figure 47 : Emissions unitaires de CO₂ des VUL diesel pseudo Euro I en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.

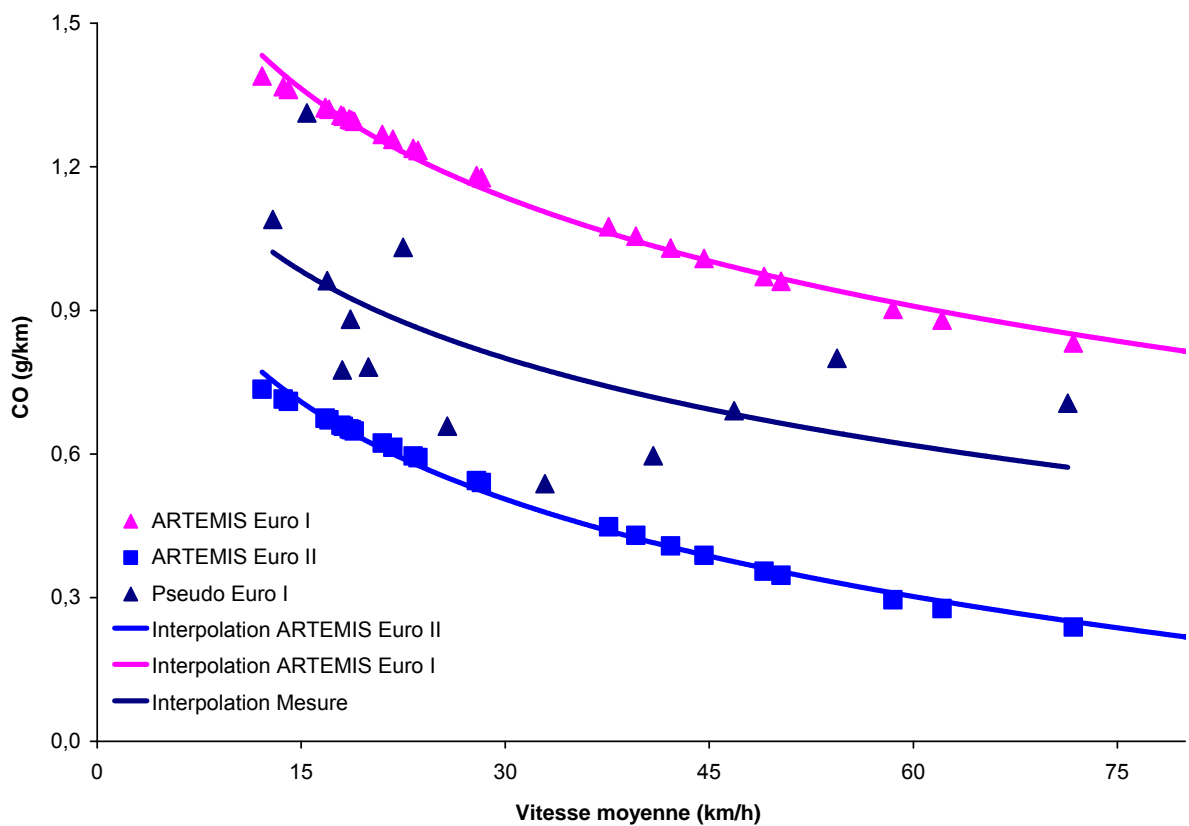


Figure 48 : Émissions unitaires de CO des VUL diesel pseudo Euro I en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.

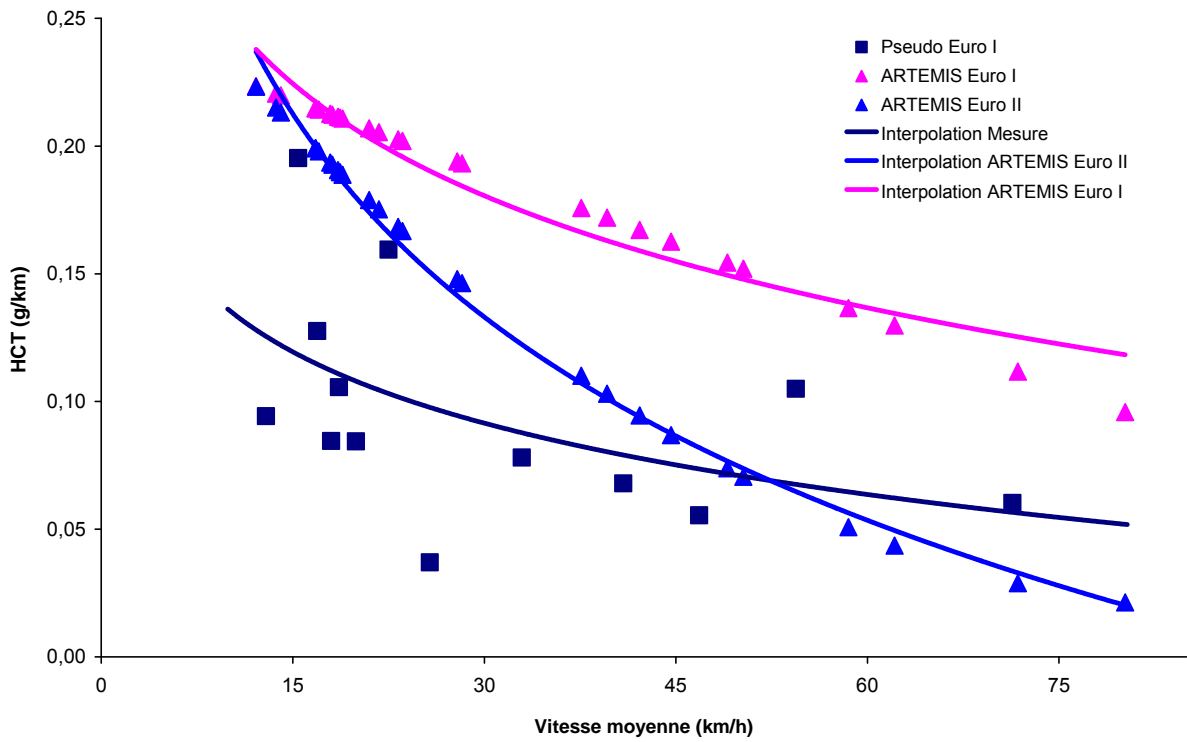


Figure 49 : Émissions unitaires de HCT des VUL diesel pseudo Euro I en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.

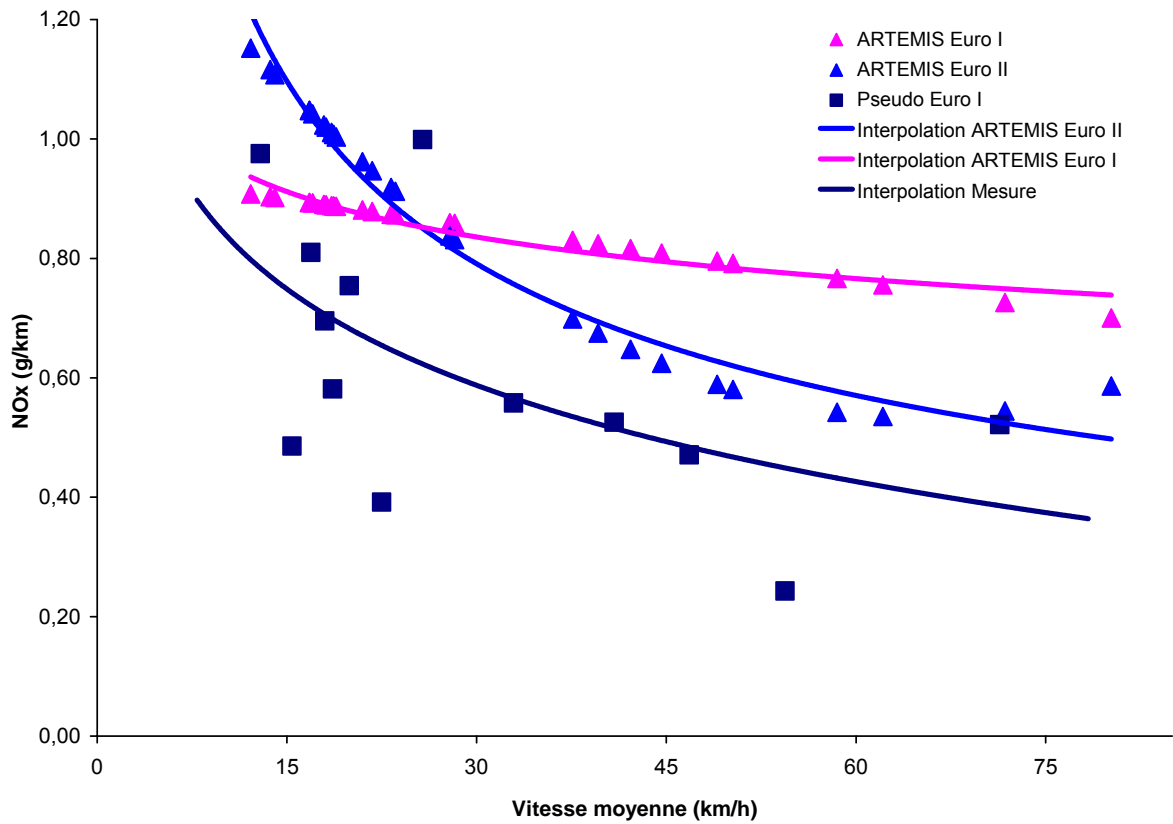


Figure 50 : Émissions unitaires de NO_x des VUL diesel pseudo Euro I en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.

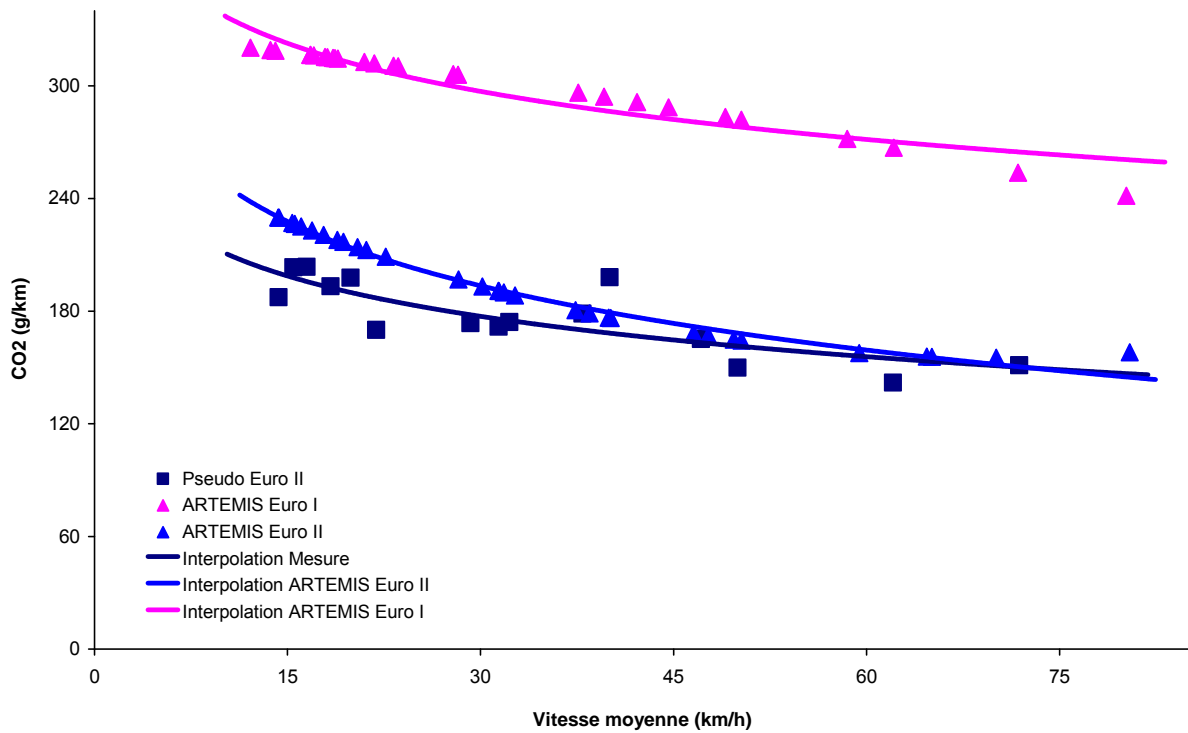


Figure 51 : Émissions unitaires de CO₂ des VUL diesel pseudo Euro II en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.

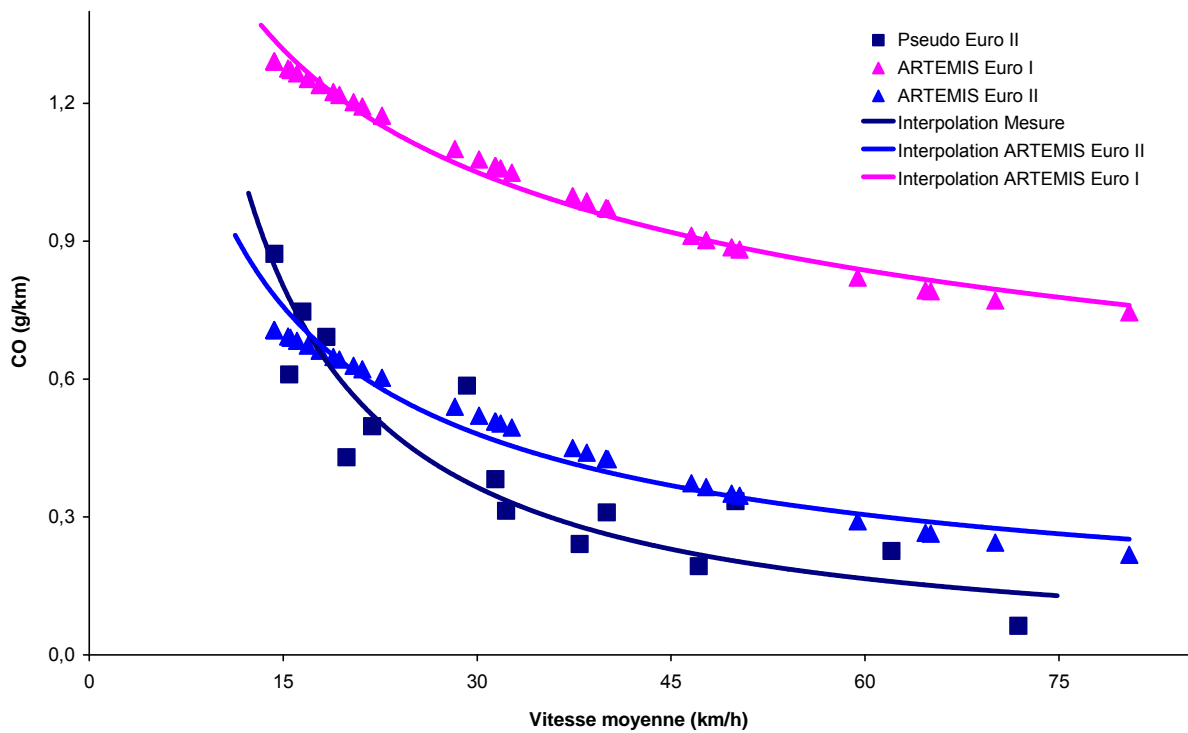


Figure 52 : émissions unitaires de CO des VUL diesel pseudo Euro II en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.

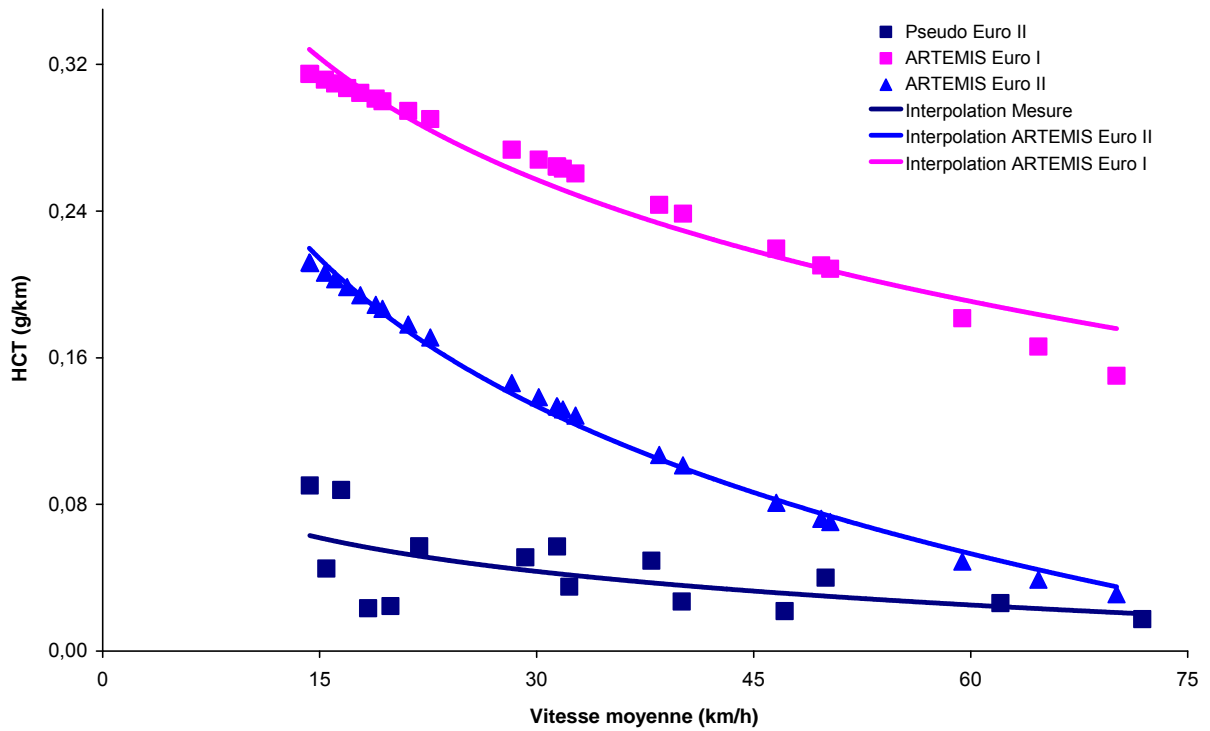


Figure 53 : Émissions unitaires de HCT des VUL diesel pseudo Euro II en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.

