



Département de Génie de l'Environnement
Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement

Mémoire De Magister
Option : Génie de l'environnement

Thème

**Contribution à l'étude des émissions des véhicules légers à
essence et GPL**

Présenté par
M^{me} BENTABAK Amel

Soutenu le 15.12.2011 devant le jury composé de :

Présidente: Mme N. BELHANECHÉ (Professeur ENP-Alger)

Directeur : Mr R. KERBACHI (Professeur ENP, Alger)

Examineurs : Mr A.CHERGUI (Maitre de Conf., ENP-Alger)

Mr H.GRIB (Maitre de Conf., ENP-Alger)

Mr M.BOUGHEDAUI (Maitre de Conf., Univ Saad Dahlab-Blida)

ملخص

تعالج الدراسة مدى تأثير عمر السيارات على الانبعاثات الملوثة (CO₂، CO و HC) الناتجة عن حضيرة السيارات الجزائرية عندما يكون محرك السيارات في حالة بطء .

تم أخذ عينة تحتوي على 800 سيارة أثناء تواجدها بمركز المراقبة التقنية للسيارات على مستوى مدينة البليدة ثم تم رصد قيم الملوثات الغازية و التي أصبحت فيما بعد محل دراسة إحصائية التي من خلالها تم تحديد تطور الملوثات تبعاً لعمر السيارة. تم إجراء دراسة للانبعاثات بالوحدة لكل من (CO₂، CO و HC) الناتجة عن السيارة الخفيفة المزودة بالبنزين وغاز البترول المميع (GPL) أثناء حالة السير الفعلي.

تم استعمال نظام mini CVS (constante volume simpler) لإجراء اقتطاع للغاز المنبعث.

اندرجت التدابير على ثلاثة أنواع من المسارات : مسار حضري، مسار شبه حضري و مسار الطريق السريع.

تبين النتائج المتحصل عليها أن غاز البترول المميع هو الوقود الأقل تلوثاً لأي نوع من أنواع المسارات و أن مسار الطريق السريع هو الأقل تلوثاً لأي نوع من أنواع الوقود.

تشكل هذه النتائج خطوة أولى من حيث جرد الانبعاثات الملوثة لغاز البترول المميع.

كلمات البحث : الانبعاثات الملوثة، mini CVS، البنزين وغاز البترول المميع.

Résumé

L'étude aborde l'influence de l'âge des véhicules sur les émissions polluantes (CO, CO₂ et HC) issues du parc automobile algérien lorsque le moteur des véhicules est au ralenti. Un échantillon de 800 véhicules a été suivi lors de leur passage au centre de contrôle technique des véhicules au niveau de la ville de Blida. Les teneurs en polluants gazeux ont été relevées puis ont fait l'objet d'une étude statistique dans laquelle l'évolution des polluants en fonction de l'âge du véhicule a été déterminée.

Une étude des émissions unitaires de CO, CO₂ et HC issues d'un véhicule léger équipé d'une bicarburation Essence – GPL a été réalisée en situation réelle de circulation. Un système embarqué : mini CVS (Constant Volume Sampler) a été utilisé pour le prélèvement des gaz d'échappement. Les mesures ont été réalisées sur trois types de cycles : urbain, routier et autoroutier. Les résultats obtenus montrent que le GPL est le carburant le moins polluant sur tout type de circuit et que le cycle autoroutier est le moins polluant pour tout type de carburants. Ces résultats permettent de constituer un premier pas en terme d'inventaire des émissions polluantes du GPL.

Mots clé : émissions polluantes, mini CVS, Essence – GPL

Abstract

The study demonstrates the influence of vehicle age on polluting emissions (CO, CO₂ and HC) from the Algerian fleet of vehicles when the engine is idling. A sample of 800 vehicles has been followed during their visit at the vehicle technical inspection center in Blida. The levels of gaseous polluting agents have been identified and have been the subject of a statistical study in which the evolution of pollutants according on the vehicle's age was determined.

A study of unitary emissions of CO, CO₂ and HC emanating from a light vehicle equipped with a bi-fuel gasoline - LPG was carried out in real traffic. An embedded system: mini CVS (Constant Volume Sampler) was used for the removal of exhaust gases. Measurements were made on three types of cycles: urban, road and highway. The results show that LPG is the cleanest fuel on any type of cycles and the highway cycle is the least polluting for all types of fuels. These results constitute a first step in terms of inventory of LPG's emissions.

Keywords: pollutant emission, mini CVS, gasoline - LPG

Remerciement

Je remercie :

Le bon dieu de m' avoir donné la volonté, le courage, la patience et la foi pour entamer et finir ce modeste travail.

Mon encadreur Pr Kerbachi Rabah pour ses conseils et ses orientations tout au long de ce travail.

Mme Belhaneche d' avoir bien voulu présider le jury.

Messieurs Cherqui, Grib et Boughedaoui d' avoir accepté de juger ce travail.

Mr Chikhi, pour sa disponibilité et sa précieuse aide pour l' élaboration de ce travail.

Toute l' équipe de la Direction centrale Engineering -NAFTA Cheraga qui a contribué à l' élaboration de ce travail

Mes remerciements également à mes professeurs et tous les employés de la faculté de Génie de l' environnement.

Je remercie aussi mon mari ainsi que ma famille pour leur soutien moral durant mes études, sans oublier mes amis et mes collègues.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mon cher mari

Mes chers parents

Mon brave frère et ma douce sœur

Ma belle famille

Toute ma famille

Tous mes amis et collègues

Et à toutes les personnes qui m'aiment.

Amel

Liste des abréviations

CORINAIR : CORe INventory of AIR emissions (European Emission Inventory methodology)

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

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié

GNV : gaz naturel pour véhicule

hab : habitant

INRETS : Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité, France

Mini-CVS : Constant volume sampler réduit

Naftal : Société nationale de commercialisation de carburant

ONS : Office National de Statistiques

PL : Poids Lourd

PTAC : Poids total autorisé en charge

RVP : Pression de Vapeur Reid (volatilité du carburant)

UE : Union Européenne

Veh. : véhicule

VP : véhicule particulier

VUL : véhicule utilitaire léger

RON : indice d'octane (indice de recherche)

Liste des symboles

CO: Monoxyde de carbone

CO₂: Dioxyde de carbone

COV : Carbone organique volatil

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

HC : Hydrocarbures totaux

CH₄ : Méthane

lltrip : Distance moyenne de parcours

N₂O: Protoxyde d'azote

NH₃: Ammoniac

NO₂: Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

Pb : Plomb

PM : Matière particulaire

ppmV : ppm par volume

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I.1. Composition chimique d'un air pur et d'une atmosphère polluée | 5 |
| Tableau I.2. Part du transport routier dans les émissions anthropiques en France métropolitaine en 1990 et 2006 | 8 |
| Tableau II.3. Répartition du parc national automobile selon le genre des véhicules au 31/12/2009 | 15 |
| Tableau II.4. Répartition du parc national automobile selon l'âge des véhicules au 31/12/2009 | 16 |
| Tableau III.5. Caractéristiques de l'essence normale | 28 |
| Tableau III.6. Caractéristiques de l'essence sans plomb 95 | 29 |
| Tableau III.7. Spécifications internationales des essences (valable à partir de 2005) | 30 |
| Tableau III.8. Caractéristiques du GPLc | 32 |
| Tableau III.9. Le GPLc dans le monde | 32 |
| Tableau IV.10. Limites d'émissions UE pour les véhicules particuliers (g/km) | 41 |
| Tableau IV.11. Limites d'émissions des véhicules particuliers en Algérie | 42 |
| Tableau VI.12. Teneurs moyennes et extrêmes des polluants mesurés | 51 |
| Tableau VI.13. Evolution des émissions unitaires en fonction de l'âge des véhicules | 55 |
| Tableau VI.14. Evolution des émissions unitaires des véhicules VP Renault | 57 |
| Tableau VI.15. Évolution des émissions unitaires en fonction de la vitesse et du carburant utilisé en cycle urbain du véhicule Mégane | 60 |
| Tableau VI.16. Comparaison entre les émissions issues de l'essence et celles issues du GPLc | 61 |
| Tableau VI.17. Évolution des émissions unitaires en fonction de la vitesse et du carburant utilisé en cycle routier du Véhicule Mégane | 63 |
| Tableau VI.18. Comparaison entre les émissions issues de l'essence et celles issues du GPLc | 63 |
| Tableau VI.19. Évolution des émissions unitaires en fonction de la nature du carburant utilisé en cycle autoroutier du véhicule Mégane | 65 |
| Tableau VI.20. Comparaison entre les émissions issues de l'essence et celles issues du GPLc | 65 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1. Couches de l'atmosphère | 4 |
| Figure 2. En situation normale de diffusion | 7 |
| Figure 3. Phénomène d'inversion thermique | 7 |
| Figure 4. Contribution des grandes catégories de véhicules aux émissions relatives au transport routier en île de France pour l'année 2000 | 14 |
| Figure 5. Les sources à l'origine des émissions automobiles | 16 |
| Figure 6. La part du transport routier dans les émissions de CO en France métropolitaine | 20 |
| Figure 7. Évolution des polluants en fonction de la richesse du mélange air/carburant | 21 |
| Figure 8. Fonctionnement d'un véhicule à bicarburation essence-GPLc | 34 |
| Figure 9. Cycle européen NEDC urbain et extra-urbain (véhicules légers, sur banc à rouleaux) | 37 |
| Figure 10. Cycles américains FTP 75 (urbain) pour véhicules légers sur banc à rouleaux. | 38 |
| Figure 11. Cycles américains FTP 75 (autoroutier) pour véhicules légers sur banc à rouleaux. | 38 |
| Figure 12. Schéma représentant le dispositif nécessaire au prélèvement des gaz d'échappement | 39 |
| Figure 13. Schéma de mesure de gaz par NDIR | 40 |
| Figure 14 a. Schéma du four dans un système FID | 40 |
| Figure 14 b. Principe de mesure FID | 41 |
| Figure 15 . Analyseur de gaz ULTIMA 600 | 43 |
| Figure 16. Exemple d'un ticket d'enregistrement des mesures | 45 |
| Figure 17. Cycle urbain de la ville de blida | 46 |
| Figure 18. Cycle routier | 46 |
| Figure 19. Cycle autoroutier | 47 |
| Figure 20. Photo véhicule Mégane équipé du Mini CVS (arrière du véhicule) et du cinémomètre (porte avant droite) | 49 |
| Figure 21. Système de pompage d'air sur banquette arrière du véhicule | 50 |
| Figure 22. Photos des analyseurs CO/CO ₂ (a) et HC (b) | 50 |
| Figure 23. Teneurs en CO mesurées au ralenti | 51 |
| Figure 24. Teneurs en CO ₂ mesurées au ralenti | 51 |
| Figure 25. Teneurs en HC mesurées au ralenti HC | 52 |
| Figure 26. Evolution des HC en fonction du CO pour l'ensemble des véhicules contrôlés | 52 |
| Figure 27. Evolution du taux de CO émis selon l'année de mise en circulation | 53 |
| Figure 28. Evolution du taux de CO ₂ émis selon l'année de mise en circulation | 53 |

| | |
|--|-----|
| Figure 29. Evolution des teneurs en HC émis selon l'année de mise en circulation | 53 |
| Figure 30. Evolution du rapport moyen CO/CO ₂ en fonction de l'année de mise en circulation des véhicules | 54 |
| Figure 31. Evolution des teneurs en CO en fonction des HC émis | 54 |
| Figure 32. Evolution des émissions du CO en fonction de l'âge de véhicules | 55 |
| Figure 33. Evolution des émissions du CO ₂ en fonction de l'âge de véhicules | 56 |
| Figure 34. Evolution des émissions de HC en fonction de l'âge de véhicules | 56 |
| Figure 35. Evolution des émissions du CO en fonction des émissions des HC | 57 |
| Figure 36. Evolution des émissions du CO en fonction de l'âge (véhicules Renault) | 58 |
| Figure 37. Evolution des émissions du CO ₂ en fonction de l'âge (véhicules Renault) | 58 |
| Figure 38. Evolution des émissions du CO en fonction de l'âge (véhicules Renault) | 58 |
| Figure 39. Illustration de l'évolution des émissions d'avant 1990 à après 2000 | 59 |
| Figure 40. Emissions unitaires du CO ₂ en fonction de la nature du carburant (cycle urbain) | 661 |
| Figure 41. Emissions unitaires du CO en fonction de la nature du carburant (cycle urbain) | 61 |
| Figure 42. Emissions unitaires du HC en fonction des carburant (cycle urbain) | 62 |
| Figure 43. Emissions unitaires du CO ₂ en fonction des carburants (cycle routier) | 64 |
| Figure 44. Emissions unitaires du CO en fonction des carburants (cycle routier) | 64 |
| Figure 45. Emissions unitaires du HC en fonction des carburants (cycle routier) | 64 |
| Figure 46. Evolution des émissions unitaires du CO ₂ en fonction des carburants (cycle autoroutier) | 65 |
| Figure 47. Emissions unitaires du CO en fonction des carburant (cycle autoroutier) | 66 |
| Figure 48. Emissions unitaires du HC en fonction des carburant (cycle autoroutier) | 66 |
| Figure 49. Evolution des émission unitaires du CO ₂ en fonction de la vitesse (ou dans divers cycles) | 68 |
| Figure 50. Evolution des émission unitaires du CO en fonction de la vitesse (ou dans divers cycles) | 68 |
| Figure 51. Evolution des émission unitaires des HC en fonction de la vitesse (dans divers cycles) | 69 |
| Figure52. Evolution de la moyenne des émission unitaires du CO ₂ en fonction du type de carburant | 70 |
| Figure53. Evolution de la moyenne des émission unitaires du CO en fonction du type de carburant | 71 |
| Figure54. Evolution de la moyenne des émission unitaires des HC en fonction du type de carburant | 71 |