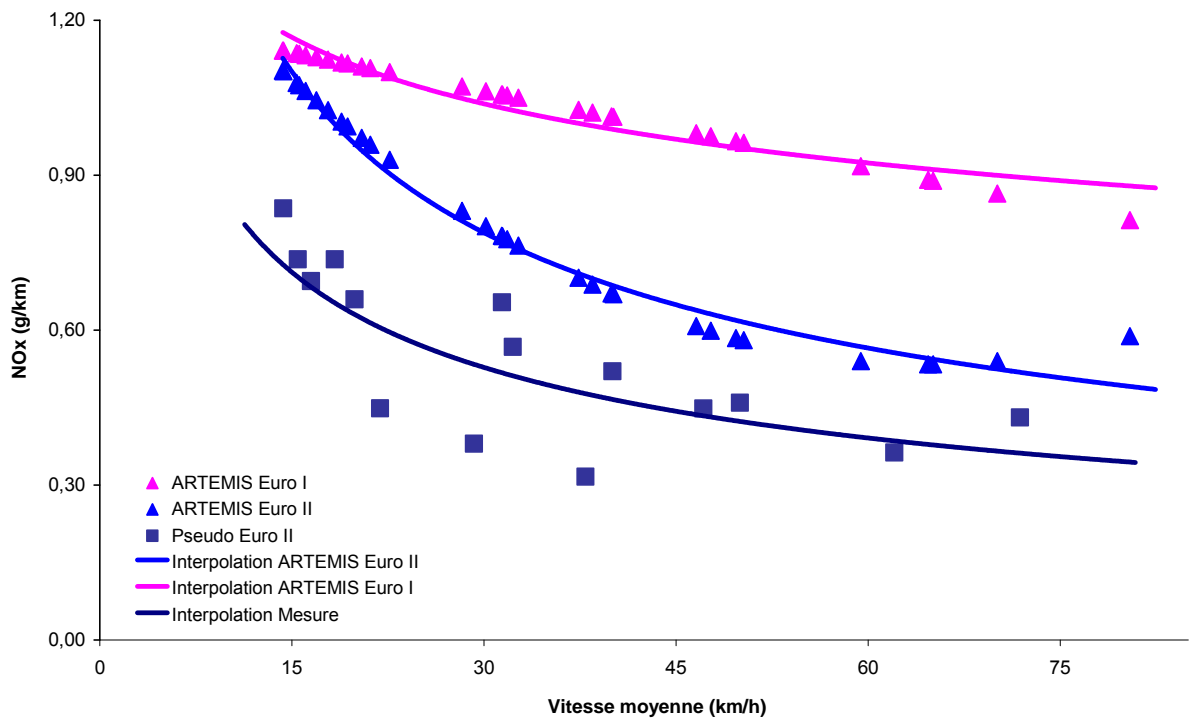


Figure 54 : Émissions unitaires de NO_x des VUL diesel pseudo Euro II en charge, repérés par leur année de première mise en circulation.

Notre échantillon de véhicules testés peut donc dorénavant être scindé en trois sous échantillons : 2 VUL essence pseudo Euro zéro, 2 VUL diesel pseudo Euro I et 4 VUL diesel pseudo Euro II. Les facteurs d'émission moyens s'élèvent pour ces sous-échantillons respectivement à 123,4, 143,5 et 167,4 g/km pour le CO₂, 12,0, 0,68 et 0,49 g/km pour le CO, 1,42, 0,08 et 0,05 g/km pour les HCT et de 1,14, 0,59 et 0,48 g/km pour les NO_x. Les émissions de NO_x varient de 0,19 à 1,6 g/km pour l'essentiel des véhicules essence et diesel, en restant faibles devant les émissions d'Artemis Euro I et Euro II. Ces faibles émissions sont probablement dues aux faibles accélérations constatées lors des essais à cause de l'environnement routier et de la forte charge du véhicule qui ne facilite pas les fortes accélérations. Osses (2002) ont montré que les NO_x sont nettement mieux corrélés à l'accélération positive qu'à la vitesse pour des véhicules non catalysés. L'étude de précision des mesures d'émissions de polluants des VUL diesel en milieu urbain regroupant onze laboratoires européens a révélé que les émissions de NO_x et CO₂ sont très sensibles à la fréquence des accélérations et aux fortes accélérations (Joumard, 2006).

3.1.1. Véhicules essence

Les émissions des véhicules essence présentent des émissions de CO₂ inférieures à 125 g/km avec une moyenne de 123,4 g/km qui reste inférieure aux véhicules Artemis Euro zéro qui se caractérisent par des niveaux supérieurs à 180 g/km pour toutes les vitesses. Les émissions de CO ont une moyenne de 12 g/km, décroissent rapidement avec la vitesse avec un minimum de 6,5 g/km à la vitesse de 55 km/h. La variation de ces émissions en fonction de la vitesse moyenne est similaire à celle d'Artemis qui a un niveau d'émission moyen de 10,4 g/km. La moyenne des émissions de HCT s'élèvent à 1,4 g/km et restent proche des émissions d'Artemis. Les émissions de NO_x croissent proportionnellement avec la vitesse et varient de 0,55 à 1,6 g/km avec un niveau moyen de 1,1 g/km, mais restent inférieures aux valeurs d'Artemis qui varient de 1 à 3,2 g/km selon la vitesse. Cet écart est sans doute dû aux faibles accélérations pratiquées avec un maximum en milieu urbain de 0,60 m/s². Les accélérations positives des cycles de conduite spécifiques aux véhicules utilitaires légers chargés en milieu urbain de la base Artemis sont en moyenne de 0,76 m/s² (André, 2004) et donc assez nettement supérieures. Les accélérations pratiquées sont faibles à cause non seulement de la forte charge du véhicule mais aussi de la forte densité du trafic et des conditions urbaines en général. Les facteurs d'émissions unitaires obtenus sur l'échantillon testé montrent que les émissions de CO et HCT des VUL essence sont comparables aux émissions Artemis Euro zéro, mais qu'un écart existe avec les émissions de NO_x.

3.1.2. Véhicules diesel

Les émissions de CO₂ des véhicules diesel sont de 155,4 g/km, ce qui est très inférieur aux émissions Artemis Euro I et Euro II. Les faibles niveaux d'émission du groupe de véhicules qualifiés de pseudo Euro I sont sans doute attribuables aux modifications récentes de certains organes du moteur apportées sur ces véhicules. Les émissions du groupe pseudo Euro II restent proches des valeurs Artemis Euro II. Ces derniers véhicules n'ont pas subi de modification de leur moteur. Les émissions de CO sont en moyenne de 0,58 g/km, comprises entre les valeurs Artemis Euro I et Euro II. Le groupe pseudo Euro I accuse des niveaux d'émission sensiblement inférieurs au niveau Artemis Euro I tandis que ceux du groupe pseudo Euro II coïncident avec le niveau Artemis Euro II. Les hydrocarbures sont émis avec une moyenne de 0,06 g/km pour l'ensemble de l'échantillon, qui reste comprise entre les émissions Artemis Euro I et Euro II. La moyenne du groupe pseudo Euro I est de 0,08 g/km et celle du groupe pseudo Euro II est de 0,05 g/km. La moyenne des émissions de NO_x est de 0,53 g/km avec des tendances similaires aux variations des émissions Artemis pour les deux groupes pseudo Euro I et pseudo Euro II. Globalement, les émissions des véhicules diesel sont comparables aux émissions d'Artemis ce qui appuie l'hypothèse formulée vis-à-vis des normes des véhicules testés. Les différences existantes peuvent être dues aux conditions d'utilisation et de l'environnement dans lequel ces véhicules évoluent.

3.1.3. Rapports CO/CO₂ et HCT/CO₂

Les rapports CO/CO₂ et HCT/CO₂ constituent un indicateur de l'état de la maintenance des véhicules (Pierson, 1996). Les résultats montrent que les rapports sont élevés pour des véhicules âgés essence et diesel ce qui reflète le faible niveau d'entretien et/ou de maintenance. La comparaison avec les véhicules de la base de données Artemis (tableau 16) montre des plages plus étendues des rapports pour les véhicules mesurés en Europe de même cylindrée. Le véhicule d'année 1996, réparé juste avant la campagne de mesure, présente un rapport HCT/CO₂ de 0,016%, proche de celui du véhicule 2004 (0,013%). Ceci met en évidence l'importance de l'entretien maintenance pour la réduction des émissions polluantes.

Tableau 16 : Comparaison des rapports d'émissions entre polluants mesurés et Artemis (%)

Carburants	Mesures			Artemis		
	Pseudo norme	CO/CO ₂	HCT/CO ₂	CO/CO ₂	HCT/CO ₂	Norme UE
Essence	Pseudo Euro zéro	4,7 – 17,8	0,9 - 2,6	1,7 - 20	0,28 - 1,2	Euro zéro
Diesel	Pseudo Euro I	0,28 - 1,23	0,016 - 0,302	0,14 - 0,4	0,005 - 0,087	Euro I
	Pseudo Euro II	0,04 - 2,6	0,007 - 1,195	0,10 - 0,5	0,016 - 0,2	Euro II

3.2. Emissions à froid

La différence des masses de polluant émises entre essai froid et essai chaud pour un même circuit à des vitesses moyennes proches représente la surémission absolue à froid (tableau 17). Rapportée à l'émission unitaire à chaud, cette surémission absolue s'exprime en distance équivalente à chaud, c'est-à-dire la distance nécessaire pour émettre à chaud la même masse de polluant que la surémission à froid. Cette distance n'a pas de lien avec la distance à froid, c'est-à-dire la distance nécessaire pour atteindre un fonctionnement à chaud. Elle exprime par contre le poids de la surémission à froid par rapport à l'émission à chaud. Cette distance équivalente est très variable selon le polluant et le véhicule : elle atteint ainsi 83 et 90 km pour la surémission de CO et de HCT d'un véhicule diesel respectivement. La surémission de CO₂ est équivalente à 6,2 km pour les véhicules essence et à 4,5 km pour les diesels. Pour le CO, elle est respectivement de 28,2 et 23,7 km, pour les HCT de 22,7 et 27,7 km, et pour NO_x de -1,7 km pour l'essence et de 4,1 km pour le diesel. Une distance négative signifie que nous sommes en présence d'une sous-émission. La surémission à froid est donc particulièrement importante pour CO et HCT, moyenne pour CO₂, et faible pour NO_x. En moyenne pour tous les polluants, la surémission à froid représente l'équivalent de 13,8 km pour les véhicules essence et 15,0 km pour les diesels. Elle est donc d'importance relative comparable pour les deux carburants.

3.3. Consommation de carburant

La consommation moyenne de carburant des véhicules est calculée à partir du bilan carbone des polluants mesurés CO₂, CO et HCT à l'émission. Dans le cas des véhicules essence, elle s'élève à 57,4 g/km. Elle est respectivement de 55 et 62,3 g/km pour les véhicules diesel pseudo Euro I et pseudo Euro II (cf. tableau 14). La consommation des véhicules essence reste inférieure à celle d'Artemis qui est de 68,9 g/km. Par contre la consommation des diesels pseudo Euro I est comparable à celle de la base Artemis qui est de 54,5 g/km alors que le groupe pseudo Euro II a une consommation supérieure. Ces écarts de consommation peuvent être dus aux faibles accélérations mais aussi à la réparation des véhicules pseudo Euro I. La charge pourrait aussi jouer un rôle qui devrait être étudié ultérieurement. La consommation en fonction de la vitesse (figure 55) montre globalement le peu de différence entre les véhicules essence et diesel de l'échantillon.

Tableau 17 : Moyennes des émissions sur trajet urbain, à froid (g/essai), à chaud (g/km), et des distances équivalentes (km).
L'équivalent à chaud est la distance correspondant au rapport de la surémission absolue à froid (g) par l'émission unitaire à chaud (g/km).

Carburant	Année	Vitesse moyenne (km/h)	Ecart Type (km/h)	Charge (%)	CO ₂			CO			HCT			NO _x		
					Froid	Chaud	Equivalent à chaud	Froid	Chaud	Equivalent à chaud	Froid	Chaud	Equivalent à chaud	Froid	Chaud	Equivalent à chaud
					(g/essai)	(g/km)	(km)	(g/essai)	(g/km)	(km)	(g/essai)	(g/km)	(km)	(g/essai)	(g/km)	(km)
Essence	1988	14,18	0,61	60	1120,7	125,1	2,64	200,02	11,87	10,53	29,74	1,47	13,91	8,53	1,19	0,85
	1989	10,1	0,91	60	1943,7	121,6	9,71	630,83	12,11	45,82	51,28	1,36	31,44	2,28	1,09	-4,18
	<i>Moyenne</i>	<i>12,14</i>	<i>0,76</i>	<i>60</i>	<i>1532,2</i>	<i>123,4</i>	<i>6,18</i>	<i>415,43</i>	<i>11,99</i>	<i>28,18</i>	<i>40,51</i>	<i>1,42</i>	<i>22,67</i>	<i>5,41</i>	<i>1,14</i>	<i>-1,67</i>
Diesel	1993	13,37	0,8	60	1545,5	152,2	3,40	10,95	0,89	5,55	2,75	0,14	12,89	4,03	0,32	5,84
	1996	12,13	0,85	60	1084,4	134,7	1,68	5,91	0,46	6,48	0,30	0,02	8,63	6,09	0,85	0,79
	2000	12,9	1,44	43	1869,5	170,0	4,72	7,54	0,47	9,76	0,81	0,03	20,72	6,28	0,55	5,14
	2001	17,1	0,2	43	2723,8	175,3	9,10	41,21	0,46	83,15	5,83	0,06	90,73	10,77	0,65	10,13
	2002	12,8	1,49	43	1542,6	136,4	5,04	17,22	0,89	13,08	3,11	0,10	24,83	2,00	0,32	-0,02
	2004	14,58	0,99	43	1691,4	187,7	2,79	4,59	0,15	24,38	0,29	0,02	8,28	3,43	0,39	2,57
	<i>Moyenne</i>	<i>13,81</i>	<i>0,96</i>	<i>48,7</i>	<i>1742,9</i>	<i>159,4</i>	<i>4,46</i>	<i>14,57</i>	<i>0,55</i>	<i>23,73</i>	<i>2,18</i>	<i>0,06</i>	<i>27,68</i>	<i>5,43</i>	<i>0,51</i>	<i>4,08</i>

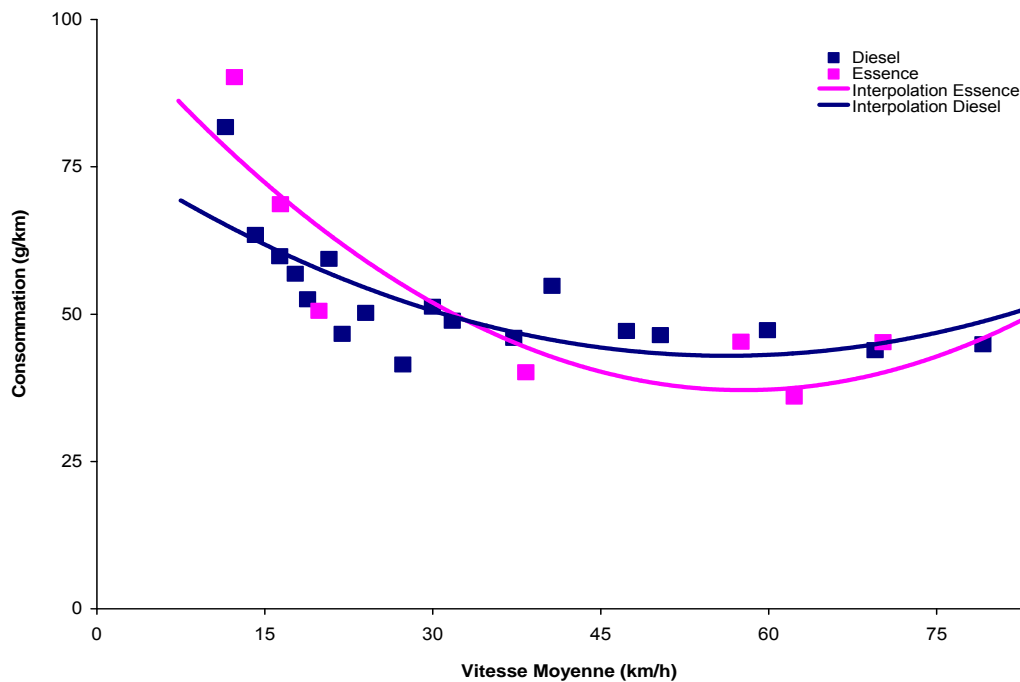


Figure 55 : Consommation unitaire de carburant en fonction de la vitesse des véhicules (g/km)

3.4. Conclusion

La mesure du facteur d'émission est effectuée sur des véhicules utilitaires légers en forte charge avec une carburation essence et diesel. A l'image de la plupart des pays en développement, 1/5 du parc de véhicules en Algérie est un véhicule utilitaire léger très largement utilisé pour le transport de biens et de personnes avec un kilométrage annuel moyen de 32000 km (supérieur au kilométrage annuel des véhicules similaires roulant en Europe) et une durée de vie moyenne de 10 ans . Le taux de croissance de cette catégorie de véhicule est en pleine croissance au cours de la dernière décennie. Même si les résultats ne sont représentatifs d'une situation locale, ils peuvent être valorisés dans des pays en développement qui connaissent une situation similaire où prévalent des conditions similaires.

Chapitre V – Inventaire des émissions de polluants

1. Synthèse bibliographique

De nombreuses études sur les inventaires des émissions de véhicules sont menées dans le monde et notamment en pays en développement en utilisant différents modèles d'inventaires. L'inventaire des émissions des véhicules en Espagne est estimé pour la période de 1998 à 2010 en utilisant Copert III (Buron, 2003 ; 2005). Bellasio (2006) a aussi estimé l'inventaire des émissions de la Sardaigne (Italie) par Copert III en calculant les émissions de plusieurs polluants et a évalué la contribution de différentes catégories de véhicules aux émissions. Saija (2002) a adopté la méthodologie Copert pour estimer les émissions en Italie et développé une approche top-down lorsque les données requises au niveau local ne sont pas disponibles. Song (2006) a établi l'inventaire des émissions de véhicules de la Chine pour l'année 2002 avec Copert III et Cai (2007) complète l'inventaire de la Chine pour la période de 1980 à 2005. Plusieurs hypothèses sont émises afin d'adapter les données disponibles à la méthodologie de Copert, notamment les correspondances des classes de véhicules aux classes européennes, la classification par type de carburant et le niveau technologique des véhicules. Le kilométrage annuel des VP en Chine semble être très élevé : environ 50 000 km/an devant les VUL qui roulent 40 000 km/an. L'étendue du territoire et l'environnement socioculturel chinois actuel peuvent expliquer cette tendance.

L'inventaire des émissions des véhicules en Turquie est développé par Soylu (2007) en utilisant la méthodologie Copert III. Le cas de la Turquie est fort intéressant pour l'Algérie pour leurs similitudes. Le parc de véhicules qui était de 5 millions en 1995 a atteint 9 millions en 2004. La forte croissance du parc, la part importante de carburant au GPL et l'utilisation de l'essence sans plomb permettent de mieux appréhender les stratégies de réduction des émissions à développer dans le cas de pays émergents et en développement avec une forte croissance.