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I : Généralités sur la pollution atmosphérique | |
| Introduction..... | 3 |
| I.1. Composants de l'atmosphère..... | 3 |
| I.2. Définition de la pollution atmosphérique..... | 5 |
| I.3. Facteurs influençant la pollution atmosphérique..... | 5 |
| I.4. Les sources de pollution atmosphérique..... | 7 |
| I.5. Les polluants atmosphériques..... | 9 |
| I.6. Effets de la pollution atmosphérique sur la santé..... | 9 |
| I.7. Impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement..... | 10 |
| | |
| Chapitre II : Pollution automobile | |
| Introduction..... | 13 |
| II.1. Caractérisation du parc automobile..... | 16 |
| II.2. Origine des émissions issues des véhicules..... | 16 |
| II.3. Les facteurs influençant les émissions automobiles..... | 18 |
| II.3.1. Les facteurs liés au véhicule..... | 18 |
| II.3.2. Les facteurs liés aux conditions de circulation..... | 19 |
| II.3.3. Les facteurs liés à la route..... | 19 |
| II.3.4. Les facteurs climatiques..... | 19 |
| II.3.5. Les facteurs liés au conducteur..... | 20 |
| II.4. Les polluants émis à l'échappement des véhicules..... | 20 |
| | |
| Chapitre III : Les carburants (essence/GPL) | |
| Introduction..... | 27 |
| III.1. Les carburants conventionnels..... | 27 |
| III.1.1. L'essence..... | 27 |
| III.2. Les carburants alternatifs..... | 31 |
| III.2.1. Le gaz de pétrole liquéfiés pour carburant (GPL)..... | 31 |
| | |
| Chapitre IV : Mesure des émissions unitaires | |
| IV.1. Méthodes de mesure des émissions automobiles..... | 37 |
| IV.1.1. Cinématique et cycles de conduite..... | 37 |
| IV.1.2. Technique de prélèvement à l'échappement des polluants..... | 38 |
| IV.1.3. Méthodes d'analyse des polluants..... | 39 |
| IV.1.4. Les normes d'émissions..... | 41 |
| | |
| Chapitre V : Méthodologie expérimentale | |
| V.1. Mesure des gaz d'échappement au ralenti lors du contrôle technique..... | 43 |
| V.1.1. Description de l'appareil de mesure..... | 43 |

| | |
|---|----|
| V.1.2.Principe de mesure | 44 |
| V.1.3.Méthode de mesure..... | 44 |
| V.2. Mesure des émissions unitaires en circulation réelle | 45 |
| V.2.1 Circuits empruntés - Cycles de conduite de Blida..... | 45 |
| V.2.2 Enregistrement de la cinématique | 47 |
| V.2.3 Mode de prélèvement et d'analyse des gaz d'échappement..... | 47 |

Chapitre VI : Résultats et Discussions

| | |
|--|-----------|
| VI.1. Etude des émissions issues des véhicules avec moteur au ralenti..... | 51 |
| VI.1.1. Etude des émissions par tranche d'âge des véhicules..... | 55 |
| VI.1.2. Mesure au ralenti des émissions unitaires issues des véhicules d'une même marque (Cas des véhicules Renault)..... | 57 |
| VI.2. Etude des émissions unitaires en circulation réelle..... | 60 |
| VI.2.1. Résultats des mesures effectuées sur les différents circuits et comparaison entre les trois carburants..... | 60 |
| VI.2.2. Comparaison entre les trois circuits | 67 |
| VI.2.3. Evolution de la moyenne globale des émissions unitaires en fonction du type de carburant..... | 70 |
| Conclusion générale..... | 72 |
| Références bibliographiques..... | 74 |
| Annexe I. Définitions..... | 80 |
| Annexe II. Méthode de calcul de la masse des émissions polluantes..... | 83 |
| Annexe III. Résultats des essais de la Mégane..... | 85 |
| Annexe IV. Caractéristiques des véhicules essence utilisées pour la campagne de meure des polluants au ralenti..... | 88 |

Introduction générale

La pollution par les émissions automobiles dans le monde devient de plus en plus inquiétante particulièrement dans les grandes métropoles où se concentrent les plus importantes et intenses activités humaines. Actuellement, un milliard de véhicules (soit environ un véhicule pour 6 personnes) dégagent sur la planète des émissions polluantes aussi diverses que variées qui viennent s'ajouter aux autres formes de pollution atmosphérique engendrant une multitude de nuisances sur la santé des populations.

Selon le rapport N° 4 Santé et Environnement du 26 septembre 2011 de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), plus de 2 millions de personnes meurent chaque année dans le monde, du fait de maladies causées par la pollution de l'air. Sur ces 2 millions, 1,3 million meurent suite à la pollution dans les villes, qui touche autant les pays développés que les pays en développement. En outre, indique l'OMS, 1,1 million de décès auraient pu être évités, si les normes avaient été respectées. L'air pollué peut "pénétrer dans les poumons, entrer dans la circulation sanguine et provoquer des cardiopathies, des cancers du poumon, des cas d'asthme et des infections respiratoires", indique l'OMS, qui a compilé dans ce rapport les données sur la qualité de l'air, fournies par 1.100 villes dans 91 pays. Selon ces données, 80 des 91 pays ayant transmis des informations à l'OMS, ne respectent pas les valeurs de référence de l'organisation internationale, en matière de pollution de l'air.

Dans de nombreuses villes, le département santé publique et environnement de l'OMS indique que "la pollution atmosphérique atteint des niveaux dangereux pour la santé".

Les émissions polluantes issues du trafic routier sont doublement responsables de la dégradation de la qualité de l'air dans les zones urbaines et de l'effet de serre additionnel dû à l'accumulation dans l'atmosphère d'émissions de polluants primaires comme le CO₂, CH₄, N₂O ou de polluants secondaires comme l'ozone formé à partir des hydrocarbures (HC) et des NO_x émis par les véhicules. C'est pour toutes ces raisons que l'évaluation des émissions unitaires de véhicules devient une donnée incontournable pour toute étude de comparaison des niveaux d'émission et tout calcul d'inventaire des émissions nationales. De telles études constituent une aide dans la recherche de gisements de réduction des émissions qui est devenue très importante surtout dans le cadre du respect du protocole de Kyoto et de l'amélioration du cadre de vie de la population.

Le secteur du transport occupe une place stratégique dans le développement économique de l'Algérie, et a connu ces dernières années une évolution importante, accompagnée d'une croissance quelque peu préoccupante de la consommation des produits pétroliers et du rejet des gaz à effet de serre [1]. En effet, le parc automobile algérien ne cesse de croître (plus de 250.000 véhicules chaque année) et atteindra cette année environ six millions de véhicules. L'agglomération d'Alger compte à elle seule environ 20% de ce parc. Plusieurs études effectuées récemment en Algérie montrent que le trafic routier constitue sans aucun doute la principale source de pollution dans le milieu urbain [2-8].

La nature du carburant (essence, diesel ou GPL) influe sur les quantités de polluants émises et pour réduire la pression sur l'environnement, chaque pays développe des solutions telles que la circulation alternée, péage à l'entrée des villes, aide au renouvellement du parc, subvention pour achat de véhicules moins polluants, mise en place de flottes de véhicules électriques alimentées soit par batterie d'accumulateurs, soit par une pile à combustible (hydrogène ou méthanol), soutien au carburant GPL, etc.

L'Algérie étant signataires du protocole de Kyoto en février 2005, plusieurs actions ont été lancées dans le cadre de la réduction des prévisions de consommation de produits pétroliers, entre autres, l'utilisation rationnelle de l'énergie dans le secteur de transport, notamment le transport routier.

La substitution inter énergétique dans ce secteur, ou autrement dit la promotion des carburants propres et disponibles tel que le GPL [1].

Les questions le plus souvent posées sont : le GPL est-il la solution verte ? Le GPL est-il meilleur que les carburants traditionnels ? Quels sont réellement ses performances environnementales ?

C'est dans cette perspective que nous avons abordé le problème des émissions issues de véhicules utilisant divers carburants. Pour une meilleure compréhension des produits mis à la disposition des consommateurs sur le marché algérien, l'entreprise nationale de commercialisation et distribution des produits pétroliers et dérivés (NAFTAL- Direction centrale de l'engineering DCE) a été associée à ce travail par la mise à notre disposition des véhicules pour la mesure des émissions en situation de circulation réelle.

Le premier objectif de ce travail consiste à étudier les émissions des polluants cités émis par des véhicules avec moteur tournant en régime de ralenti. A cet effet, nous avons suivi et noté les émissions de plusieurs centaines de véhicules contrôlés au niveau d'un centre de contrôle technique des véhicules à Blida.

Dans une deuxième étape, nous avons réalisé des mesures en circuit réel des émissions unitaires des polluants CO, CO₂ et HC issues d'un véhicule léger et roulant à l'essence et au GPL dans différentes conditions de circulation. Une comparaison des émissions issues de la combustion des deux carburants est réalisée et la performance du GPL en matière de réduction de la pollution par rapport à l'essence super et l'essence sans plomb a pu être discutée.

Chapitre I

Généralités sur la pollution atmosphérique

Introduction

L'air est un mélange de gaz entourant la planète Terre. Ces gaz créent l'atmosphère nécessaire à la vie. Un air pur contient environ 21 % d'oxygène et 78 % d'azote en volume et des traces d'autres gaz comme l'argon, le gaz carbonique (CO₂) et la vapeur d'eau.

Tous les jours, l'adulte moyen inspire de 15 à 20 m³ d'air. À l'intérieur des locaux comme à l'extérieur, l'air contient des composés chimiques volatils, des gaz, des aérosols et des particules dont certains sont nocifs pour les êtres humains et les animaux et destructeurs pour les plantes. La pollution atmosphérique désigne les particules en suspension et les gaz nocifs dans l'air qui ne font pas partie de sa composition naturelle.

La pollution atmosphérique se manifeste tant dans les zones rurales qu'urbaines. Bien que les rejets naturels des incendies de forêt, les poussières de l'érosion du sol et les émissions des volcans qui peuvent être entraînés par le vent contribuent à la pollution atmosphérique, l'activité humaine demeure la source la plus incriminée dans la dégradation de la qualité de l'air [9].

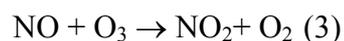
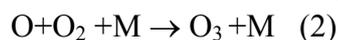
I.1. Composants de l'atmosphère

La terre est une énorme machine thermodynamique ; ces états énergétiques gouvernent la météorologie à courte échéance et les variations climatiques à plus long terme.

La composition chimique de l'atmosphère joue un rôle important dans la cinétique des échanges atmosphériques et l'absorption de l'énergie solaire ou le rejet d'énergie vers l'espace.

L'atmosphère est composée de 5 couches (figure 1) :

- L'exosphère de 350-800 km d'altitude à 50 000 km d'altitude.
- La thermosphère : la température croît avec l'altitude (de 80 km d'altitude à 350-800 km d'altitude) ;
- La mésosphère (au-dessus de 50 kilomètres) : Les ions et les molécules activées sont produit par rayonnement ultraviolet
- La stratosphère (11 à 50 kilomètres) : Couche dans laquelle les changements de composition chimique interviennent comme illustré par la réaction en chaîne suivante [10] :



La variation de température par rapport à l'altitude est petite.

- La troposphère (0 à 11 kilomètres) : La région la plus concernée par la pollution atmosphérique et où la température diminue avec l'altitude [10]. On parle aussi de basses couches de l'atmosphère pour désigner les basses altitudes où évolue l'homme.

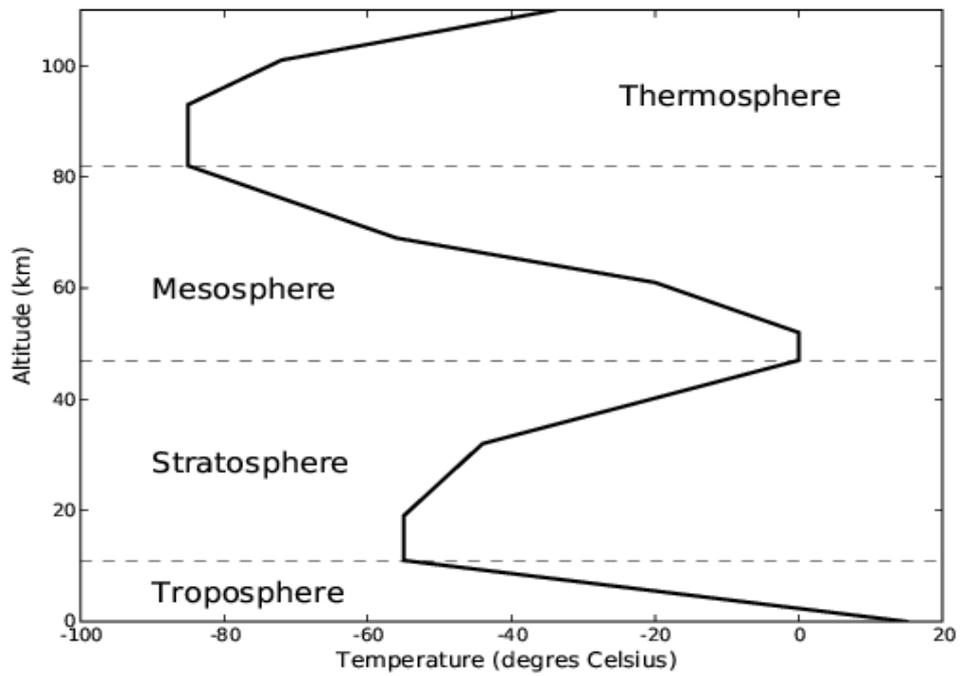


Figure 1. Couches de l'atmosphère

Le tableau 1 donne la composition chimique d'un air considéré comme pur et d'une atmosphère considérée comme polluée :

Tableau I.1. Composition chimique d'un air pur et d'une atmosphère polluée [10,11]

| Substance | % par volume d'air sec | Polluants rencontrés dans une atmosphère polluée (ppmV) |
|------------------|-------------------------------|--|
| Troposphère | | |
| N ₂ | 78,09 | |
| O ₂ | 20,94 | |
| Ar | 0,93 | |
| CO ₂ | 0,03 | 350-700 |
| Ne | 18,00 10 ⁻⁴ | |
| He | 5,20 10 ⁻⁴ | |
| CH ₄ | 2,20 10 ⁻⁴ | |
| Kr | 1,00 10 ⁻⁴ | |
| N ₂ O | 0,01 10 ⁻⁴ | |
| H ₂ | 0,50 10 ⁻⁴ | |
| Xe | 0,80 10 ⁻⁴ | |
| O ₃ | 0,02-0,10 10 ⁻⁴ | 2-300 |
| CO | 1,00 10 ⁻⁴ | 0,02-3,2 |
| SO ₂ | 0,001-0,01 10 ⁻⁴ | 1-20 |
| HC | 1,00 10 ⁻⁴ | 0,01-1 |
| Oxydants total | 0,01 10 ⁻⁴ | |
| Stratosphère | | |
| Ozone | 0,1-10 10 ⁻⁴ | |
| Vapeur d'eau | 3-5 10 ⁻⁴ | |

1 ppm en volume = 0,0001% de volume

I.2. Définition de la pollution atmosphérique

Selon l'article 32 de la loi algérienne n° 83-03 du 05 février 1983 relative à la protection de l'environnement, la pollution atmosphérique est définie comme:

« l'émission dans l'atmosphère de gaz, de fumées ou de particules solides ou liquides, corrosifs, toxiques ou odorantes, de nature à incommoder la population, à compromettre la santé ou la sécurité publique ou à nuire aux végétaux à la production agricole et aux produits agro-alimentaires, à la conservation des constructions et monuments ou au caractère des sites.» [12].