La connaissance des caractéristiques des trafics (parc roulant, comportement de conduite) et des facteurs d'émissions représentatifs permet d'évaluer avec précision la masse de polluants émis ; Mensink (2000) a étudié la validation des inventaires d'émissions en milieu urbain. Le modèle européen Artemis (André, 2004) contient l'ensemble des données de mesures d'émissions et de cinématiques de circulation réelles effectuées au niveau européen et en dehors de l'Europe. La flexibilité de ce modèle permet une meilleure utilisation de sa base de données pour étudier des inventaires en construisant la configuration la plus proche et adaptée au contexte de l'étude tant en terme de cinématique, que de facteurs d'émissions et de catégories de véhicules.

2. Méthodologie d'inventaire

Un inventaire d'émission de polluant est une évaluation de la quantité d'une substance polluante donnée émise par une source donnée pour une zone géographique et une période de temps données.

Pour mieux connaître et maîtriser la pollution de l'air, il est nécessaire de connaître non seulement les sources de pollution mais aussi de les quantifier.

Dans le cas des sources polluantes mobiles, on peut dresser des cadastres d'émission pour des axes routiers au sein d'une ville ou d'une région. Ce sont des inventaires d'émission spatialisés et pouvant évoluer dans le temps. L'inventaire d'émission a principalement quatre composantes : la substance polluante, l'espace d'émission, l'échelle temporelle, et la source d'émission. L'inventaire d'émission est un outil de base pour la gestion et constitue un outil d'aide à la prise de décision pour définir les priorités environnementales, élaborer la politique de réduction et de contrôle de la pollution, évaluer l'impact de différentes stratégies et politiques de réduction des émissions, et effectuer l'analyse coût/bénéfice des décisions politiques en matière de protection de l'environnement.

L'équation de base du calcul d'inventaire paraît a priori simple : c'est le produit du flux d'émission par l'activité de la source d'émission considérée :

$$E = A * F_e$$

où E est l'émission massique (ou flux d'émission massique) en tonnes

A est l'activité des émetteurs (kilométrage ou tonnage)

F_e est un facteur d'émission unitaire de polluant (en g/km)

La forme désagrégée de cette équation, en considérant différents types de sources ayant des activités et des facteurs d'émission unitaires différentes, peut s'écrire sous la forme :

$$E = \sum_{ijkl} A_{ijkl} F_{e_{ijkl}}$$

Où i, j, k et l sont les variables des différentes classes de sources polluantes considérées telles que la catégorie de véhicules, le type de carburant, la puissance, la technologie, etc. Pour chaque cas, on détermine l'activité, qui est le kilométrage parcouru par unité de temps considéré.

La réalisation d'un inventaire qui s'apparente à une simple sommation de produits est un travail de collecte de données et de recoupements de ces données. Les données de base, à savoir les facteurs d'émissions unitaires et l'activité, sont souvent mal connues et on a recours soit à l'utilisation de valeurs par défaut non représentatives de la situation réelle d'un pays ou d'une région, soit à leur estimation. Les résultats d'inventaire obtenus et leur représentativité dépendent des données en entrée de l'inventaire. Aussi est-il important que chaque pays dispose de ses propres données afin d'aboutir à des données représentatives de la situation réelle. La réalisation d'inventaire exige la constitution de bases de données consistantes par la collecte de données fiables par l'observation, des enquêtes, la mesure ou des calculs. La base de données du parc de véhicule algérien est

construite à partir des résultats d'enquêtes effectuées, avec les facteurs d'émissions unitaires basées sur la mesure pour les VUL et complétés par des facteurs d'émissions de la base de données de Copert III et d'ARTEMIS.

ARTEMIS est une base européenne de données obtenues par des expériences de nombreux laboratoires de recherche européens avec des véhicules en circulation réelle. La méthodologie de Copert III est utilisée pour le calcul d'inventaire dont les détails sont décrits en annexe I. La réalisation de cet inventaire est conduite pour la période de 1980 à 2005.

Les véhicules considérés dans cette étude sont :

- Les véhicules particuliers (VP)
- Les véhicules utilitaires légers (VUL)
- Les poids lourds (VPL) comprenant les camions et les tracteurs routiers
- Les autobus et autocars (VTC)

Les deux roues (mobylettes, motocyclettes), les tracteurs agricoles et les engins spéciaux sont exclus de l'étude compte tenu du manque de données disponibles et de la difficulté à les estimer.

La matrice des facteurs d'émissions unitaires utilisées est présentée en Annexe II.

3. Résultats de calcul

3.1. Emissions globales

Les résultats du calcul d'inventaire montrent l'évolution des émissions annuelles totales de chaque polluant en fonction du temps. Les émissions globales de polluants issues du trafic routier de 1980 à 2005 sont présentées en figures 56 (a, b). Les émissions des polluants CO, COV, NO_x et Pb ont augmenté depuis 1980 jusqu'à 1992 pour décroître de manière continue jusqu'à 2005. Les matières particulaires et le CO₂ ont augmenté durant la même période mais se sont stabilisés au cours des années 1990 pour croître de nouveau durant les années 2000. Ces tendances s'expliquent probablement non seulement par la croissance du parc au courant des années 1980 mais aussi par la croissance économique et des activités socioéconomiques pendant cette période. Par contre, durant les années 1990, la situation sécuritaire qu'a connue le pays a provoqué un ralentissement des activités et réduit considérablement la mobilité avec une baisse du kilométrage annuel des VP qui constitue la part dominante du parc (figure 20). Avec l'amélioration des conditions sécuritaires au début des années 2000 et la reprise des activités socioéconomiques, le transport a repris avec un fort taux de croissance du secteur privé à la suite de la libéralisation du secteur des transports routier. Le parc a connu au cours de cette reprise un renouvellement rapide, ce qui a permis l'introduction de nouveaux modèles de véhicules avec une technologie moins polluante. On observe une réduction des émissions au cours de l'année 1995 qui est due principalement à la chute du kilométrage au cours de cette période qui a connu un ralentissement des activités du pays.

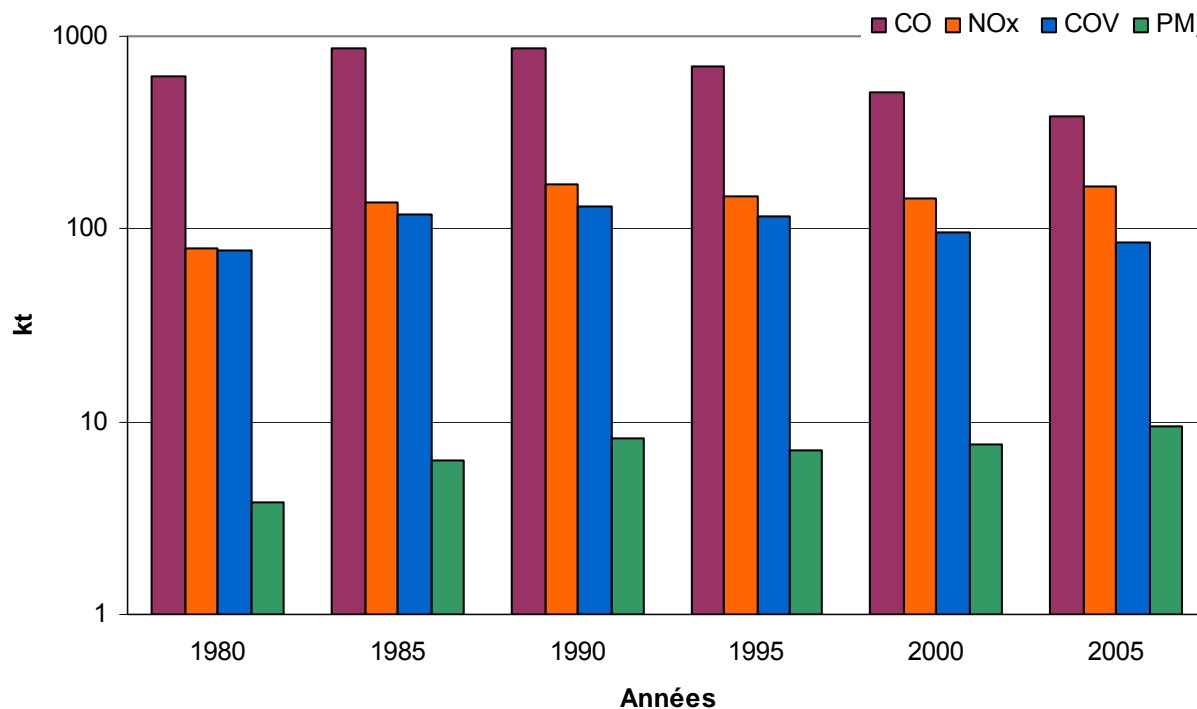


Figure 56 a : Evolution des émissions globales de polluants (CO, NO_x, PM, COV)

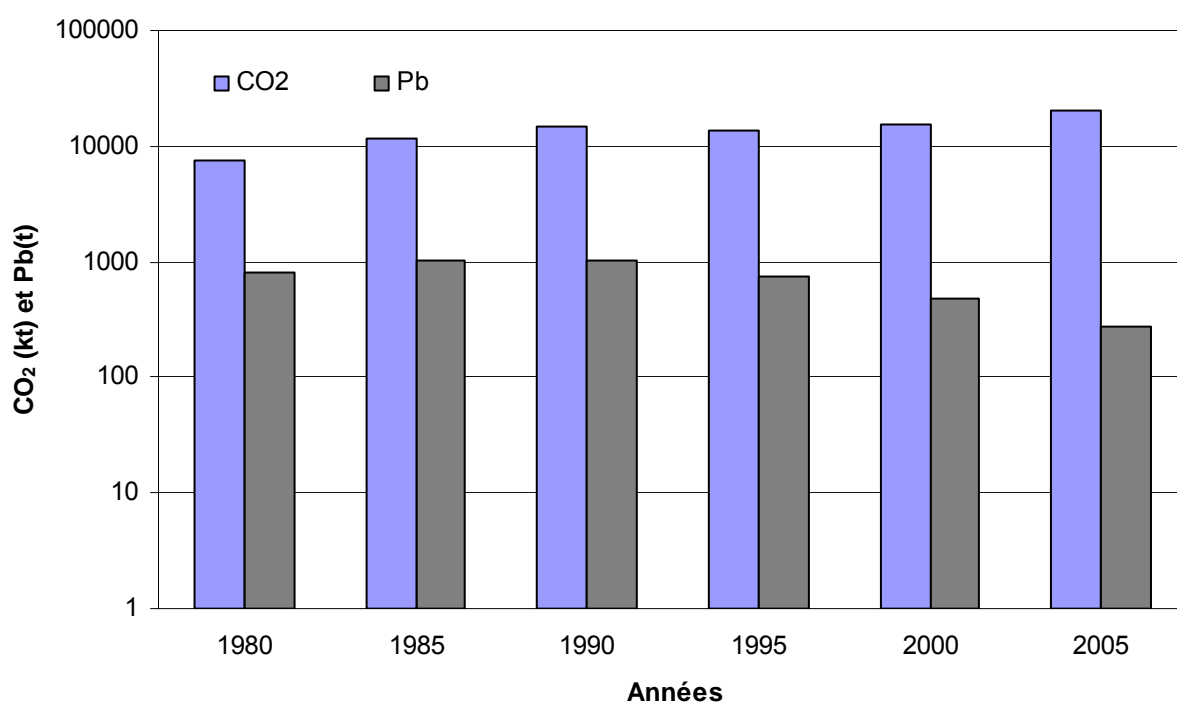


Figure 56 b : Evolution des émissions globales de polluants (CO₂, Pb)

Les niveaux d'émissions par type de carburant montrent une réduction des émissions dues à la combustion de l'essence : - 44% pour CO, -12 % pour les COV, - 66% pour Pb, et une croissance de 9% de NO_x de 59% pour CO₂ par rapport à l'année 1980. Les figures 57 - 62 montrent l'évolution de ces émissions de polluants depuis 1980 jusqu'à 2005.

Le plomb décroît rapidement et est en voie de disparition depuis la réduction de la teneur de plomb dans l'essence et l'introduction de l'essence sans plomb sur le marché algérien. Malgré l'absence de norme à l'homologation au cours de cette période, le renouvellement du parc s'est accompagné de l'introduction de véhicules de technologie moins polluante, même si le décalage reste d'au moins une norme avec les véhicules en circulation en Europe (chap. IV, § 4). La pratique de vitesses plus élevées en raison du développement du réseau autoroutier est responsable de la croissance des émissions de NO_x .

La combustion du gasoil est responsable de la croissance des émissions de tous les polluants émis par les véhicules diesel, avec un taux moyen de croissance de 158% pour le CO , NO_x , COV et les particules en 25 ans depuis 1980. Cette croissance des émissions issues des véhicules diesel est principalement due à l'augmentation du nombre de véhicules diesel (figure 4) dans le parc algérien des VP et VUL et aussi à l'importance du kilométrage parcouru par les véhicules diesel (figure 21, 23). Le CO_2 croît de 288% en cette période, ce qui révèle la forte croissance de la diésélisation en Algérie.