I.3. Facteurs influençant la pollution atmosphérique

Le taux de pollution atmosphérique dépend de la dispersion des polluants dans l'atmosphère et les concentrations de ces derniers, peuvent fluctuer dans le temps et dans l'espace suivant [13] :

I.3.1. Les conditions météorologiques

Les conditions météorologiques tiennent une part importante dans la dispersion des polluants atmosphériques. On considère, en général les situations suivantes :

- **Atmosphère instable:** Dans de telles situations, la dispersion des polluants est facilitée. Ces situations apparaissent par fort réchauffement du sol. Elles se retrouvent principalement le jour en absence de vent fort.
- **Atmosphère neutre:** Ces situations permettent la dispersion des polluants. Elles correspondent aux situations de vents modérés ou à des situations de ciel couvert. Il s'agit de la situation la plus fréquente en zone tempérée.
- **Atmosphère stable:** De telles situations freinent le déplacement des masses d'air. Elles sont induites par des inversions thermiques près du sol, ce qui limite la dispersion des polluants. Ces situations se retrouvent principalement la nuit par vent faible.

I.3.2. L'intensité des émissions

L'intensité des émissions des différentes activités varie dans le temps.

Exemple : en hiver le chauffage est important, le trafic routier est très faible la nuit...etc.

I.3.3. La topographie locale

La topographie d'un site peut influencer la circulation des masses d'air. Par exemple, les rues canyon, les bords de mer et les vallées peuvent modifier la dispersion des polluants, cela a été constaté dans plusieurs études réalisées par le laboratoire des sciences et techniques de l'environnement, notamment sur le cas de la fluctuation et la dispersion des émissions polluantes entre différentes artères de la ville d'Alger [6,14].

- **Le littoral :** la nuit, les masses d'air ne se déplacent pas dans le même sens que de jour. En effet, durant la journée la brise de mer ramène les polluants sur les côtes. Mais de nuit, ce phénomène s'inverse car le sol se refroidit plus vite que la mer. La pollution est alors envoyée sur la mer.
- **Les vallées:** les masses d'air ne se déplacent pas dans le même sens de jour et de nuit. En effet, le jour l'air s'échauffe sur les pentes et crée un courant qui remonte la vallée. Les polluants se dispersent rapidement. Mais de nuit, ce phénomène s'inverse : l'air froid s'écoule le long des pentes et s'accumule au fond de la vallée, tout en la descendant. La pollution évacuée dans la journée est alors ramenée dans la vallée la nuit.

I.3.4. La structure thermique de l'atmosphère

La structure thermique verticale de la troposphère peut varier suivant les jours et les heures.

- En situation normale de diffusion, la température diminue avec l'altitude. La structure thermique de l'atmosphère ne freine pas la diffusion des polluants (figure 2).

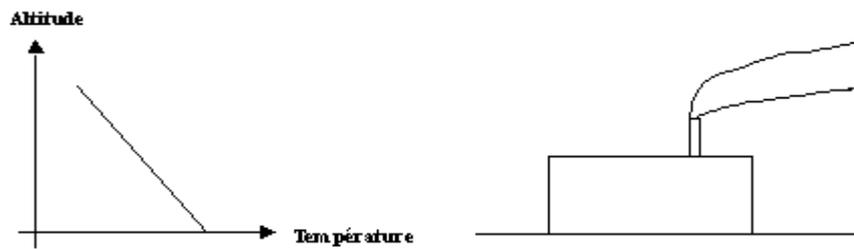


Figure 2. En situation normale de diffusion [13]

- Parfois, à partir d'une certaine hauteur, la température peut augmenter avec l'altitude. Il y a alors inversion thermique : une couche d'air chaud se trouve au-dessus d'une couche d'air plus froid. L'air pollué, qui se disperse vers le haut en situation normale de diffusion, est alors bloqué par cette couche d'air plus chaud qui agit comme un couvercle thermique (figure 3).

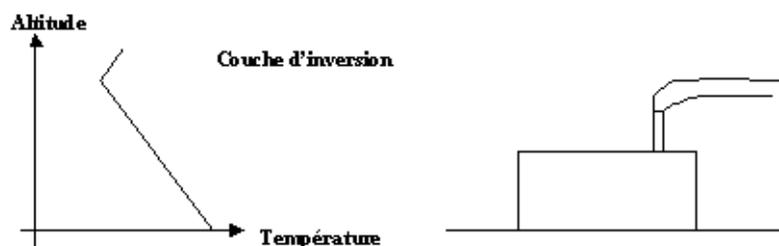


Figure 3. phénomène d'inversion thermique [13]

- Ce phénomène contribue à la pollution locale et peut conduire à la formation de dôme urbain de pollution.

Il se rencontre lors de conditions météorologiques particulières:

- En début de matinée, suite à une nuit dégagée et sans vent,
- En hiver, lors de conditions anticycloniques.

I.4. Les sources de pollution atmosphérique

On peut classer les sources émettrices selon le type de source (naturelle et anthropique) ou bien selon la nomenclature SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution).

I.4.1. Les types de sources émettrices

I.4.1.1. Les sources naturelles

Il s'agit des sources induisant des rejets de substances polluantes mais qui ne sont pas liées à l'activité humaine. Les principales sources sont [15]:

- Les forêts ;
- Les prairies naturelles ;
- Les feux de forêts d'importance très variable selon les années ;
- Les zones marécageuses qui regroupent les marais et étangs ;
- Les eaux libres (les lacs, marais salants) ;
- Les animaux sauvages et les émissions de CH_4 des termites et des mammifères ;

- Le volcanisme ;
- Les hydrates de gaz proches de la surface du sol.

Parmi ces sources, on peut également distinguer les sources biogéniques (liées à la présence d'organismes vivants) des autres sources.

I.4.1.2. Les sources anthropiques

Ces sources sont le fait de l'activité humaine. Parmi les sources anthropiques, on oppose souvent les sources fixes, émises par des installations ne se déplaçant pas, des sources mobiles liées aux transports. Une autre notion est également importante pour la caractérisation des sources c'est leur distribution géographique [16].

Selon ces considérations géométriques on distingue trois grandes catégories d'émission [17] :

- **les sources linéiques** : qui correspondent au trafic routier principal. Celui ci prend une part importante dans les émissions atmosphériques total et selon l'inventaire du CITEPA la part du trafic routier dans ces émissions a bien changé depuis les années 90, en effet les véhicules émettent globalement moins de polluants sauf pour les HAP et les HCB (tableau 2).