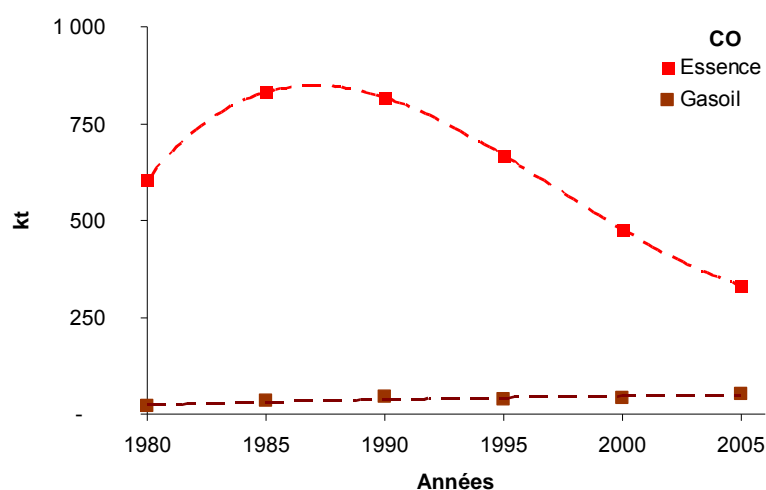


Figure 57 : Evolution des émissions de CO par type de carburant

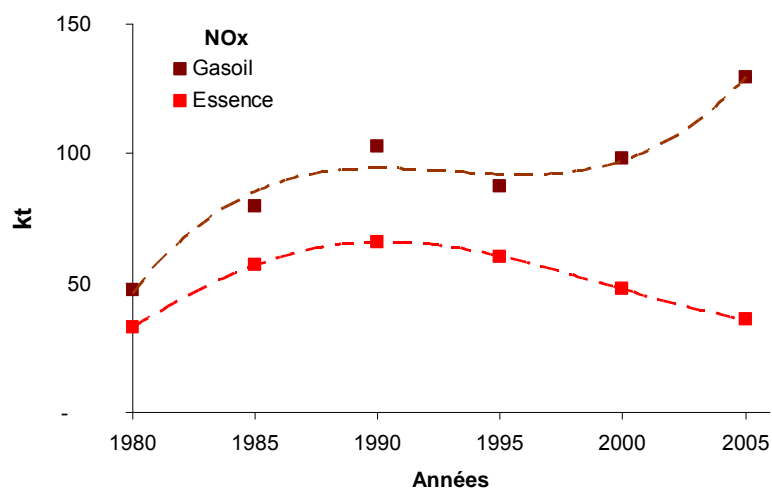


Figure 58 : Evolution des émissions de NO_x par type de carburant

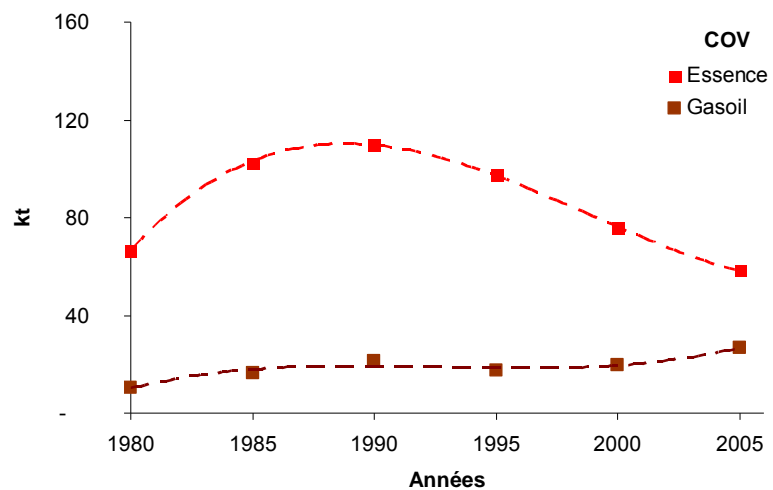


Figure 59 : Evolution des émissions de COV par type de carburant

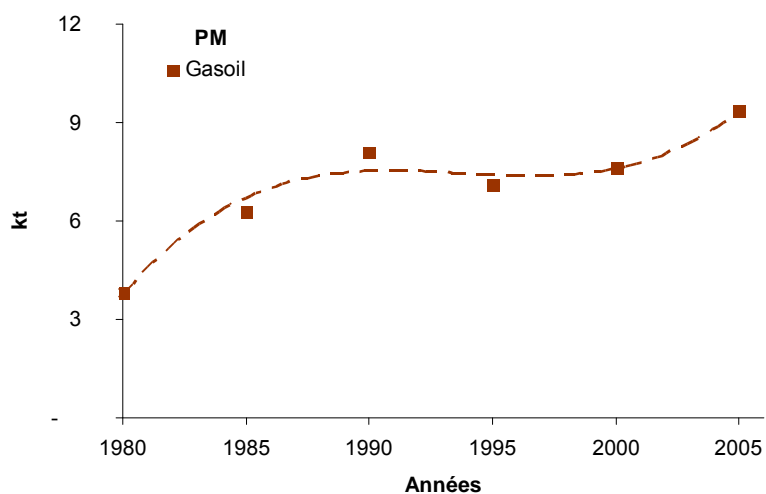


Figure 60 : Evolution des émissions de particules des véhicules diesel

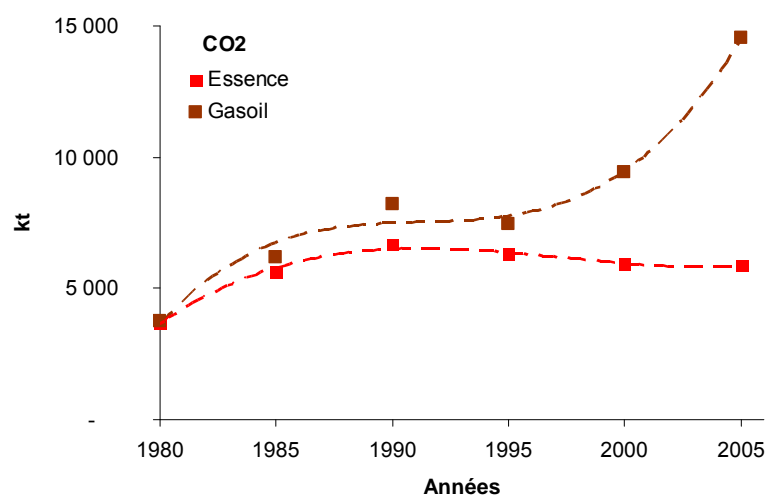


Figure 61 : Evolution des émissions de CO₂ par type de carburant

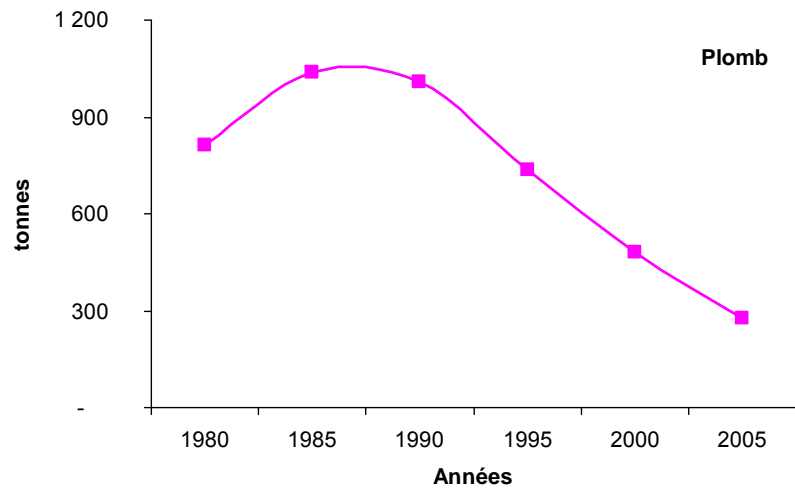


Figure 62 : Evolution des émissions de Pb

3.2. Emissions par type de voie

La répartition des émissions par type de voie (figure 63 - 68) est utile pour toute étude d'impact sur l'environnement, la santé publique et développement de toute stratégie de prévention ou de réduction des impacts. L'apparition de réseau autoroutier en Algérie vers la moitié des années 80 est responsable des émissions dues aux vitesses relativement élevées pratiquées sur ce type de voie. Les NO_x et particules accusent une croissance moyenne sur axe autoroutier de + 277% au cours de cette période (1980-2005) alors que le CO_2 a augmenté de 124%. Les particules émises en milieu urbain et rural constituent 90% des émissions totales de particules à cause du faible kilométrage effectué sur le réseau autoroutier. Les émissions sur réseau autoroutier accusent un taux de croissance annuel de 37% durant la période de 2000-2005 alors qu'il n'est que de 12% et 34% respectivement pour le réseau rural et urbain. Ceci montre la part de la pollution émise sur autoroute, qui prend de l'ampleur devant l'expansion de ce réseau, notamment à l'avenir avec les projets en cours de réalisation.

3.2.1. Monoxyde de carbone (CO)

Le CO émis par les véhicules essence a connu une nette croissance depuis les années 1980 et a connu une décroissance depuis les années 1990 mais reste à un niveau très élevé par rapport aux émissions des véhicules diesel. Les émissions des véhicules diesel sont en pleine croissance à l'opposé des émissions des véhicules essence sur toutes les voies. Les niveaux d'émission sont dans un rapport de 10 fois supérieurs pour les émissions des véhicules essence avec en moyenne 384 kt et 38 kt pour les véhicules essence et diesel respectivement.

Ces tendances s'expliquent d'abord par la part de marché du diesel qui connaît une forte croissance sur le marché algérien compte tenu du prix du gasoil qui est de 13,70 DA/L, soit environ la moitié du prix de carburant essence qui est de 23 DA/L. Ceci est observé malgré le différentiel de prix

d'achat du véhicule diesel, lequel est amorti en moyenne au bout de 5 ans de roulage pour les véhicules effectuant plus de 35 000 km/an et de 7 ans pour un kilométrage moyen de 27 000 km/an. Une enquête auprès de cette population devrait mettre en évidence les raisons de ce choix de carburant et du fort kilométrage effectué: les véhicules diesel sont-ils choisis par les grands rouleurs (utilisateurs professionnels) en raison du coût au kilomètre parcouru ou par des conducteurs (particuliers) n'effectuant pas un grand kilométrage à l'origine, mais désireux de tirer profit de la faible tarification du gasoil, ce qui a pour conséquence de tirer vers le haut leur kilométrage. Cette question paraissant triviale, mais elle permet de déterminer les raisons de fond du fort kilométrage effectué avec les véhicules diesel et d'identifier les différentes catégories d'utilisateurs dans la perspective de développement des carburants gazeux (GPL et GNC) en Algérie.

Cette forte croissance est observée sur les axes autoroutiers où la part de roulage des véhicules lourds et autocars est importante. Le transport de marchandises est responsable de 32 kt tandis que le transport de voyageurs de seulement 10 kt, soit le tiers. Ceci s'explique par l'utilisation du réseau routier comme le principal moyen de transport des marchandises à travers le pays, devant le faible niveau de densité du réseau ferroviaire, les difficultés d'acheminement final de la marchandise, et que l'absence de cabotage. La part des émissions des véhicules lourds de transport de marchandises et des véhicules utilitaires est de 39 kt tandis les véhicules particuliers n'émettent que 12.7 kt soit le quart des émissions totales.

Les émissions globales de CO reculent en milieu urbain, et sur route nationale et en milieu rural en raison de l'évolution de la technologie des moteurs et du contrôle de la combustion, de nouvelles techniques d'injection de carburant, donnant lieu à des facteurs d'émission de plus en plus faibles même pour des véhicules sans catalyseur. Les émissions croissantes sur autoroute (axe autoroutier) sont observées en raison de la croissance du trafic et de la part de kilométrage sur ce type de route effectué par des véhicules utilitaires lourds et légers, et ce malgré l'introduction de nouvelles technologies par le rajeunissement qu'a connu le parc algérien.

3.2.2. Oxyde d'azotes (NO_x)

Les émissions totales d'oxydes d'azote sont en pleine croissance et s'élèvent à 165 kt en 2005 dont 129 kt sont attribuables aux véhicules diesel et 35 kt aux véhicules essence. Les émissions de véhicules essence sont en régression depuis 1995 à la suite du recul de la consommation des véhicules essence mais à l'inverse celles des véhicules diesel sont en pleine croissance (figure 28). Le transfert d'une partie du trafic vers les axes autoroutiers où les vitesses pratiquées sont relativement supérieures à celles pratiquées en milieu urbain et en zone rurale, de l'ordre de 70 km/h, est responsable de cette croissance des émissions.

3.2.3. Composés organiques volatils (COV)

Les émissions de composés organiques volatiles totales incluant les émissions lors du démarrage à froid et les évaporations des différents organes du moteur, tenant compte des températures extrêmes moyennes du pays, restent relativement constantes. Les émissions à froid des catégories de véhicules pré-Euro (avant 1993) sont élevées et contribuent à l'augmentation des émissions de COV ainsi qu'à la réduction de la consommation globale du carburant essence.

3.2.4. Matières particulaires

Les émissions de particules sont en nette croissance et on atteint 9,4 kt en 2005 avec un taux de 145% en 25 ans. Cette croissance est due à l'augmentation du nombre de véhicules à carburation diesel et en particulier les véhicules lourds de transport de voyageurs ou de marchandises qui parcourent un kilométrage annuel élevé par rapport aux véhicules essence.

Les émissions de particules dans l'atmosphère constituent un enjeu majeur en Algérie avec la croissance de la carburation diesel et devant la disponibilité des carburants gazeux GPL et GNC et la stratégie de son développement.

3.2.5. Plomb

Les émissions de plomb sont en décroissance, environ -66%, en raison de la réduction de la teneur en plomb dans les additifs des essences et avec l'introduction de l'essence sans plomb depuis 2000. La teneur de plomb dans l'essence est réduite de 1.5 à 0.4-0.7 g/l mais reste élevé par rapport aux valeurs considérées en Europe où l'essence avec l'additif de plomb n'excède pas 0.15 g/l et le plomb dans l'air est en voie d'extinction à la suite de la généralisation du catalyseur qui exige l'utilisation de carburant sans plomb.

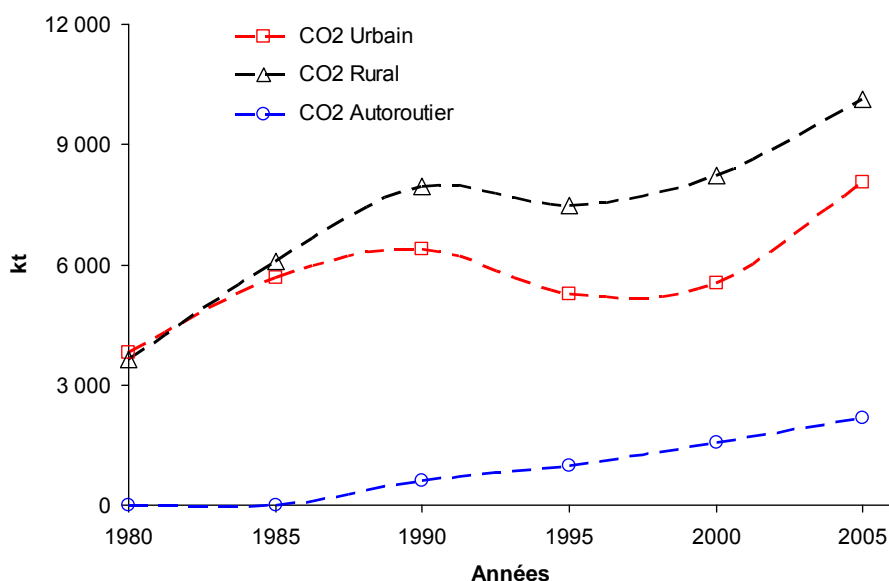


Figure 63 : Evolution temporelle des émissions de CO₂ par type de voie

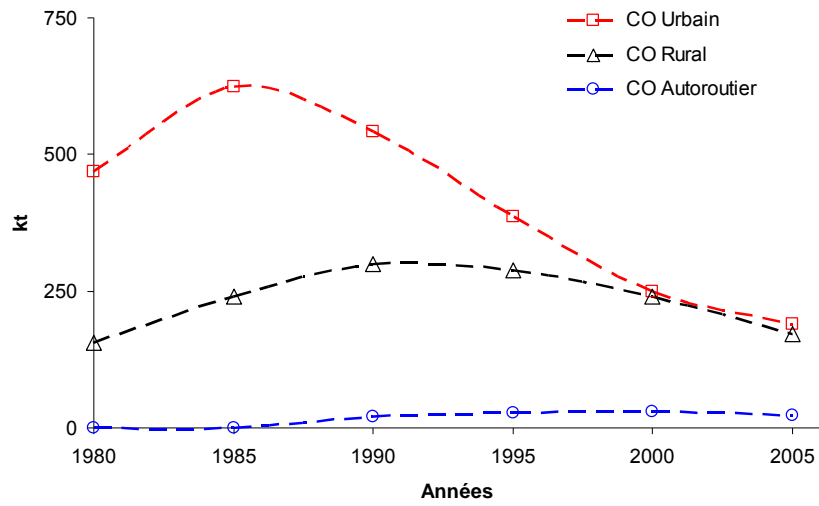


Figure 64 : Evolution temporelle des émissions de CO par type de voie

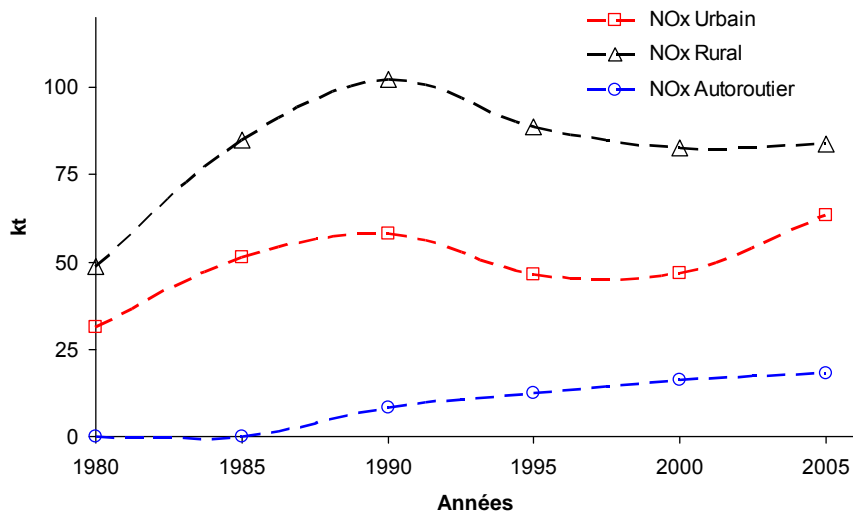


Figure 65 : Evolution temporelle des émissions de NO_x par type de voie

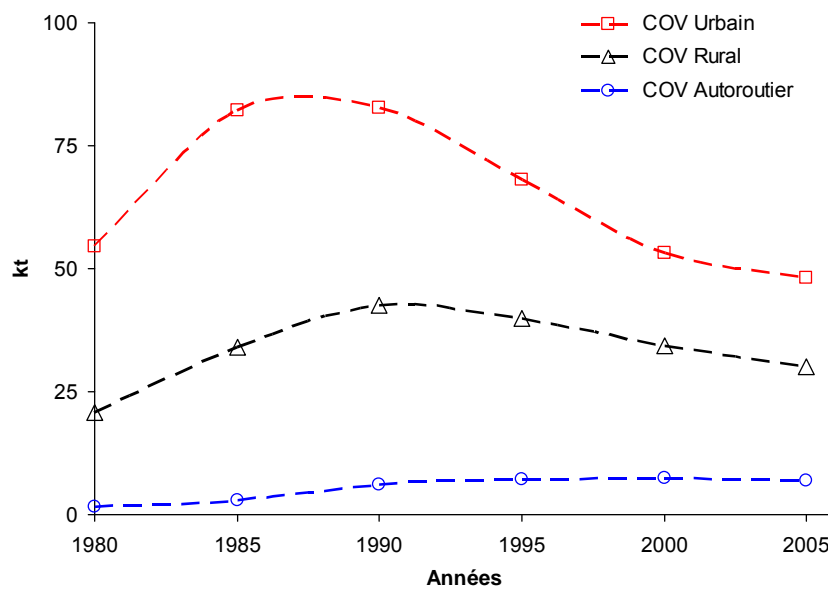


Figure 66 : Evolution temporelle des émissions de COV par type de voie

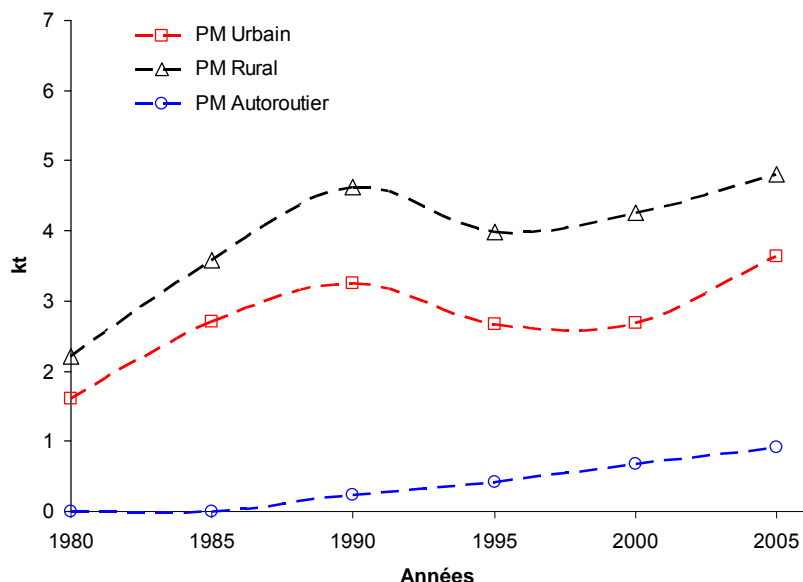


Figure 67 : Evolution temporelle des émissions de particules par type de voie

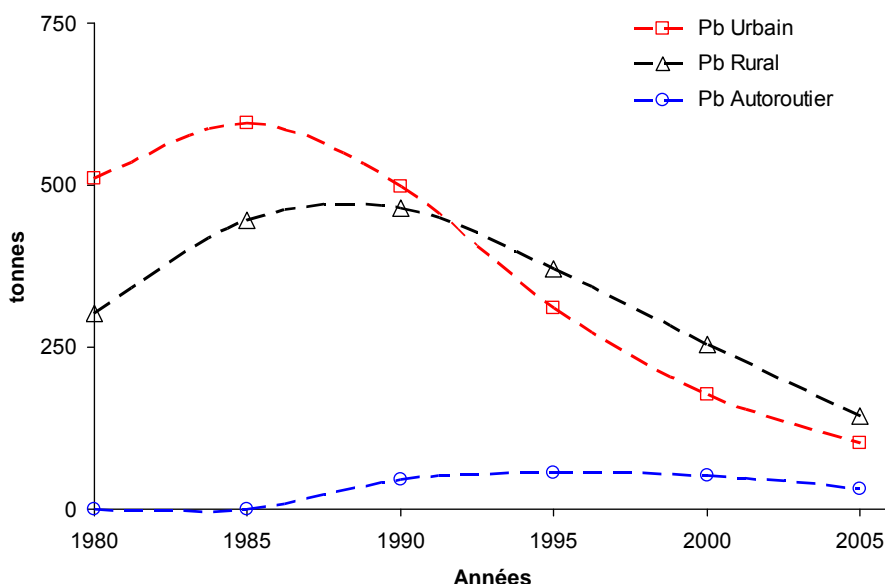


Figure 68 : Evolution des émissions de Plomb par type de voie

Le tableau 18 montre une comparaison des résultats d'inventaire obtenus avec l'inventaire réalisé dans le cadre de la mise en œuvre de la convention cadre des nations sur les changements climatiques par la méthodologie de l'UNFCCC tier 1 (approche top-down) (UNFCCC, 2001). L'estimation montre un écart de 3% pour l'émission du CO₂. Ceci est très acceptable pour cette année en appliquant la méthode tiers 1 en raison du niveau technologique des véhicules de cette période. Le calcul d'émission basé uniquement sur le carburant s'avère entaché d'une incertitude pour les autres polluants ou on observe un écart de -14% pour les NO_x et un écart de +19 et 40% respectivement pour le CO et les COV, car les conditions d'usage des véhicules et leurs niveaux technologiques ne sont pas pris en considération. Ces écarts montrent l'importance de ce travail et de la méthodologie spécifique à chaque secteur tel que le transport avec l'influence de plusieurs

paramètres sur les émissions. L'incertitude sur les inventaires d'émission peut être réduite en adoptant des outils spécifiques et en développant des bases de données réalistes.

Tableau 18: Comparaison de deux inventaires des émissions du transport routier algérien de 1994

Polluants	UNFCCC Tier 1 (1994)	COPERT III (1994)	Ecart (%) (UNFCCC/ COPERT III)
CO ₂	13911	13 450	+3
NO _x	133	154,162	-14
CO	884	742,655	+19
COV	167	119,502	+40

4. Conclusion

Les tendances des polluants tels que le dioxyde de carbone, les particules et les oxydes d'azotes sont en constante croissance tandis que le plomb, le monoxyde de carbone sont en nette décroissance ; les composés organiques volatils sont relativement constants. Les variations de ces émissions dans le temps peuvent s'expliquer non seulement par l'évolution du trafic routier au cours de cette période mais aussi par la tendance du parc de véhicules et l'évolution de la technologie au cours de ces dernières années. Cette tendance à la baisse de certains polluants n'induit pas une amélioration systématique de la qualité de l'air dans les agglomérations, où seul un inventaire local d'émission permettrait de l'affirmer cette estimation. L'inventaire global d'émission est un outil d'étude global au niveau du pays, utilisé soit pour les négociations internationales à l'image de la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques et le protocole de Kyoto, ou pour le développement de stratégies nationales vis-à-vis du transport routier, des infrastructures de transports, de la réglementation ou de la consommation de carburant. Néanmoins, il est important de constater que les émissions de CO₂, qui est un gaz à effet de serre, est en pleine croissance parallèlement au niveau de la consommation de carburant sur le marché national. Ceci permet d'estimer la part d'émission issue du secteur des transports routiers dans l'inventaire globale d'émissions de polluants et de gaz à effet de serre.

Conclusion générale et perspectives

Les pays en développement doivent fournir des inventaires pour élaborer des dossiers lors des négociations internationales ou régionales, notamment dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Devant l'absence de données et de modèles propres à ces pays, certains ont systématiquement recours à l'exploitation des valeurs par défaut dont dispose chaque modèle, moyennant quelques données d'entrée relatives au nombre de véhicules et une segmentation grossière du parc.

L'extrapolation de ces méthodes dans des contextes différents, notamment celui des pays en développement, où les parcs, leurs usages, voire même les conditions environnementales sont forts différentes, est sujette à caution, et demande au minimum d'être préalablement justifiée d'un point de vue scientifique. Il appartient donc à ces pays de produire un minimum de données sur une base scientifique afin de développer un calcul d'inventaire rigoureux et scientifiquement acceptable.

Pour cette raison, nous avons lancé un ensemble de recherches pour évaluer les différents paramètres d'un inventaire des émissions de polluants des transports routiers en Algérie : parc de véhicules, kilométrage annuel, conditions cinématiques, et émissions unitaires. Les premiers résultats montrent des divergences importantes par rapport aux statistiques administratives.

À partir des enquêtes effectuées, on aboutit à un parc roulant d'environ 3,2 millions de véhicules pour l'année 2005 dont 60% sont des véhicules particuliers avec un âge moyen du parc de 11,4 ans et un taux de diésélisation de 25%. Le kilométrage annuel moyen tous véhicules confondus est de 26 874 km.

Les résultats de cette recherche entamée depuis quelques années ont permis aussi de maîtriser les outils de mesure expérimentale des cinématiques du trafic automobile en milieu urbain algérien. Un traitement statistique des données basé sur le découpage en séquences cinématiques a été réalisé et sera plus développé ultérieurement. Les objectifs sont d'établir un cycle cinématique pour la mesure des émissions de polluants des véhicules. Un premier cycle représentatif de la circulation algéroise a été développé d'une durée de 22 minutes avec une vitesse moyenne de 21,9 km/h, reflétant l'existence d'une congestion du trafic en milieu urbain à forte densité de population.

Pour la première fois en Algérie, des mesures d'émissions unitaires sont effectuées sur des véhicules utilitaires légers (VUL) essence et diesel en charge. Le montage expérimental embarqué est testé au laboratoire puis utilisé en circulation réelle. Les émissions unitaires à chaud obtenues sont comparées aux émissions de véhicules équivalents roulant en Europe grâce au modèle européen d'émissions Artemis. L'une des difficultés apparues lors de cette comparaison est l'absence de norme d'émission pour les véhicules mis sur le marché algérien. La comparaison nous permet d'évaluer la norme européenne à laquelle correspondent les émissions mesurées de chaque véhicule.

A âge égal vis-à-vis des véhicules européens, les véhicules algériens accuseraient ainsi un retard de zéro norme pour ceux datant d'avant 2000 et d'une norme pour ceux postérieurs à 2000. Les mesures réalisées nous permettent d'évaluer les émissions unitaires à chaud, les surémissions absolues à froid, et l'influence de la vitesse moyenne. En regard des émissions à chaud, le comportement à froid des véhicules essence ne diffère guère de celui des véhicules diesel. L'échantillon de véhicules testés est comparable aux échantillons des campagnes de mesure de laboratoires européens. L'interprétation reste assez limitée, notamment la comparaison avec les véhicules circulant en Europe, car la charge est plus importante et le kilométrage moyen des véhicules testés est élevé avec respectivement 696 000 et 163 000 km pour les véhicules essence et diesel. Cela correspond aux caractéristiques des VUL du parc algérien, qui réalisent des kilométrages importants dépassant 38 000 km par an et qui ont une durée de vie moyenne de 10 ans.

L'effet de la charge ne peut être mis en évidence qu'avec des mesures à vide, ce que ne permet pas la charge minimale correspondant à la masse du système embarqué. Nous envisageons donc de prélever dans le futur les gaz en embarqué, mais de ne plus les analyser à bord, ce qui permettra de réduire considérablement la charge minimale, et donc d'étudier l'effet intrinsèque de la charge sur les émissions des VUL.

Au terme de cette recherche, on a pu relever les incertitudes et les imperfections et lacunes que ce soit au niveau des techniques d'enquêtes, de l'observation des véhicules sur route, du relevé du kilométrage annuel des véhicules et de la mesure des émissions et de l'échantillonnage des véhicules. Dans les travaux futurs, il est prévu d'en tenir compte et de valoriser l'expérience acquise et d'améliorer les résultats déjà obtenus.

La collecte d'une masse de données aussi importante à l'échelle nationale et dans le temps de 1994 à ce jour permet de prévoir d'autres traitements et d'autres enquêtes en complément, afin d'affiner les nombreux résultats déjà acquis. Ceci permettra d'améliorer la compréhension des tendances et des comportements du parc de véhicules algérien, de développer des cycles de conduite régionaux : notamment pour le Tell, les Haut plateaux et le Sahara, compte tenu des environnements de roulage très différents et des conditions climatiques et environnementales (température, humidité, ensoleillement, pression), et spécifiques pour les milieux urbains, ruraux, extra-urbain et autoroutier en tenant compte du développement du réseau routier algérien notamment autoroutier.

La poursuite des enquêtes et de l'observation du parc est un gage de valorisation de la base de données existante et de son développement, qui donnera lieu à un suivi de l'évolution du parc roulant algérien et permettra l'adaptation du parc ONS et une amélioration des estimations des émissions de polluants et de la consommation de carburant.

Ces données nationales permettront une meilleure comparaison avec des données internationales d'autres régions comparables (côtière autour du bassin méditerranéen, au Sahara dans certaines régions du monde avec un climat chaud tel qu'en Australie, Asie centrale, le désert des USA ou celui du Moyen Orient). D'autres comparaisons sont possibles entre des villes de même densité de population, urbanisation et motorisation en pleine croissance.

L'élaboration de la base de données du parc roulant algérien a permis d'effectuer un premier inventaire national des polluants et gaz à effet de serre issue du secteur des transports routiers en Algérie. Les résultats obtenus montrent la part de responsabilité de chaque catégorie de véhicule et carburant sur les émissions de chaque polluant et par type de voie. L'influence de la diésélisation et du développement du réseau autoroutier est mise en évidence.

La comparaison avec l'inventaire réalisé par l'Algérie dans le cadre de la convention des Nations unies sur les changements climatiques (UNFCCC) pour l'année 1994, prise comme année de référence, a montré l'incertitude commise par l'approche basée seulement sur les ventes de carburant de l'ordre de +3% pour le CO₂, -14% pour les NO_x, +19% pour le CO et +40% pour les COV. L'incertitude sur les inventaires d'émission peut être réduite en adoptant des outils spécifiques et en développant des bases de données réalistes.

Grâce à la maîtrise de la méthodologie de mesure des facteurs d'émissions, la mesure des facteurs d'émissions d'autres types de véhicules et carburant est envisagée afin de construire la matrice complète des facteurs d'émissions unitaires des véhicules roulant en Algérie.

Ces évaluations sont nécessaires pour améliorer les inventaires d'émission de gaz à effet de serre et de polluants du secteur des transports routiers, qui constituent une donnée d'entrée essentielle des modèles de contrôle de la qualité de l'air. Les nombreuses spécificités de certains pays en développement (absence de norme, âge et conditions d'utilisation des véhicules) rendent en effet très aléatoire et imprécise l'utilisation de modèles d'inventaire conçus par et pour des pays développés.

L'objectif ultime est de faire des techniques d'inventaire des émissions un outil de gestion et de recherche en matière de protection de l'environnement et de maîtrise de l'énergie par les scientifiques et les décideurs.

Bibliographie

- Adra, N., André, M., 2004. Analysis of the annual mileage of road vehicles: statistics and trends. INRETS report, n°LTE 0421, Bron, France, 72 p.
- Allaire, J., 2006. Choisir son mode de ville. Formes urbaines et transports dans les villes émergentes, les Cahiers de global chance, n° 21.
- André, M., 1998. Construction de cycles de conduite représentatifs pour la mesure des émissions de polluants des véhicules, Thèse de Doctorat, Rapport LEN 9808.
- André, M., 2004. The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions Science of The Total Environment, Volumes 334-335, Pages 73-84
- André, M., Garrot, B., Roynard, Y., Vidon, R., Tassel, P., Perret, P., 2005. Operating conditions of buses in use in the Ile-de-France region of France for the evaluation of pollutant emissions, Atmospheric Environment, Volume 39, Issue 13, 12th International Symposium, Transport and Air Pollution, April 2005, Pages 2411-2420.
- André, M., Hammarström, U., Reynaud, I., 1999. Driving statistics for the assessment of air pollutant emissions from road transport. INRETS report, LTE 9906, Bron, France, 191 p.
- André, M., Hassel, D., Hickman, A. J., Joumard, R., 1993. Cycles de conduite réalistes pour la mesure des émissions de polluants et consommation des véhicules légers sur banc à rouleaux, The Science of The Total Environment, Volume 134, Issues 1-3, Pages 171-187.
- André, M., Joumard, R., 2006. Real-world European driving cycles, for measuring pollutant emissions from high- and low-powered cars. Atmospheric Environment 40(31), pp. 5944-5953.
- André, M., Joumard, R., Hickman, A. J., Hassel, D., 1994. Actual car use and operating conditions as emission parameters: derived urban driving cycles, The Science of The Total Environment, Volumes 146-147, Pages 225-233.
- André, M., Joumard, R., Vidon, R., Tassel, P., Perret, P., 2006. Real-world European driving cycles, for measuring pollutant emissions from high- and low-powered cars, Atmospheric Environment, Volume 40, Issue 31, , 13th International Symposium on Transport and Air Pollution (TAP-2004), 13th International Symposium on Transport and Air Pollution (TAP-2004), October 2006, Pages 5944-5953.
- André, M., Keller, M., Johansson, H., Boughedaoui, M., 2007. Artemis: De nouveaux outils de calcul des émissions de polluants de transports routiers, 12^e Colloque international, Évaluation environnementale et transports Concepts, outils et méthodes, du 18 au 22 juin, Genève, Suisse
- André, M., Villanova, A., 2004. Characterisation of an urban bus network for environmental purposes, Science of The Total Environment, Volumes 334-335, Highway and Urban Pollution, 1 December, Pages 85-99.
- Aoudia, M.T., Boukadoum, A., 2005. Réseau de surveillance de la qualité de l'air en zone urbaine. Cas de l'agglomération d'Alger, Pollution Atmosphérique, n°186, 247-254
- APRUE, Communication personnelle, Agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie, Alger, 2007.
- Atek, M., Laid, Y., Oudjehane, R., Zidouni, N., Filleul, L., Tessier, J.F., Boughedaoui, M., Baough, L., 2004. Effets sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine en Afrique du nord : Cas de la ville d'Alger, The International Journal of Tuberculosis Lung Disease, 8, 11, S20
- Attané, I., Courbage, Y., 2002. Plan Bleu (www.planbleu.org)
- Azri, Ch., Maalej, Ah., Tlili, A., Medhioub, Kh., 2002. Caractérisation du niveau de pollution atmosphérique dans la ville de Sfax (Tunisie): Influence des sources et des facteurs météorologiques, Techniques - Sciences – Méthodes, 1, 78-92.

- Badami, M.G., 2005. Transport and urban air pollution in India. *Environmental Management*, 36, 2, 195-204
- Behrentz, E., Ling, R., Rieger, P., Winer, A.M., 2004. Measurements of nitrous oxide emissions from light duty motor vehicles: A pilot study, *Atmospheric Environment*, 38, 26, 4291-4303
- Bellasio, R., Bianconi, R., Corda, G., Cucca, P., 2007. Emission inventory for the road transport sector in Sardinia (Italy), *Atmospheric Environment*, 41 (4), pp. 677-691.
- Benoit, G., Comeau, A., 2005. Méditerranée : les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement, Éditions de l'Aube, La Tour, France.
- Boughedaoui, M., Chikhi, S., Kerbachi, R., André, M., Joumard, R., 1998. Mise au point des paramètres nécessaires à l'inventaire d'émissions dans le cas de l'Algérie, *Climat et Pollution Atmosphérique par les Transports*, 3^{ème} Réunion du Comité Consultatif Technique, Projet RAB/94/G31, PNUD/FEM, Alger, 29 - 30 juin 1998
- Boughedaoui, M., Chikhi, S., Kerbachi, R., André, M., Joumard, R., 1999. Car fleet characterization and kinematics used in Algeria, 8th Intern. Symp. Transport and Air Pollution, Graz, Austria, 31 May - 2 June, 1999, poster proceedings, section IX, pp. 49-56.
- Boughedaoui, M., Kerbachi, R., Kessali, D., Joumard, R., 2004. Mesure de la pollution plombifère dans l'air ambiant d'Alger. *Pollution Atmosphérique*, n°181, 105-111.
- Boughedaoui, M., Kerbachi, R., Joumard, R., 2008. On-board emission measurement of high loaded light duty vehicles in Algeria, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 58, 1.
- Burón, J.M., López, J.M., Aparicio, F., Martín, M.A., García, A., 2004. Estimation of road transportation emissions in Spain from 1988 to 1999 using COPERT III program, *Atmospheric Environment*, 38 (5), pp. 715-724.
- Cadle, S.H., Gorse, R.A., Bailey, B.K., Lawson, D.R., 2003. Real-World vehicle emissions: A summary of the twelfth coordinating research council on-road vehicle emissions workshop, *Journal of Air & Waste Management Association*, 53, 152-167
- Cai, H., Xie S., 2007. Estimation of vehicular emission inventories in China from 1980 to 2005, *Atmospheric Environment*, Volume 41, Issue 39, December 2007, Pages 8963-8979.
- Cameron, I., Kenworthy, J.R., Lyons, T.J., 2003. Understanding and predicting private motorised urban mobility, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 8, Issue 4, pp 267-283
- CCFA, 2007. Comité des Constructeurs Français d'Automobiles, Statistiques. (www.ccfa.fr)
- Chadli, M., Hadjiedj, A., 2003. L'apport des petites agglomérations dans la croissance urbaine en Algérie, *Cybergeo*, *Revue européenne de géographie*, N° 251.
- Chan T.L., Ning Z., Leung C.W., Cheung C.S., Hung W.T., Dong G., 2004. On road remote sensing of petrol vehicle emissions measurement and emission factors estimation in Hong Kong, *Atmospheric Environment*, 38, 2055-2066
- Corvalán, R.M., Urrutia, C.M, 2000. Emission factors for gasoline light-duty vehicles: experimental program in Santiago, Chile, *Journal of Air & Waste Management Association*, 50, 12, 2102-2111.
- Corvalán, R.M., Vargas, D., 2003. Experimental analysis of emission deterioration factors for light duty catalytic vehicles Case study: Santiago, Chile, *Transportation Research, Part D: Transport and Environment*, 8, 4, 315-322
- Cost 356, 2007. Research project: Towards the definition of a measurable environmentally sustainable transport, <http://cost356.inrets.fr/pub/pubmain.html>
- Crauser, J.P., 1989. Méthodologie statistique pour l'étude des cinématiques et des consommations de véhicules légers, thèse de doctorat, Mathématiques, Université des Sciences et techniques du Languedoc, p 140

- De Vlieger, I., 1997. On board emission and fuel consumption measurement campaign on petrol driven passengers' cars, *Atmospheric Environment*, 31, 22, 3753-3761
- Degobert P., *Automobile et pollution*, Edition Technip, Paris, 1992, 509 p.
- Della Ragione, L., Giglio, V., Luzar, V., Rapone, M., 1994. Characterisation of actual urban driving cycles by means of basic statistical analysis: a preliminary approach, *Third International Symposium on Transport and Air Pollution*, Avignon.
- Ekström, M., Sjödin, Å., Andreasson, K., 2004. Evaluation of the COPERT III emission model with on-road optical remote sensing measurements, *Atmospheric Environment*, 38 (38), pp. 6631-6641.
- El Shawarby, I., Ahn, K., Rakha, H., 2005. Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions, *Transportation Research, Part D: Transport and Environment*, 10, 1, 13-30
- Ericsson, E., 1996. Att Mäta bilars Körmonster, En metodstudie (How to measure driving pattern. A study of methodology), *Bulletin 137*, University of Lund, Lund Institute of Technology, Department of traffic planning and engineering, Lund, Sweden
- Ericsson, E., 2000. Variability in urban driving patterns, *Transportation Research, Part D: Transport and Environment*, Volume 5, Issue 5, pp 337-354
- Frey, H.C., Roupail, N.M., Unal, A., Colyar, J., 2001. Measurement of on-road tailpipe CO, NO, and hydrocarbon emissions using a portable instrument, *Proceedings: Annual meeting of the Air & Waste Management Association*, Pittsburgh, PA
- Gallez, C., Couturier, N., 1994. Renouvellement du parc automobile et du marché de l'automobile. Thèse sciences économiques. Paris : Université de Paris I – Panthéon – Sorbonne, 353 p.
- Gallez, C., 2000. Modèles de projection à long terme de la structure du parc et prospective transport-environnement. Arcueil : INRETS, 88 p.
- Gandhi, K. K., Zvonow, V. A., 1983. Development of a Driving Cycle for fuel economy in a developing country, *Transportation Research Part A*, Vol. 17, No. 1, p. 1-11.
- Gendarmerie Nationale, 2007. Rapport annuel des accidents de la route, Alger.
- Ghandi, K. K., Singh, I.P., 1985. An urban & highway driving cycle for emission measurement: A study, *All India Seminar on vehicular emission*.
- GIEC, 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, AIEA/OCDE/IGES
- Goger, T., 2006. Un indicateur d'impact environnemental global des polluants atmosphériques émis par les transports. Thèse : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 284 p.
- Guibet, J.C., 1997. Carburants et moteurs, volume 2, Editions Technip, Paris.
- Hata, S., Takai, M., Ohmiya, K., 1991. Development of Ground Speed Sensor for Agricultural Tractors. *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery*, 53(6): 3-10 (in Japanese).
- Hayashi, Y., Suparat, R., Mackett, R., Doi, K., Tomita, Y., Nakazawa, N., Kato, H., Anurak, K., 1998. La liaison entre l'urbanisation, la motorisation et l'environnement, *les cahiers scientifiques du transport*, n° 34, pp 75-100
- Hickman, A.J., Hassel, D., Joumard, R., Samaras, Z., Sorenson, S., 1999. MEET – Methodology for calculating transport Emissions and energy Consumption, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-828-6785-4, 362 p.
- Holmén, B.A., Niemeier, D.A., 1998. Characterizing the effects of driver variability on real world vehicle emissions, *Transportation Research, Part D: Transport and Environment*, 3 2, 117-128
- Hugrel, C., Joumard, R., 2004. Transport routier - Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025, Rapport LTE n° 0420.