Tableau I.2. Part du transport routier dans les émissions anthropiques en France métropolitaine en 1990 et 2006 [18]

| Polluant | SO ₂ | NO _x | CO | CO ₂ | COVNM | CH ₄ | HAP | HCB | TSP | PM10 | PM2,5 | PM1 | Pb |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|----|-----------------|-------|-----------------|-----|-----|-----|------|-------|-----|----|
| transport routier (%) en 1990 | 10 | 61 | 57 | 28 | 38 | 1 | 6 | 0 | 7 | 10 | 11 | 13 | 92 |
| transport routier (%) en 2006 | 1 | 53 | 24 | 33 | 16 | 0 | 19 | 56 | 9 | 11 | 12 | 16 | 0 |

- **les grandes sources ponctuelles** : qui regroupent les sources suffisamment importantes pour être prises en compte individuellement : émissions dues au cheminées industrielles, centrales thermiques, incinérateurs, chauffage urbain, stockages industriels de combustibles ou de solvants, les émissions liées au trafic aérien...etc.
- **les sources surfaciques (sources diffuses)** : qui représentent les sources d'émissions qui n'ont pas été comptabilisées dans les autres sources. Elles correspondent à de petits émetteurs très distribués dans l'espace : le chauffage domestique, les petites sources industrielles, le trafic diffus, les émissions diffuses générées par les plates formes aéroportuaires etc.

I.4.2. La nomenclature SNAP

Chaque activité génératrice d'émissions a été classifiée selon la nomenclature SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) développée par l'Union Européenne dans la cadre du programme CORINAIRE [19].

Cette nomenclature comporte 11 niveaux, chacun étant lui-même divisé en sous niveaux. Les 11 niveaux principaux sont :

1. Combustion dans les industries de l'énergie et de la transformation de l'énergie (centrales thermiques)
2. Combustion hors industrie : chauffage résidentiel, tertiaire, liée à l'agriculture...etc.

3. Combustion dans l'industrie manufacturière : chaudières, turbine, fours...etc.
4. Procédés de fabrication (procédés de l'industrie pétrolière, de la sidérurgie...etc.)
5. Extraction et distribution de combustibles fossiles (station de service, dépôt...etc.)
6. Utilisation de solvants et autres produits (application de peinture, fabrication de plastique, imprimerie...etc.)
7. Transports routiers (voitures, véhicules utilitaires légers, poids-lourds, motocycles...etc.)
8. Autres sources mobiles et machines (activités militaires, ferroviaires, navigation fluviale, trafic aérien, engins spéciaux pour l'agriculture...etc.)
9. Traitements et élimination des déchets (incinération, décharges...etc.)
10. Agriculture, sylviculture et aquaculture (émissions liées aux épandages d'engrais...etc.)
11. Autres sources et puits (sources biogéniques, forêts, prairies...etc.)

I.5. Les polluants atmosphériques

Les polluants atmosphériques comprennent toutes les substances naturelles ou artificielles susceptibles d'être aéroportées : il s'agira de gaz, de particules solides, de gouttelettes liquides ou de différents mélanges de ces formes.

On peut considérer deux grandes classes de polluants :

- Les polluants primaires émis directement par des sources identifiables ;
- Les polluants secondaires produits dans l'atmosphère par interaction entre différents polluants primaires ou réaction entre les polluants et les constituants normaux de l'atmosphère, avec ou sans activation photochimique [11].

I.5.1. Les polluants primaires

Les polluants considérés comme primaires sont [11] :

- Les composés carbonés (le CO et le CO₂) ;
- Les composés azotés (le NO et le NO₂ exprimés sous la forme de NO_x) ;
- Les composés organiques volatils (COV) appelés aussi hydrocarbures totaux (HC) ;
- Les composés soufrés (SO₂, SO₃ et H₂S) ;
- Les composés halogénés (HCl, HBr) ;
- Les particules fines ($\Phi < 100 \mu\text{m}$) ;
- Les particules grossières ($\Phi > 100 \mu\text{m}$) ;
- Les composés métalliques (Pb, Zn, Cu, Cd, Mn, As, Ni).

I.5.2. Les polluants secondaires

Les polluants considérés comme secondaires sont [20]:

- L'ozone troposphérique (O₃) provenant de la transformation des oxydes d'azotes et des composés organiques volatils non méthaniques sous l'action des ultraviolets ;
- L'acide sulfurique (H₂SO₄) formé à partir des composés soufrés ;
- L'acide nitrique (HNO₃) formé à partir des oxydes d'azote
- D'autres polluants oxydants tel que les PAN (Péroxyacétylnitrate)

I.6. Effets de la pollution atmosphérique sur la santé

La pollution peut affecter la santé des adultes bien portant. C'est surtout le cas s'ils y sont très exposés (agent de la circulation, commerçants sur rues, conducteurs...etc.), s'ils pratiquent une activité sportive intense (jogging, vélo) ou s'ils sont fumeurs.

Mais elle affecte surtout les nourrissons, les enfants âgés de moins de 12 ans, les personnes âgées et les personnes déjà fragilisés par une maladie [21].

Les effets sont classés en deux groupes :

I.6.1. Les effets à court terme

Ce sont les manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs (quelques jours ou semaines) suite aux variations journalières des niveaux ambiants de pollution atmosphérique [22]. Les principaux effets sont [23] :

- Gênes et nuisances par des odeurs et fumées incommodantes,
- Irritations des yeux et des voies respiratoires,
- Altération de la fonction pulmonaire,
- Susceptibilité accrue à des crises d'asthmes et à certaines infections,
- Maladies des voies respiratoires, particulièrement la bronchite chronique, mais aussi des affections aiguës,
- Élévation du risque de maladies cardio-vasculaires et de cancer du poumon ou d'autres organes,
- Troubles du système nerveux central et altérations enzymatiques,
- Effets spécifiques dus à des métaux,
- Surmortalité dans les régions polluées.

I.6.2. Les effets à long terme

Ces effets peuvent survenir après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique et ils peuvent induire une surmortalité et une réduction de l'espérance de vie.

L'exposition à long terme aux particules fines conduit à un risque accru de cancer du poumon et à une augmentation du risque de décès toutes causes et plus spécifiquement par maladies cardio-respiratoires [22].

I.7. Impact de la pollution atmosphérique sur l'environnement

I.7.1. Impact à l'échelle régionale

Les pollutions atmosphériques régionales caractérisent des situations de pollution rencontrées sur des zones distantes de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres des zones urbaines ou industrielles. Elles se manifestent notamment par le phénomène des pluies acides et de la pollution photochimique [24].

I.7.1.1. Les pluies acides

"Les pluies acides" est un terme utilisé pour décrire toute forme de précipitation acide (pluies, neige, grêles, brouillard). Le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote sont les principales causes des pluies acides. Ces polluants s'oxydent dans l'air pour former de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique, ou leurs sels. On les retrouve dans les nuages et les précipitations parfois à des

milliers de kilomètres de leur point d'émission, (pollution transfrontière à longue distance). Ceci concourt à des dépôts acides et à l'acidification accrue des pluies par rapport à celles résultant de la seule présence de gaz carbonique dans l'air (qui fait que le pH "naturel" d'une pluie est toujours acide, de l'ordre de 5,6).

D'autres polluants peuvent contribuer aux pluies acides, notamment l'acide chlorhydrique émis par incinération de certains déchets plastiques. Ces pluies acides engendrent de graves conséquences sur les écosystèmes et les matériaux.

A/ Les écosystèmes

Les effets des pluies acides sur les écosystèmes découlent principalement des modifications des équilibres chimiques qu'ils entraînent dans les milieux récepteurs. L'acidité augmente notamment la solubilité de l'aluminium ou d'autres métaux toxiques pour la faune et la flore. L'acidification des sols favorise également la mise en solution et le lessivage, hors des zones racinaires, d'éléments minéraux utiles à la nutrition des végétaux. Les composés de l'azote peuvent également contribuer à des phénomènes d'eutrophisation suite à un enrichissement excessif des milieux terrestres ou aquatiques en nutriments. Ceci peut entraîner une croissance accélérée d'algues et de formes plus élevées de vie végétale, et porter atteinte à la qualité des eaux et à la biodiversité [24].