- Hung, W.T., Tong, H.Y., Lee, C.P., Ha, K., Pao, L.Y., 2007. Development of a practical driving cycle construction methodology: A case study in Hong Kong, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12, 2, pp. 115-128
- Ingram, G.K., Liu, Z., 1997. Motorization and Road Provision in Countries and Cities. Policy Research Working Paper 1842. World Bank, Washington DC, p. 40
- Joumard, R., André, M., Crauser, J.P.; Badin, F., Paturel, L., 1987. Méthodologie de mesure des émissions réelles du parc automobile, rapport INRETS, n° 31, Arcueil, France, 81 p.
- Joumard, R., André, M., Vidon, R., Tassel, P., Pruvost, C., 2000. Influence of driving cycles on unit emissions from passenger cars, *Atmospheric Environment*, Volume 34, Issue 27, Pages 4621-4628.
- Joumard, R., André, M., Vidon, R., Tassel, P., 2003. Characterizing real unit emissions for light duty goods vehicles. *Atmospheric Environment*, 37, 5217-5225.
- Joumard, R., André, M., Laurikko, J., Le Anh, T., Geivanidis, S., Samaras, Z., Oláh, Z., Devaux, P., André, J.M., Cornelis, E., Rouveïrolles, P., Lacour, S., Prati, M.V., Vermeulen, R., Zallinger, M., 2006. Accuracy of exhaust emissions measurements on vehicle bench - Artemis deliverable 2. Inrets report, n°LTE 0522, Bron, France, 140 p.
- Kenworthy, J.R., 1986. Driving cycles, urban form and transportation energy. Ph.D. Thesis. Environmental Science, Murdoch University, p. 546.
- Kenworthy, J.R., Newman, P. W. G., Lyons, T. J., 1992. The ecology of urban driving I — methodology, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 26, Issue 3, Pages 263-272
- Kerbachi, R. Boughedaoui, M., Koutai, N., Lakki, T., 1998. La pollution par les oxydes d'azote et l'ozone dans la ville d'Alger, *Pollution atmosphérique*, pp 89 - 101
- Kerbachi, R., Boughedaoui, M., Boumechhour, F., Oucher, N., 2003. Etude de la pollution de l'air par les particules fines (PM-10, PM-2,5 et PM-1) et évaluation de l'aérosol acide à Alger. 12^{ème} colloque internationale Transport et Pollution de l'Air, 15-17 juin 2003, Avignon, France. Proceedings INRETS, n°92, volume 2, pp. 93-98.
- Kerbachi, R., Boughedaoui, M., Keddou, M., Bounoua L., 2006. Ambient air pollution by aromatic hydrocarbons in Algiers, *Atmospheric Environment*, 40, 21, 3995-4003
- Klingenberg H., *Automobile exhaust emission testing*, Springer Verlag Edition, Berlin, 1996, 379 p.
- Kvatch, I.A., Dravitzki, V.K., Brown, D.N., 1998. On-board vehicle emission measurement technique for the determination effect of route attributes on emission rates, Proceedings – Conference of the Australian road research board, pp. 36-50
- Lacour, S., Joumard, R., 2002. Usage et émissions des véhicules routiers en France de 1970 à 2020. Bron : INRETS, 89 p.
- Laïd, Y., Atek, M., Oudjehane, R., Filleul, L., Baough, L., Zidouni, N., Boughedaoui, M., Tessier, J.F., 2006. Health effects of PM10 air pollution in a low-income country: the case of Algiers, *Int. J. Tuberc. Lung Dis.*, 10 (12), 1406–1411
- Lenaers, G., 1996. On board real life emission measurements on a 3 way catalyst gasoline car in motor way-, rural- and city traffic and on two Euro-1 diesel buses, *Science of the Total Environment*, 189/190, 139-147
- Lyons, T. J., Kenworthy, J. R., Austin, P. I., Newman, P. W. G., 1986. The development of a driving cycle for fuel consumption and emissions evaluation, *Transportation Research Part A: General*, Volume 20, Issue 6, Pages 447-462
- Lyons, T. J., Kenworthy, J. R., Newman, P. W. G., 1990. Urban structure and air pollution *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, Volume 24, Issue 1, Pages 43-48
- Markewitz, K., Joumard, R., 2005. Émissions unitaires de polluants des petits véhicules utilitaires. Rapport Inrets, n°LTE 0508, Bron, France, 63 p.

- Markewitz, K., Joumard, R., 2006. Atmospheric pollutant emission factors of light duty vehicles within the Artemis model. 2nd conf. Environment & Transport, incl. 15th conf. Transport and Air Pollution, 12-14 June 2006, Reims, France, poster. Proceedings, actes Inrets, n°107, vol. 2, Arcueil, France, pp. 84-89.
- Mayer, H., 1999. Air pollution in cities, *Atmospheric Environment*, 33, 4029-4037
- Mensink, C., 2000. Validation of urban emission inventories, *Environmental Monitoring and Assessment*, 65 (1-2), pp. 31-39.
- Metz, N., 2005. Estimation of worldwide CO-, NMVOC-, NO_x -, and PM-emissions, Proceedings of the 10th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 17-20 October 2005, Sissi, Crete, Greece.
- Ministère des transports, Communication personnelle, Alger, 2007
- Ministère des travaux publics, Communication personnelle, Alger, 2007
- Miyazaki, T., Takada, Y., Iida, N., 2003. Development of on-board analysis system for local roadside pollution by exhaust emissions from running vehicle, *Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu, C Hen/ Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C*, 69 10, 2767-2774
- Nejjari, C., Filleul, L., Zidouni, N., Laid, Y., Atek, M., El Meziane, A., Tessier, J.F., 2003. Air pollution: A new respiratory risk for cities in low-income countries, *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 7, 3, 223-231.
- Nesamani, K.S., Subramanian, K.P., 2005. Impact of real-world driving characteristics on vehicular emissions, Institute of Transportation Studies, University of California, Irvine; Paper UCI-ITS-AS-WP-05-1.
- Newman, P. W. G., Kenworthy, J. R., Lyons, T. J. 1992. The ecology of urban driving II—driving cycles across a city: Their validation and implications, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 26, Issue 3, Pages 273-290
- OCDE, Perspectives économiques en Afrique, Bruxelles, 2007, pp 115 – 129
- Office national des statistiques (ONS), Données statistiques du parc automobile, Alger, 2006.
- Office national des statistiques (ONS), Rapport sur les comptes économiques, Alger, 2007. (www.ons.dz) .
- Osses, M., Henríquez, A., Triviño, R., 2002. Positive mean acceleration for the determination of the traffic emissions, Symposium Transport and Air Pollution, 19-21 June 2002, Graz, Austria.
- Ouldbba, A., 2002. Results of an air pollution measurement campaign in Casablanca: a warning system embryo, 12th Joint Conference on the Applications of Air Pollution Meteorology with the Air and & Waste Management Association, May 20 - 24, 2002, Norfolk, Virginia.
- Pierson, W.R., Gertler, A.W., Bradow, R.L., 1990. Comparison of the SCAQS tunnel study with other on-road emission data. *Journal of Air and & Waste Management Association*, 40, 1495-1504
- Pierson, W.R., Gertler, A.W., Robinson, N.F., Sagebiel, J.C., Zielinska, B., Bishop, G.A., Stedman, D.H., Zweidinger, R.B., Ray, W.D., 1996. Real automotive emissions – Summary of studies in the Fort McHenry and Tuscarora mountain tunnels, *Atmospheric Environment*, 30, 12, 2233-2256
- Potter, C.J., 1987. The measurement of vehicle exhaust gas emission for national inventories and highway impact studies, *Science of the Total Environment*, 59, 63-76
- Rachik, A., 2005. Rapport de recherche : Bilan Etudes et recherches urbaines sur le Maroc 1980-2004, Etude financée par le Centre Jacques Berque, Rabat.
- Saija, S., Romano, D., 2002. A methodology for the estimation of road transport air emissions in urban areas of Italy, *Atmospheric Environment*, 36 (34), pp. 5377-5383.

- Samaras, Z., Ntziachristos, L., 1998. Average hot emission factors for passenger cars and light duty trucks. LAT report, n°9811, Thessaloniki, Greece, 112 p.
- Sausen, R., Koehler, I., Grabbe, G. C., Metz, N., 1998. Development of a (simplified) motor vehicle emission data set and its comparison to other emitters. Forschungsbericht - Deutsche Forschungsanstalt fuer Luft - und Raumfahrt e.V. (98-4)
- Schafer, A., 2000. Carbon dioxide emissions from world passenger transport reduction options. Transportation Research Record, 1738, 20-29.
- Sjödin, Å., Andreasson, K., 2000. Multi-year remote-sensing measurements of gasoline light duty vehicle emissions on a free camp, Atmospheric Environment, 34, 27, 4657-4665
- Song, X.Y., Xie S.-D., 2006. Development of vehicular emission inventory in China, Huanjing Kexue/Environmental Science, 27 (6), pp. 1041-1045.
- Soylu, S., 2007. Estimation of Turkish road transport emissions, Energy Policy, 35 (8), pp. 4088-4094.
- Staab, J., Schuermann, D., 1987. Measurement of automobile exhaust emissions under realistic road conditions, SAE technical paper series, 7 p.
- UNFCCC, 2001. National communication of Algeria, Non-Annex I national communications. (http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php)
- UNFCCC, 2006. GHG data booklet, Bonn, Germany.
- UNFCCC, 2007. Information and data on the mitigation potential of policies, measures and technologies, Vienna, and Bali.
- Van Ruymbeke, C., 1991. Mise au point d'une méthode de mesure des émissions polluantes automobiles applicable au cas de Mexico. Thèse, Chimie - Génie de l'Environnement, Univ. Savoie, France, 223 p.
- Vidon, R., Montorio, J.L., Pruvost, C., Tassel, P., 1996. Coopération franco-algérienne : équipement et essais sur véhicule expérimental, Rapport Inrets, n°LEN 9614, Bron, France, 22 p.
- Vojtisek-Lom, M., Cobb, J.T., 1997. Vehicle mass emission measurement using a portable 5-gas exhaust analyzer and engine computer data, Proceedings: Emission inventory, planning for the future, Air & waste Management Association, Pittsburgh, PA
- Watson, H.C., Milkins, E.E., Braunsteins, J., 1982. The development of Melbourne peak cycle, SAE-A and ARRB Traffic Energy and Emissions Conference Paper 82148, Melbourne.
- Worldbank, 2004. Analyse de la performance environnementale, Rapport final, report n° TN-25566, Washington D.C.
- WorldBank, 2004. Assessing the Costs of Environmental Degradation in the Middle East and the North Africa Region", Environment Strategy, Note n° 9, Washington D.C.
- Zachariadis, T., Ntziachristos, L., Samaras, Z., 2001. The effect of age and technological change on motor vehicle emissions, Transportation Research, Part D: Transport and Environment, 6, 221-227
- Zallinger, M., Hausberger, S., 2004. Road gradient and vehicle load. WP300, Task 321. TUG report, Graz, Austria, 23 p.

Annexe I

Modèle d'inventaire COPERT

1. Historique et principe du modèle

Les émissions atmosphériques des transports routiers sont calculées en utilisant un modèle d'estimation basé sur la méthodologie européenne CORINAir/COPERT (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport). Le développement de la méthodologie COPERT a été financé par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) dans le cadre des activités CORINAir du centre thématique sur les émissions atmosphériques. Ce centre thématique est chargé de collecter et de fournir des données européennes de haute qualité aux différents utilisateurs.

Il y a eu plusieurs versions de ce modèle COPERT. La première version de la méthodologie COPERT (COPERT 1990) date de 1991. La première mise à jour date de 1997 (COPERT II) et la deuxième de fin 2000 (COPERT III). Les différences entre les versions de Copert II et III se situent dans les bases de données des facteurs d'émissions unitaires utilisés :

- Mise à jour des facteurs d'émissions et de consommation à chaud pour certains types de véhicules.
- Mise à jour des facteurs d'émissions à froid pour certains types de véhicules.
- Nouveaux facteurs d'émissions pour 23 polluants HAP et POP.
- Nouveaux facteurs d'émissions pour les dioxines et les furannes.

Le modèle COPERT III (utilisé dans ce cas pour estimer les émissions polluantes annuelles issues du trafic routier en Algérie) traite les principaux polluants réglementés (CO, NO₂, SO₂, Pb, PM) ainsi que les non réglementés (COV, Cd, Cr, Ni, Se, Zn).

2. Description de la méthodologie

Le modèle COPERT III calcule, sur une base combinée des données d'activités (parc véhicules, kilométrages annuels parcourus, ...) et des facteurs d'émission, le total des émissions, issues du trafic routier, pour chaque polluant considéré. Ce total d'émissions est la somme de trois émissions qui est calculé par l'équation suivante :

$$E_{\text{Total}} = E_{\text{Hot}} + E_{\text{Cold}} + E_{\text{Evap}} \quad (1)$$

Où :

- E_{Total} : émission totale d'un polluant donné
- E_{Hot} : émissions à chaud : émissions pendant la phase chaude du moteur (température d'eau $\geq 70^{\circ}\text{C}$)
- E_{Cold} : émissions à froid : émissions pendant la phase froide du moteur (température d'eau $< 70^{\circ}\text{C}$), c'est la phase de démarrage du moteur
- E_{Evap} : émissions par évaporation : émissions dues à l'évaporation du carburant (essence)

Les émissions polluantes des véhicules dépendent des conditions de roulage de ces derniers, suivant la gamme de vitesse pratiquée et selon le type de voirie empruntée (urbain, rural, autoroute). Les facteurs d'émission varient selon chaque situation motrice. L'équation (1) peut s'écrire encore sous la forme suivante :

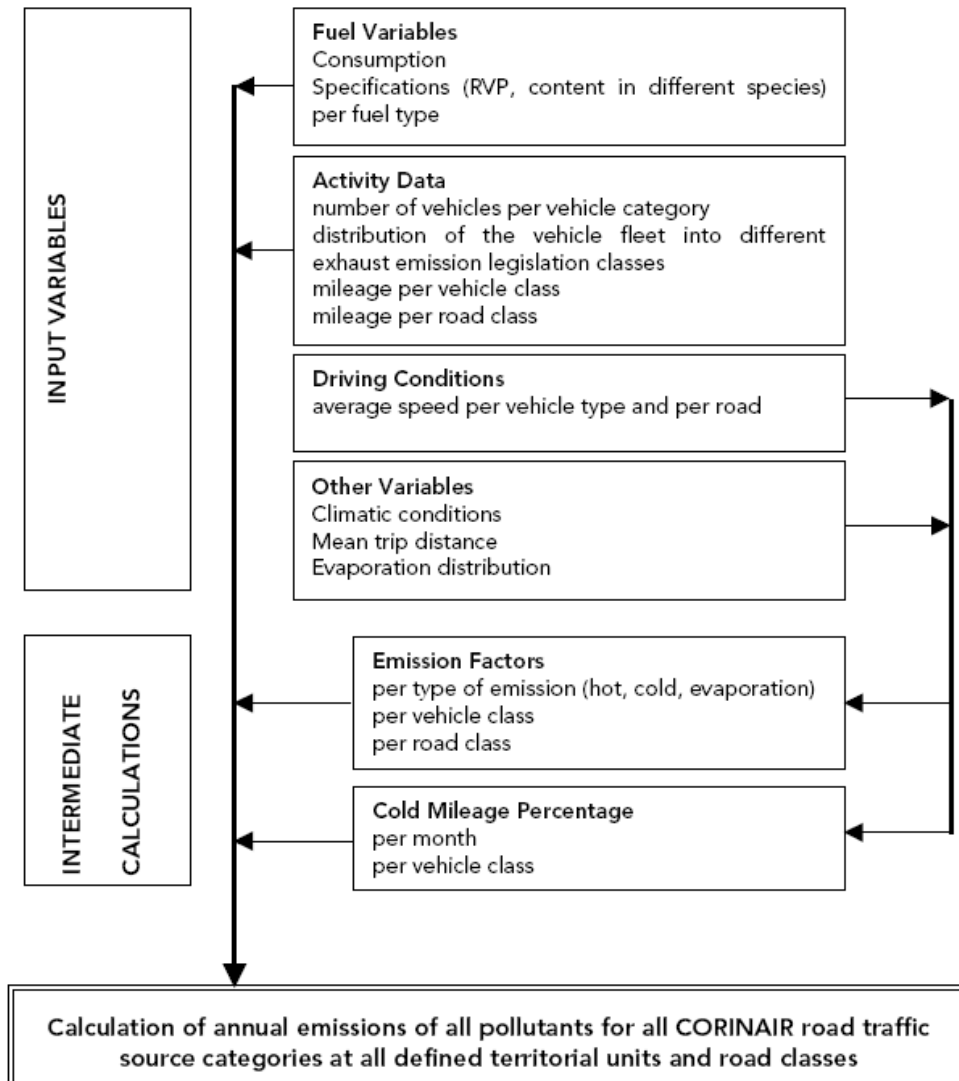
$$E_{\text{Total}} = E_{\text{Urban}} + E_{\text{Rural}} + E_{\text{Highway}} \quad (2)$$

Où :

- E_{Urban} : émission en milieu urbain
- E_{Rural} : émission en milieu rural

- E_{Highway} : émission en milieu autoroutier

Le calcul des émissions polluantes totales est effectué en combinant des données d'activité pour chaque catégorie de véhicule avec des facteurs d'émission appropriés, qui varient selon des données d'entrée (conditions de roulage, conditions climatiques) fournis. L'organigramme ci-dessous montre les différentes données nécessaires en entrée et les différentes étapes intermédiaires de calcul.



Organigramme de la méthodologie

2.1. Les émissions à chaud

Ce sont les émissions produites pendant la phase où les conditions thermiques de post-traitement du moteur du véhicule sont stables. Elles dépendent d'une variété de facteurs comprenant le kilométrage annuel parcouru par chaque catégorie et classe de véhicule, les vitesses employées dans les différentes voies (urbain, rural, autoroutier), l'âge et la puissance des véhicules. L'équation employée pour l'estimation de ces émissions est :

$$E_{\text{Hot}; i, j, k} = N_j \times M_{j, k} \times e_{\text{Hot}; i, j, k} \quad (3)$$

Où: $E_{\text{Hot}; i, j, k}$: émissions à chaud du polluant i en [g] produites par le véhicule de classe j roulant dans la voie de type k

N_j : nombre de véhicules [veh] de classe j

$M_{j, k}$: kilométrage annuel parcourue par le véhicule de classe j sur la voie de type k

$e_{\text{Hot}; i, j, k}$: facteur d'émission en [g/km] du polluant i pour la classe j de véhicule circulant sur la voie de type k

2.2. Les émissions de démarrage à froid

Ce sont les émissions supplémentaires aux émissions à chaud. Généralement elles sont produites en milieu urbain lors du démarrage à froid des véhicules et sont estimées uniquement pour la fraction du kilométrage parcouru tant que le moteur n'a pas encore atteint la stabilité thermique de post-traitement. Cette fraction dépend de la région d'opérabilité du véhicule (qui dépend des conditions climatiques). Par ailleurs ces émissions ne dépendent pas de l'âge de ces derniers. Elles sont calculées en utilisant la formule suivante :

$$E_{\text{Cold}; i, j} = \beta_{i, j} \times N_j \times M_j \times e_{\text{Hot}; i, j} \times [e^{\text{Cold}} / e^{\text{Hot}}_{i, j} - 1] \quad (4)$$

Où: $E_{\text{Cold}; i, j}$: émissions à froid du polluant i causées par le véhicule de classe j
 $\beta_{i, j}$: fraction de kilométrage parcouru pendant la phase froide du moteur
 N_j : nombre de véhicules [veh] de classe j
 M_j : kilométrage total parcouru par le véhicule de classe j
 $e^{\text{Cold}} / e^{\text{Hot}}_{i, j}$: rapport Cold sur Hot des émissions du polluant i produites par le véhicule de classe j

Le paramètre β dépend de la température ambiante t_a (température mensuelle moyenne) et de la distance moyenne de parcours l_{trip} . Cependant, la donnée l_{trip} n'est pas disponible dans beaucoup de pays pour toutes les classes de véhicule, une valeur européenne de 12.4 km a été établie (André, 1998). Le rapport $e^{\text{Cold}} / e^{\text{Hot}}$ dépend également de la température ambiante et du polluant considéré.

2.3. Les émissions par évaporation (COV)

Elles sont très sensibles à la température. Il y a trois sources primaires d'émissions par évaporation qui sont estimées séparément :

- émissions journalières (Diurnal emissions) : associées à la variation quotidienne de la température ambiante, ces émissions résultent de l'expansion de la vapeur à l'intérieur du réservoir d'essence pendant le jour. Sans système de contrôle d'évaporation, une partie du volume croissant de la vapeur de carburant est mise à l'air libre
- émissions par imbibition chaude (Hot soak emissions) : elles sont causées quand un moteur chaud est arrêté. La chaleur du moteur et du dispositif d'échappement augmente la température du carburant qui ne coule plus dans le système.
- émissions par pertes courantes (Running losses) : elles sont le résultat de la vapeur générée dans le réservoir d'essence pendant que la circulation du véhicule. Elles sont plus significatives au cours des périodes où la température ambiante est élevée.

L'estimation des émissions par évaporation est effectuée par l'équation suivante :

$$E_{\text{EVA, VOC}; j} = 365 \times N_j \times (e^d + S^c + S^{fi}) + R \quad (5)$$

Où: $E_{\text{EVA, VOC}; j}$: émissions (COV) par évaporation causées par les véhicules de classe j
 N_j : nombre des véhicules à moteur à essence de classe j
 e^d : facteur d'émission moyen pour les pertes journalières des véhicules à moteur à essence équipés de réservoir en métal (dépend de la température ambiante mensuelle, de la variation de la température et de la volatilité du carburant (RVP))
 S^c : facteur d'émission par imbibition chaude (warm soak) des véhicules à moteur à essence équipés d'un carburateur
 S^{fi} : facteur d'émission par imbibition chaude (warm soak) des véhicules à moteur à essence équipés d'une pompe à injection de carburant
 R : pertes chaudes en circulation (hot and warm running losses)

3. Données d'entrée

Pour estimer les émissions polluantes, le modèle COPERT III a besoin en entrée d'une base de données structurée et comprend les données du parc véhicules roulant, des kilométrages annuelles moyens parcourus, des vitesses moyennes pratiquées dans les différentes voiries (urbain, rural, autoroute), des kilométrages annuels effectués par types de voirie, des températures ambiantes (minimales et maximales) mensuelles, des consommations annuelles de carburants ainsi que leurs compositions en soufre et plomb (et d'autres composés), et d'autres données comme le RVP [kPa], l_{trip} [km] et β .

Pour une année de référence (de calcul des émissions polluantes), les données du parc roulant (population) sont organisées par classe de véhicules (VP, VUL, TC, PL, 2 roues), par type de carburant (essence, diesel, GPL), par gamme de cylindrées (pour les VP) et par PTAC (Poids total autorisés en charge) pour les PL, et par législations (technologies ou normes) comme illustré sur le tableau suivant :

Classe	Gamme	Technologie	Population
Véhicule Particulier	Essence < 1.4 l	PRE ECE	Exemple : 110 000
		ECE 15/00-01	...
		ECE 15/02	...
		ECE 15/03	...
		ECE 15/04	...
		Improved Conventional	...
		Open Loop	...
		91/441/EEC	...
		94/12/EEC	...
		PC Euro III	...
		PC Euro IV	...
		PC Euro V	...
	Essence 1.4 ~ 2 l	...	...
	Essence > 2 l	...	...
Diesel < 2 l	...	...
Diesel > 2 l	...	...
VUL	Essence	...	...
	Diesel	...	...
Autobus	Diesel	...	...
Autocars	Diesel	...	...
PL	Diesel 3,5 - 7,5 t	...	...
	Diesel 7,5 - 16 t	...	...
	Diesel 16 - 32 t	...	...
	Diesel >32t	...	...
2 Roues	<50 cm ³	...	...
	<50 cm ³	...	...
	<50 cm ³	...	...
	2-stroke >50 cm ³	...	...
	2-stroke >50 cm ³	...	...
	4-stroke <250 cm ³	...	...
	4-stroke <250 cm ³	...	...
	4-stroke 250 - 750 cm ³	...	...
	4-stroke 250 - 750 cm ³	...	...
	4-stroke >750 cm ³	...	...
4-stroke >750 cm ³	...	...

A chaque classe de véhicule, on lui attribue un kilométrage annuel moyen parcouru, les proportions (%) de ce kilométrage par type de voirie (urbain, rural, autoroute) et les vitesses moyennes pratiquées dans chacune de ces voiries, comme illustré sur le tableau suivant :

Vitesse Urbaine [km/h]	Vitesse Rurale [km/h]	Vitesse Autoroutière [km/h]	Pourcentage Urbain [%]	Pourcentage Rural [%]	Pourcentage Autoroutier [%]	Kilométrage [km]
23	56	108	37	53	10	4947
23	56	108	37	53	10	7409

Ces différentes vitesses et proportions varient dans le temps (annuellement) et évoluent d'année en année. Les données de consommations annuelles de carburants sont introduites par type (Essence Plombé, Essence sans Plomb, Diesel et GPL). Ces données ne servent pas pour calculer les émissions polluantes par le modèle COPERT mais servent à boucler le bilan de carburant entre les données de l'utilisateur et celles calculées par COPERT.

Cette matrice de données représente uniquement l'état du parc véhicules pour une année de référence donnée qui est calculée à partir d'une base de données globale qui contient l'ensemble de données du parc véhicules (et ses différentes caractéristiques) sur la période d'étude de l'évolution des émissions polluantes.

4. Données de sortie

Le modèle COPERT III couvre les principaux polluants : CO, NO_x, VOC, CH₄, CO₂, N₂O, NH₃, SO_x, les particules issues du diesel (PM), et autres métaux lourds contenus dans le carburant (plomb, cadmium, cuivre, chrome, nickel, sélénium et zinc).

Après calcul, COPERT III donne en sortie les émissions annuelles à chaud, à froid et par évaporation (en tonnes) des différents polluants cités plus haut, par classe de véhicules, par type de carburant et par puissance.

5. Bilan carburant

En théorie, les consommations totales de carburant calculées (par le modèle COPERT) par type (Essence, Diesel, GPL), sont égales à celles fournies par l'utilisateur (données d'entrée). En pratique, il y a un décalage entre les données calculées et les données d'entrée. On effectue un calage des données pour assurer une convergence des résultats.

La nécessité d'allouer les émissions polluantes calculées aux différentes classes de véhicules ne peut être réalisée uniquement à partir des données d'entrée car ces ne sont pas détaillées par classe de véhicules. Les corrections respectives apportées sur les différentes consommations calculées (par le modèle COPERT) par classe de véhicules utilisent l'équation suivante :

$$E_{i,jm}^{Corr} = E_{i,jm}^{Calc} \times \frac{FC_m^{Stat}}{\sum_{jm} FC_{jm}^{Calc}} \quad (6)$$

Où : jm : classe j de véhicules opérants avec le carburant de type m

$E_{i,jm}^{Corr}$: l'émission rectifiée du polluant i (CO₂, SO₂, Pb, HM) pour la classe jm de véhicules

$E_{i,jm}^{Calc}$: l'émission calculée du polluant i pour la classe jm de véhicules

FC_m^{Stat} : consommation totale (fournie) du carburant de type m

$\sum_{jm} FC_{jm}^{Calc}$: consommation totale calculée du carburant de type m de toutes les classes de véhicules

Les émissions de CO₂ sont estimées sur la base de la consommation de carburant seulement, en supposant que la teneur en carbone du carburant est entièrement oxydée en CO₂. L'équation suivante est appliquée :

$$E_{\text{CO}_2, j}^{\text{Calc}} = 44,011 \times \frac{FC_{jm}^{\text{Calc}}}{12,011 + 1,008r_{\text{H:C}, m}} \quad (7)$$

Où :

$r_{\text{H:C}, m}$: rapport de l'hydrogène sur les atomes de carbone dans le carburant (=1.8 pour l'essence et =2 pour le diesel).

D'autres émissions de carbone comme CO, COV et des particules doivent être prises en considération. L'équation utilisée pour apporter ces corrections est :

$$E_{\text{CO}_2, j}^{\text{Calc}} = 44,011 \times \frac{FC_{jm}^{\text{Calc}}}{12,011 + 1,008r_{\text{H:C}, m}} - \frac{E_{jm}^{\text{CO}}}{28,011} - \frac{E_{jm}^{\text{COV}}}{13,85} - \frac{E_{jm}^{\text{PM}}}{12,011} \quad (8)$$

Annexe II

Facteurs d'émission utilisés

Base de facteurs d'émission à chaud (g/km)

Sector	Sector	Subsector	Tech	COu	COr	COh	PMu	PMr	PMh	NOxu	NOxh	NOxr	FCu	FCr	FCh	CH4h	CH4r	CH4u	VOCu	VOCr	VOCh	Pop. 2005
1	PC	Ess <1,4 l	PRE ECE	45,4867	22,5049	20,2568	0,0000	0,0000	0,0000	1,5326	2,0440	1,9870	105,0550	56,5818	55,0000	0,0354	0,0530	0,1756	4,0937	1,8877	1,6814	23294
1	PC	Ess <1,4 l	ECE 15/00-01	34,7966	14,5700	14,3500	0,0000	0,0000	0,0000	1,5326	2,0440	1,9870	96,3153	47,6528	45,2750	0,0354	0,0530	0,1756	3,2663	1,3561	1,2860	129513
1	PC	Ess <1,4 l	ECE 15/02	27,5550	9,2200	8,6450	0,0000	0,0000	0,0000	1,4770	1,9990	1,9050	82,4043	46,2400	45,5125	0,0354	0,0434	0,1666	3,0328	1,1340	1,0953	45630
1	PC	Ess <1,4 l	ECE 15/03	25,8280	10,6920	9,6482	0,0000	0,0000	0,0000	1,5480	2,1263	2,0120	82,4043	46,2400	45,5125	0,0354	0,0434	0,1666	3,0328	1,1340	1,0953	150783
1	PC	Ess <1,4 l	ECE 15/04	17,8905	5,2703	5,2703	0,0000	0,0000	0,0000	1,5164	2,0108	2,0108	64,2888	43,9200	43,9200	0,0354	0,0354	0,1711	2,4796	0,9593	0,9593	235779
1	PC	Ess <1,4 l	Impr Conv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess <1,4 l	Open Loop	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess <1,4 l	Euro I -	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess <1,4 l	Euro II -	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess <1,4 l	Euro III - 2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess <1,4 l	Euro IV - 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess <1,4 l	Euro V (+2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess <1,4 l	Impr Conv ND	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess <1,4 l	Open Loop ND	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess <1,4 l	Euro I ND	3,6000	1,3100	1,3200	0,0000	0,0000	0,0000	0,3910	0,3130	0,3010	72,8984	38,2784	37,9960	0,0000	0,0000	0,0000	0,4180	0,1060	0,1010	109382
1	PC	Ess <1,4 l	Euro II ND	3,6000	1,3100	1,3200	0,0000	0,0000	0,0000	0,3910	0,3130	0,3010	72,8984	38,2784	37,9960	0,0000	0,0000	0,0000	0,4180	0,1060	0,1010	105224
1	PC	Ess <1,4 l	Euro III ND	1,6100	0,5070	0,5070	0,0000	0,0000	0,0000	0,3970	0,2510	0,2530	72,8984	37,9960	37,9960	0,0000	0,0000	0,0000	0,1460	0,0381	0,0372	138616
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	45,4867	22,5049	20,2568	0,0000	0,0000	0,0000	1,7376	2,6015	2,4325	126,2767	65,8439	67,0000	0,0354	0,0530	0,1756	4,0937	1,8877	1,6814	14052
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	34,7966	14,5700	14,3500	0,0000	0,0000	0,0000	1,7376	2,6015	2,4325	117,5914	54,4081	50,2900	0,0354	0,0530	0,1756	3,2663	1,3561	1,2860	72057
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	27,5550	9,2200	8,6450	0,0000	0,0000	0,0000	1,6670	2,2610	2,1550	101,6827	50,0480	50,2195	0,0354	0,0434	0,1666	3,0328	1,1340	1,0953	23966
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	25,8280	10,6920	9,6482	0,0000	0,0000	0,0000	1,5725	2,4550	2,3365	101,6827	50,0480	50,2195	0,0354	0,0434	0,1666	3,0328	1,1340	1,0953	76416
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	ECE 15/04	17,8905	5,2703	5,2703	0,0000	0,0000	0,0000	1,7577	2,6416	2,6416	85,0385	50,1270	50,1270	0,0354	0,0354	0,1711	2,4796	0,9593	0,9593	110583
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Impr Conv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Open Loop	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro I -	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro II -	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro III - 2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro IV - 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro V (+ 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Impr Conv ND1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0