B/ Les matériaux

La pollution acide (surtout liée au SO₂) entraîne une dégradation des édifices, monuments ou façades d'immeubles. Il s'agit bien souvent de la décomposition de certaines pierres calcaires sous l'effet des acides.

I.7.1.2. La pollution photochimique

La pollution photochimique désigne un mélange complexe de polluants formés chimiquement dans l'air, sous l'effet du rayonnement solaire de courte longueur d'onde, à partir de composés précurseurs émis par des sources naturelles et les activités humaines (oxydes d'azote, composés organiques volatils, monoxyde de carbone). Le principal polluant photochimique est l'ozone (O₃), gaz dont la production s'accompagne d'autres espèces aux propriétés acides ou oxydantes telles que des aldéhydes, des composés organiques nitrés, de l'acide nitrique, de l'eau oxygénée. Cette pollution s'observe surtout en été dans les régions périurbaines et rurales sous le vent des agglomérations [24].

I.7.2. Impact à l'échelle planétaire

Ces phénomènes caractérisent les pollutions de l'air qui affectent l'atmosphère planétaire. Ils se traduisent par des baisses de la quantité d'ozone dans la stratosphère, et un risque de changement climatique global par accroissement de l'effet de serre [24].

I.7.2.1. Le changement climatique global et la hausse de l'effet de serre

L'effet de serre est un phénomène naturel de rétention partielle des radiations solaires et de la chaleur terrestre dans l'atmosphère. Sans ce phénomène indispensable à la vie, la température moyenne sur terre serait, non pas de 15°C, mais de - 18°C !

Même si les "puits de carbone" naturels (océans, forêts...) éliminent la moitié des émissions de CO₂, l'activité humaine, en augmentant les émissions de gaz à effet de serre (GES), favorise le réchauffement climatique. Une hausse inhabituelle des écarts de température a été observée dans l'hémisphère Nord au cours des 100 dernières années.

Le changement climatique aurait à son tour des répercussions profondes sur l'environnement. Il provoquerait une fonte des calottes de glace polaire qui entraînerait une hausse du niveau des mers, avec ennoyage des plaines et des agglomérations littorales, et une modification des climats, au niveau tant régional que planétaire, affectant la production agricole [23].

Le CO₂ est le principal gaz à effet de serre mais ce n'est pas un polluant toxique. Les rejets de CO₂ seraient responsables de 60 % de l'effet de serre et le transport contribue avec 23 % à ces émissions.

L'augmentation du parc des pays émergents pourrait faire grimper les rejets de CO₂ de 20 milliards de tonnes en 2002 à 38 milliards en 2020 [25].

En Algérie, le parc automobile est assez vieux, il se caractérise par une consommation importante de carburant et par conséquent une forte émission de GES estimés à 14.001.250 de tonnes équivalent de CO₂ représentant 19,96 % du total des émissions

Les émissions de gaz à effet de serre émis par le trafic automobile sont estimées à :

- 13 911 Giga grammes de dioxyde de carbone (CO₂);
- 133 Giga grammes d'oxydes d'azote (NO_x);
- 884 Giga grammes de monoxyde de carbone (CO) ;
- 167 Giga grammes de composé organique volatil non méthanique (NMVOC);
- 5,22 Giga grammes de dioxyde de soufre (SO₂) [26].

Chapitre II

Pollution automobile

Introduction

La pollution par les émissions automobiles dans le monde devient de plus en plus inquiétante particulièrement dans les grandes métropoles où on constate déjà depuis plusieurs décennies des épisodes de pollution par smog dont les effets néfastes sur les populations ainsi que sur la végétation sont démontrés.

Si dans toutes les autres activités, on arrive de nos jours à maîtriser et à maintenir la pollution à un taux acceptable, ce n'est pas le cas du trafic routier ou malgré tous les progrès technologiques réalisés sur le moteur et sur la réduction des émissions, on enregistre, en terme de volume, une pollution qui ne cesse de croître.

Cette situation est due à l'accroissement du parc automobile mondial, surtout dans les pays émergents, et à l'augmentation sans cesse du kilométrage parcouru.

II.1. Caractérisation du parc automobile

II.1.1. Notion du parc statique et parc roulant

Le parc statique correspond au nombre de véhicules en service (nombre de véhicules immatriculés) abstraction faite de l'usage qui en est fait. Ce parc est évalué en nombre de véhicules et ne tient pas compte du kilométrage parcouru par chacun d'entre eux.

Le parc roulant au contraire constitue une évaluation de la circulation effective des véhicules. Même au sein d'une catégorie identique, les véhicules particuliers par exemple, l'usage des véhicules peut être très différent en fonction de certaines de leurs caractéristiques (carburant, cylindrée...). L'évaluation du parc roulant est nécessaire dès lors que l'on souhaite apprécier la pollution associée au transport [27].

II.1.2. Type de véhicules

Trois principaux types de véhicules sont à l'origine des émissions polluantes (figure 4) [28] :

- les véhicules particuliers (VP) destinés à transporter des personnes et qui sont essentiellement des voitures de tourisme, classées en plusieurs catégories à partir de leurs caractéristiques techniques ;
- les véhicules utilitaires (VU) qui connaissent une diversité très importante ; depuis les véhicules utilitaires légers (VUL) dont le PTAC n'excède pas 3,5 tonnes jusqu'aux poids lourds (PL) ou véhicules industriels (VI) qui comprennent également les autobus et les autocars.
- les deux roues qui comportent les cyclomoteurs, les triporteurs et les motocyclettes.