1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Open Loop ND1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro I ND1	3,6000	1,3100	1,3200	0,0000	0,0000	0,0000	0,3910	0,3130	0,3010	98,4536	44,6736	44,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,4180	0,1060	0,1010	47063	
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro II ND1	3,6000	1,3100	1,3200	0,0000	0,0000	0,0000	0,3910	0,3130	0,3010	98,4536	44,6736	44,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,4180	0,1060	0,1010	42427	
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro III ND1	1,6100	0,5070	0,5070	0,0000	0,0000	0,0000	0,3970	0,2510	0,2530	98,4536	44,0200	44,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,1460	0,0381	0,0372	51767	
1	PC	Ess >2,0 l	PRE ECE	45,4867	22,5049	20,2568	0,0000	0,0000	0,0000	2,0724	3,8725	3,4525	159,3938	79,0378	80,0000	0,0354	0,0530	0,1756	4,0937	1,8877	1,6814	2730	
1	PC	Ess >2,0 l	ECE 15/00-01	34,7966	14,5700	14,3500	0,0000	0,0000	0,0000	2,0724	3,8725	3,4525	135,8283	57,8604	56,2900	0,0354	0,0530	0,1756	3,2663	1,3561	1,2860	17317	
1	PC	Ess >2,0 l	ECE 15/02	27,5550	9,2200	8,6450	0,0000	0,0000	0,0000	1,8800	2,5460	2,4280	127,1167	64,5000	63,6475	0,0354	0,0434	0,1666	3,0328	1,1340	1,0953	6602	
1	PC	Ess >2,0 l	ECE 15/03	25,8280	10,6920	9,6482	0,0000	0,0000	0,0000	2,6776	3,2981	3,1704	127,1167	64,5000	63,6475	0,0354	0,0434	0,1666	3,0328	1,1340	1,0953	22793	
1	PC	Ess >2,0 l	ECE 15/04	17,8905	5,2703	5,2703	0,0000	0,0000	0,0000	2,2570	2,6409	2,6409	116,3985	56,3900	56,3900	0,0354	0,0354	0,1711	2,4796	0,9593	0,9593	38781	
1	PC	Ess >2,0 l	Euro I -	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	Ess >2,0 l	Euro II -	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	Ess >2,0 l	Euro III - 2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	Ess >2,0 l	Euro IV 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	Ess >2,0 l	Euro V (+ 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	Ess >2,0 l	Euro I ND2	3,6000	1,3100	1,3200	0,0000	0,0000	0,0000	0,3910	0,3130	0,3010	127,4576	47,4276	46,4000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4180	0,1060	0,1010	19484	
1	PC	Ess >2,0 l	Euro II ND2	3,6000	1,3100	1,3200	0,0000	0,0000	0,0000	0,3910	0,3130	0,3010	127,4576	47,4276	46,4000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4180	0,1060	0,1010	19747	
1	PC	Ess >2,0 l	Euro III ND2	1,6100	0,5070	0,5070	0,0000	0,0000	0,0000	0,3970	0,2510	0,2530	127,4576	46,4000	46,4000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1460	0,0381	0,0372	27466	
1	PC	Dies <2,0 l	Conventional	1,0634	0,5154	0,4922	0,1750	0,0750	0,0770	0,7092	0,4347	0,4416	87,1070	43,8490	42,1790	0,0044	0,0041	0,0055	0,3242	0,0994	0,0923	25157	
1	PC	Dies <2,0 l	Euro I -	0,5350	0,3750	0,3670	0,0786	0,0410	0,0402	0,9230	0,5390	0,5400	70,3840	42,8858	42,2250	0,0048	0,0044	0,0054	0,0643	0,0267	0,0269	19675	
1	PC	Dies <2,0 l	Euro II -	0,5350	0,3750	0,3670	0,0786	0,0410	0,0402	0,9230	0,5390	0,5400	70,3840	42,8858	42,2250	0,0048	0,0044	0,0054	0,0643	0,0267	0,0269	28493	
1	PC	Dies <2,0 l	Euro III - 2000	0,4350	0,1240	0,1150	0,0662	0,0546	0,0553	1,0400	0,6040	0,5940	70,3840	42,8858	42,2250	0,0041	0,0038	0,0046	0,0792	0,0287	0,0271	56837	
1	PC	Dies <2,0 l	Euro IV 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	Dies <2,0 l	Euro V (+ 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	Dies >2,0 l	Conventional	1,0634	0,5154	0,4922	0,1750	0,0750	0,0770	1,0634	0,7229	0,7298	87,1070	43,8490	42,1790	0,0044	0,0041	0,0055	0,3242	0,0994	0,0923	8032	
1	PC	Dies >2,0 l	Euro I -	0,5350	0,3750	0,3670	0,0786	0,0410	0,0402	0,9230	0,5390	0,5400	70,3840	42,8858	42,2250	0,0048	0,0044	0,0054	0,0643	0,0267	0,0269	7572	
1	PC	Dies >2,0 l	Euro II -	0,5350	0,3750	0,3670	0,0786	0,0410	0,0402	0,9230	0,5390	0,5400	70,3840	42,8858	42,2250	0,0048	0,0044	0,0054	0,0643	0,0267	0,0269	12282	
1	PC	Dies >2,0 l	Euro III 2000	0,4350	0,1240	0,1150	0,0662	0,0546	0,0553	1,0400	0,6040	0,5940	70,3840	42,8858	42,2250	0,0041	0,0038	0,0046	0,0792	0,0287	0,0271	27746	
1	PC	Dies >2,0 l	Euro IV 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	Dies >2,0 l	Euro V (+ 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	LPG	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	LPG	Euro I -	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	LPG	Euro II -	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	LPG	Euro III - 2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	LPG	Euro IV 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	LPG	Euro V (+ 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	
1	PC	2-Stroke	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	

2	LDV	Ess <3,5t	Conventional	35,2552	7,9590	6,7410	0,0000	0,0000	0,0000	2,2590	3,0287	2,9392	121,3033	66,3325	62,6900	0,0250	0,0400	0,1500	3,6801	1,0863	0,8906	278893
2	LDV	Ess <3,5t	Euro I -	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
2	LDV	Ess <3,5t	Euro II	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
2	LDV	Ess <3,5t	Euro III 2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
2	LDV	Ess <3,5t	Euro IV 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
2	LDV	Ess <3,5t	Euro V (+ 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
2	LDV	Ess <3,5t	Euro I ND3	4,1572	3,3802	4,9763	0,0000	0,0000	0,0000	0,7078	0,6059	0,6276	139,5480	73,6500	70,3875	0,0000	0,0000	0,0000	0,2959	0,1233	0,1158	25519
2	LDV	Ess <3,5t	Euro II ND3	4,1572	3,3802	4,9763	0,0000	0,0000	0,0000	0,7078	0,6059	0,6276	139,5480	73,6500	70,3875	0,0000	0,0000	0,0000	0,2959	0,1233	0,1158	27240
2	LDV	Ess <3,5t	Euro III ND3	1,8829	2,5752	2,9303	0,0000	0,0000	0,0000	0,3823	0,4681	0,4434	139,5480	73,6500	70,3875	0,0000	0,0000	0,0000	0,2158	0,1204	0,1226	50361
2	LDV	Dies <3,5 t	Conventional	1,4507	1,0251	1,0121	0,3140	0,1524	0,1361	3,3379	0,9270	1,0523	109,9666	67,0782	65,9780	0,0050	0,0050	0,0050	0,1730	0,1129	0,1088	114182
2	LDV	Dies <3,5 t	Euro I -	1,0446	0,5931	0,5801	0,0611	0,1081	0,1083	0,7836	0,6525	0,6755	98,7272	58,3400	58,1850	0,0050	0,0050	0,0050	0,2259	0,1357	0,1165	18189
2	LDV	Dies <3,5 t	Euro II -	1,0446	0,5931	0,5801	0,0611	0,1081	0,1083	0,7836	0,6525	0,6755	98,7272	58,3400	58,1850	0,0050	0,0050	0,0050	0,2259	0,1357	0,1165	22870
2	LDV	Dies <3,5 t	Euro III - 2000	0,6593	0,2639	0,2291	0,0784	0,0340	0,0331	1,0221	0,5569	0,5337	98,7272	58,3400	58,1850	0,0031	0,0031	0,0031	0,1932	0,0386	0,0254	54765
2	LDV	Dies <3,5 t	Euro IV - 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
2	LDV	Dies <3,5 t	Euro V (+ 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
3	HDV	Ess >3,5 t	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Conventional	5,6843	2,6505	2,3057	0,6716	0,3089	0,2680	6,2385	2,2321	2,6749	182,3349	79,1756	82,5600	0,0200	0,0230	0,0850	3,7279	1,4218	1,1922	77101
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Euro I - I	2,8422	1,4781	1,1937	0,4365	0,1864	0,1638	4,3669	1,9517	1,6559	182,3349	78,4700	87,0600	0,0150	0,0172	0,0637	2,7959	0,9722	0,8285	7290
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Euro II II	2,8422	1,4781	1,1937	0,4365	0,1864	0,1638	4,3669	1,9517	1,6559	182,3349	78,4700	87,0600	0,0140	0,0161	0,0595	2,7959	0,9722	0,8285	13420
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Euro III - 2000	2,1741	1,3549	1,0852	0,2567	0,1147	0,1008	2,9679	1,4096	1,3011	173,6151	78,4700	87,0600	0,0098	0,0113	0,0417	2,4658	0,9074	0,7732	14102
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Euro IV - 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Euro V - 2008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Conventional	5,6843	2,6505	2,3057	1,3450	0,6059	0,5237	12,5041	4,7850	5,5503	283,0487	165,1327	149,6532	0,0200	0,0230	0,0850	3,7279	1,4218	1,1922	29590
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Euro I - I	2,8422	1,4781	1,1937	0,8742	0,3648	0,3196	8,7529	3,8633	3,5941	283,0487	156,8155	147,0060	0,0150	0,0172	0,0637	2,7959	0,9722	0,8285	2797
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Euro II - II	2,8422	1,4781	1,1937	0,8742	0,3648	0,3196	8,7529	3,8633	3,5941	283,0487	156,8155	147,0060	0,0140	0,0161	0,0595	2,7959	0,9722	0,8285	5223
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Euro III - 2000	2,1741	1,3549	1,0852	0,5134	0,2245	0,1967	5,9607	2,7901	2,8239	274,2288	156,8155	147,0060	0,0098	0,0113	0,0417	2,4658	0,9074	0,7732	5559
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Euro IV - 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Euro V - 2008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Conventional	5,6843	2,6505	2,3057	1,5901	0,7285	0,6317	20,9913	9,5507	10,7859	441,4182	262,1223	238,3196	0,0700	0,0800	0,1750	3,7279	1,4218	1,1922	33752
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Euro I - I	3,1264	1,4781	1,4108	1,0335	0,4394	0,3860	11,5452	4,9830	6,0712	441,4182	249,3426	227,0400	0,0525	0,0520	0,0875	1,8639	0,8426	0,8285	1878
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Euro II - II	3,1264	1,4781	1,4108	1,0335	0,4394	0,3860	11,5452	4,9830	6,0712	441,4182	249,3426	227,0400	0,0455	0,0480	0,0787	1,8639	0,8426	0,8285	2565
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Euro III - 2000	2,4458	1,2317	1,4108	0,3797	0,1690	0,1485	8,0744	4,0770	4,5534	428,1080	249,3426	227,0400	0,0318	0,0336	0,0551	1,5852	0,7777	0,7180	2257
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Euro IV - 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Euro V - 2008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
3	HDV	Dies >32t	Conventional	5,6843	2,6505	2,3057	1,6747	0,7796	0,6780	29,3145	14,1959	15,8782	568,7334	352,0059	322,4715	0,0700	0,0800	0,1750	3,7279	1,4218	1,1922	19390
3	HDV	Dies >32t	Euro I - I	3,1264	1,4781	1,4108	1,0886	0,4709	0,4148	16,1230	7,4377	8,9829	568,7334	336,1767	311,4601	0,0525	0,0520	0,0875	1,8639	0,8426	0,8285	1480

3	HDV	Dies >32t	Euro II - II	3,1264	1,4781	1,4108	1,0886	0,4709	0,4148	16,1230	7,4377	8,9829	568,7334	336,1767	311,4601	0,0455	0,0480	0,0787	1,8639	0,8426	0,8285	2463
3	HDV	Dies >32t	Euro III - 2000	2,4458	1,2317	1,4108	0,4003	0,1811	0,1595	11,3110	6,0854	6,7372	552,9280	336,1767	311,4601	0,0318	0,0336	0,0551	1,5852	0,7777	0,7180	2689
3	HDV	Dies >32t	Euro IV - 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
3	HDV	Dies >32t	Euro V - 2008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
4	Buses	Urban Buses	Conventional	8,2671	3,7829	3,2037	1,1270	0,5204	0,4416	22,6971	11,7307	13,1695	438,8634	278,9061	253,2866	0,0700	0,0800	0,1750	2,8796	0,9765	0,7760	6388
4	Buses	Urban Buses	Euro I - I	3,9265	0,0000	0,0000	0,6963	0,0000	0,0000	15,3297	0,0000	0,0000	425,9820	265,0759	253,2866	0,0000	0,0000	0,1312	2,0115	0,0000	0,0000	1825
4	Buses	Urban Buses	Euro II - II	3,9265	0,0000	0,0000	0,6963	0,0000	0,0000	15,3297	0,0000	0,0000	425,9820	265,0759	253,2866	0,0000	0,0000	0,1225	2,0115	0,0000	0,0000	12655
4	Buses	Urban Buses	Euro III - 2000	3,1412	0,0000	0,0000	0,4285	0,0000	0,0000	10,9498	0,0000	0,0000	425,9820	265,0759	253,2866	0,0000	0,0000	0,0857	1,8774	0,0000	0,0000	6202
4	Buses	Urban Buses	Euro IV - 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
4	Buses	Urban Buses	Euro V - 2008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
4	Buses	Coaches	Conventional	6,5715	2,8850	1,9195	1,2620	0,6123	0,4281	21,2898	8,0810	11,1854	445,0985	262,1823	207,1775	0,0700	0,0800	0,1750	4,0031	1,6771	1,0903	1402
4	Buses	Coaches	Euro I - I	3,4238	1,5681	1,2477	0,7822	0,3649	0,2782	11,2238	4,4446	6,2121	429,8647	246,0376	207,1775	0,0525	0,0520	0,0875	1,8902	0,9820	0,8177	401
4	Buses	Coaches	Euro II - II	3,4238	1,5681	1,2477	0,7822	0,3649	0,2782	11,2238	4,4446	6,2121	429,8647	246,0376	207,1775	0,0455	0,0480	0,0787	1,8902	0,9820	0,8177	2778
4	Buses	Coaches	Euro III - 2000	2,8013	1,3067	1,2477	0,3008	0,1403	0,1070	8,1628	3,6365	4,6590	429,8647	246,0376	207,1775	0,0318	0,0336	0,0551	1,7012	0,9064	0,7087	1361
4	Buses	Coaches	Euro IV - 2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
4	Buses	Coaches	Euro V - 2008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
5	Mopeds	<50 cm³	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
5	Mopeds	<50 cm³	97/24/EC I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
5	Mopeds	<50 cm³	97/24/EC II	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
6	MC	2-c >50	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
6	MC	2-c >50	97/24/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
6	MC	4-c <250	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
6	MC	4-c <250	97/24/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
6	MC	4-c 250 – 750	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
6	MC	4-c 250 – 750	97/24/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
6	MC	4-c >750	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0
6	MC	4-c >750	97/24/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0

Base de données des facteurs d'émission à froid (g/km)

Sector	Sector	Subsector	Tech	CO U	PM U	NOx U	VOC U	FC U
1	PC	Ess <1,4 l	PRE ECE	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess <1,4 l	ECE 15/00-01	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess <1,4 l	ECE 15/02	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess <1,4 l	ECE 15/03	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess <1,4 l	ECE 15/04	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess <1,4 l	Improved Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess <1,4 l	Open Loop	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess <1,4 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess <1,4 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess <1,4 l	Euro V (post 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess <1,4 l	Improved Conventional ND	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess <1,4 l	Open Loop ND	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess <1,4 l	Euro I ND	4,7460	0,0000	1,6601	5,7459	1,3782
1	PC	Ess <1,4 l	Euro II ND	4,7460	0,0000	1,6601	5,7459	1,3782
1	PC	Ess <1,4 l	Euro III ND	4,7460	0,0000	1,6601	5,7459	1,3782
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	ECE 15/04	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Improved Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Open Loop	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro II - 94/12/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro V (post 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Improved Conventional ND1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Open Loop ND1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro I ND1	4,4548	0,0000	1,6646	6,8025	1,3782
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro II ND1	4,4548	0,0000	1,6646	6,8025	1,3782
1	PC	Ess 1,4 - 2,0 l	Euro III ND1	4,4548	0,0000	1,6646	6,8025	1,3782
1	PC	Ess >2,0 l	PRE ECE	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess >2,0 l	ECE 15/00-01	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess >2,0 l	ECE 15/02	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess >2,0 l	ECE 15/03	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess >2,0 l	ECE 15/04	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
1	PC	Ess >2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess >2,0 l	Euro II - 94/12/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess >2,0 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess >2,0 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess >2,0 l	Euro V (post 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Ess >2,0 l	Euro I ND2	3,4526	0,0000	1,5021	5,5120	1,3782
1	PC	Ess >2,0 l	Euro II ND2	3,4526	0,0000	1,5021	5,5120	1,3782
1	PC	Ess >2,0 l	Euro III ND2	3,4526	0,0000	1,5021	5,5120	1,3782
1	PC	Dies <2,0 l	Conventional	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
1	PC	Dies <2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
1	PC	Dies <2,0 l	Euro II - 94/12/EC	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
1	PC	Dies <2,0 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
1	PC	Dies <2,0 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

1	PC	Dies <2,0 l	Euro V (post 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Dies >2,0 l	Conventional	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
1	PC	Dies >2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
1	PC	Dies >2,0 l	Euro II - 94/12/EC	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
1	PC	Dies >2,0 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
1	PC	Dies >2,0 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	Dies >2,0 l	Euro V (post 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	LPG	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	LPG	Euro I - 91/441/EEC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	LPG	Euro II - 94/12/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	LPG	Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	LPG	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	LPG	Euro V (post 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	PC	2-Stroke	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	LDV	Ess <3,5t	Conventional	2,7820	0,0000	1,0788	1,9210	1,3782
2	LDV	Ess <3,5t	Euro I - 93/59/EEC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	LDV	Ess <3,5t	Euro II - 96/69/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	LDV	Ess <3,5t	Euro III - 98/69/EC Stage2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	LDV	Ess <3,5t	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	LDV	Ess <3,5t	Euro V (post 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	LDV	Ess <3,5t	Euro I ND3	3,4526	0,0000	1,5021	5,5120	1,3782
2	LDV	Ess <3,5t	Euro II ND3	3,4526	0,0000	1,5021	5,5120	1,3782
2	LDV	Ess <3,5t	Euro III ND3	3,4526	0,0000	1,5021	5,5120	1,3782
2	LDV	Dies <3,5 t	Conventional	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
2	LDV	Dies <3,5 t	Euro I - 93/59/EEC	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
2	LDV	Dies <3,5 t	Euro II - 96/69/EC	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
2	LDV	Dies <3,5 t	Euro III - 98/69/EC Stage2000	1,5940	2,0800	1,1674	1,7815	1,2584
2	LDV	Dies <3,5 t	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	LDV	Dies <3,5 t	Euro V (post 2005)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Ess >3,5 t	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Euro III - 2000 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Euro IV - 2005 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 3,5 - 7,5 t	Euro V - 2008 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Euro III - 2000 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Euro IV - 2005 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 7,5 - 16 t	Euro V - 2008 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Euro III - 2000 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Euro IV - 2005 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies 16 - 32 t	Euro V - 2008 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies >32t	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies >32t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies >32t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies >32t	Euro III - 2000 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies >32t	Euro IV - 2005 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	HDV	Dies >32t	Euro V - 2008 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Urban Buses	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

4	Buses	Urban Buses	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Urban Buses	Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Urban Buses	Euro III - 2000 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Urban Buses	Euro IV - 2005 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Urban Buses	Euro V - 2008 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Coaches	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Coaches	Euro I - 91/542/EEC Stage I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Coaches	Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Coaches	Euro III - 2000 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Coaches	Euro IV - 2005 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Buses	Coaches	Euro V - 2008 Standards	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	Mopeds	<50 cm ³	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	Mopeds	<50 cm ³	97/24/EC Stage I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	Mopeds	<50 cm ³	97/24/EC Stage II	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	MC	2-stroke >50	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	MC	2-stroke >50	97/24/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	MC	4-stroke <250	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	MC	4-stroke <250	97/24/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	MC	4-stroke 250 - 750	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	MC	4-stroke 250 - 750	97/24/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	MC	4-stroke >750	Conventional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	MC	4-stroke >750	97/24/EC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000