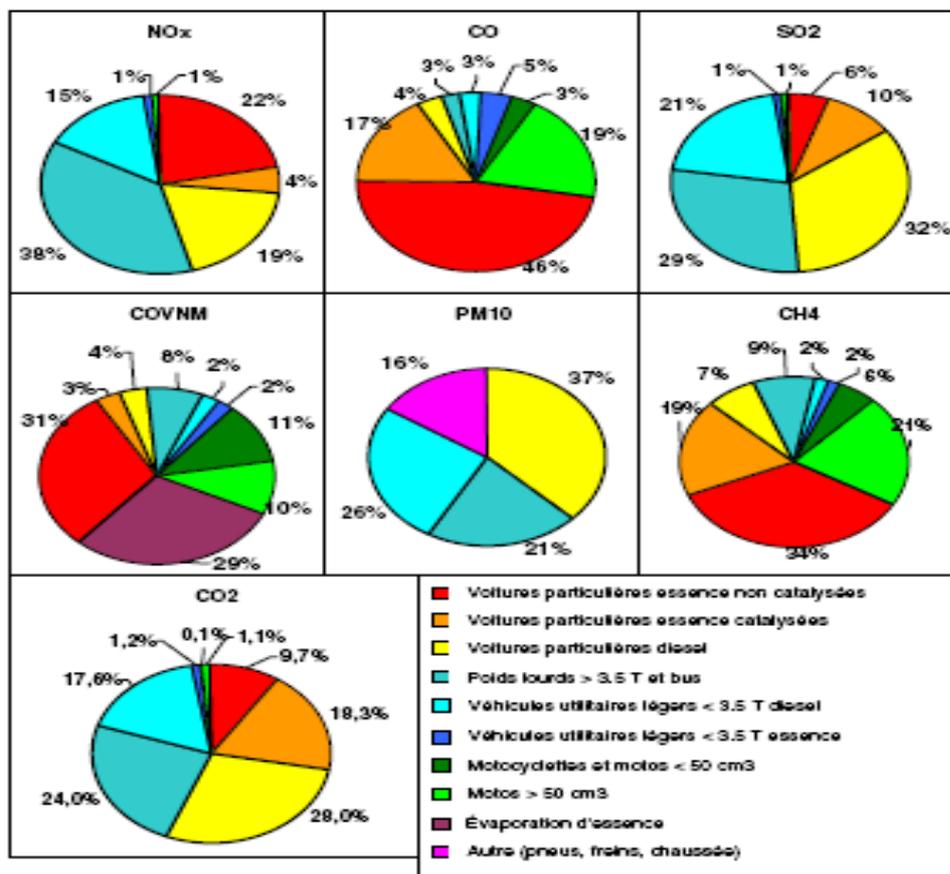


Figure 4. Contribution des grandes catégories de véhicules aux émissions relatives au transport routier en île de France pour l'année 2000 [20]

II.1.3. Evolution du parc automobile mondial

Depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, la production de véhicules à moteur est passée d'environ 5 millions d'unités l'an à près de 50 millions d'unités l'an. La croissance de la production s'est opérée à un rythme d'un million de véhicules supplémentaires chaque année. Outre celle des voitures et des camions, la production de motocycles a, elle aussi, rapidement augmenté, en particulier en Asie.

Etant donné que la production automobile augmente plus rapidement que les mises à la ferraille, le nombre des immatriculations croît rapidement, voire s'accélère de par le monde. L'Europe (Europe orientale et ex-URRS comprises) et l'Amérique du Nord s'adjugent chacune quelque 35 % du parc automobile mondial, l'Asie, l'Amérique du Sud, l'Afrique et l'Océanie se partageant, dans l'ordre décroissant, les 30 % restants.

Si l'on se réfère au taux de motorisation, les Etats-Unis, le Japon et l'Europe s'adjugent également les taux de motorisation et d'utilisation des véhicules les plus élevés. Les pays d'Afrique, d'Asie et d'Amérique du Sud, non membres de l'OCDE, qui abritent plus de quatre cinquièmes de la population mondiale, n'inscrivent à leur actif qu'un cinquième des immatriculations mondiales de véhicules à moteur. L'Asie et l'Amérique latine seront manifestement les futurs pôles de croissance de l'automobile [29]. Le développement rapide de la motorisation en Chine, fait en sorte que nous comptons environ un milliard de véhicules de part le monde.

II.1.4. Evolution du parc automobile algérien

Le parc national automobile est en constante progression. Selon l'Office National des Statistiques (ONS) [30], il était de 3 211 052 véhicules fin 2005 puis à 3 402 294 véhicules fin 2006 et ce pour encore augmenter à 3 655 378 véhicules fin 2007 puis à 4 171 827 véhicules fin 2009 alors qu'il était estimé en 1997 à 2 786 257 véhicules. On estime que l'année 2011 verra l'immatriculation de plus de 400.000 véhicules et on prévoit pour fin 2011 un parc global d'environ 6 millions de véhicules. Comme indiqué en tableau 3, ce parc est constitué d'environ 70 % de véhicules particuliers VP (véhicules légers de tourisme).

Dans sa thèse de doctorat, Mr BOUGHEDAOUIM [31], a montré que le parc roulant qui est à l'origine des émissions polluantes est significativement inférieur au parc statique donné par l'ONS.

Tableau II.3. Répartition du parc national automobile selon le genre des véhicules au 31/12/2009 [30]

| Genre | 1997 | 2009 |
|-------------------|------------------|------------------|
| Véh. de tourisme | 1 615 107 | 2 593 310 |
| Camion | 294 283 | 362 257 |
| Camionnette | 581 092 | 821 626 |
| Autocar/autobus | 30 430 | 70 070 |
| Tracteur routier | 46 906 | 63 417 |
| Tracteur agricole | 117 425 | 130 839 |
| Véhicule spécial | 27 84 | 3 358 |
| Remorque | 892 45 | 115 972 |
| Moto | 89 85 | 10 978 |
| Total | 2 786 257 | 4 171 827 |

La répartition par tranche d'âge donne pour l'année 2009 est donnée dans le tableau 4 :

Tableau II.4. Répartition du parc national automobile selon l'âge des véhicules au 31/12/2009 [30]

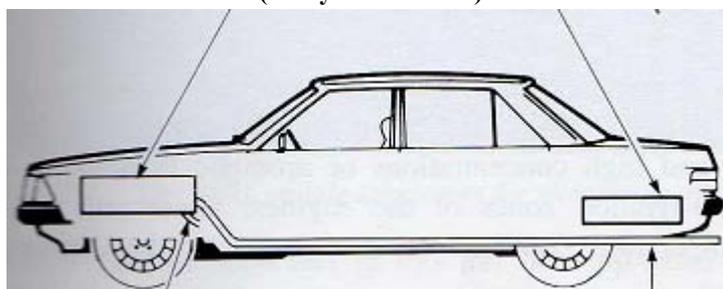
| Age | Nombre de véhicules | Pourcentage |
|-----------------------|---------------------|------------------|
| <i>0 à 4 ans</i> | 933 053 | 22% |
| <i>5 à 9 ans</i> | 346 788 | 8% |
| <i>10 à 14 ans</i> | 214 287 | 5% |
| <i>15 ans et plus</i> | 2 677 699 | 64% |
| <i>Total</i> | 4 171 827 | 4 171 827 |

Ainsi malgré un taux appréciable de renouvellement des véhicules en Algérie ces dernières années, le parc algérien demeure très âgé.

II.2. Origine des émissions issues des véhicules

Les polluants atmosphériques émis par les véhicules à moteurs de combustion interne peuvent avoir trois origines: les gaz de ventilation de carter, les pertes par évaporation et les gaz d'échappement (figure 5) [32].

Les pertes par évaporation du réservoir de carburant et de la cuve du carburateur
(les hydrocarbures)



Les gaz de carter
(les hydrocarbures)

Les gaz d'échappement
(les émissions : CO, NOx, particules, HC)

Figure 5. Les sources à l'origine des émissions automobiles [32]

II.2.1. Les gaz de carter (blowby)

Ces gaz proviennent des gaz de combustion ou des mélanges carburés (constitués d'air carburés à environ 80% et des gaz d'échappement [33]) envoyés dans le carter moteur au moment des phases de forte pression par l'intermédiaire des jeux fonctionnels provoquant des fuites à la segmentation des pistons et le long des organes de distribution (guides de soupapes, tiges de culbuteurs).

Avant les règlements anti-pollution, ces gaz de carter étaient envoyés à l'atmosphère par l'intermédiaire d'un évent appelé reniflard, pour éviter la mise en pression du carter et les risques d'explosion. Par la suite la solution adoptée consiste à ventiler le carter en renvoyant les gaz présents à l'admission du moteur où ils seront partiellement brûlés ou envoyés à l'échappement pour y subir une post combustion [11].

II.2.2. Les émissions liées à l'évaporation des carburants

Les pertes par évaporation se produisent par l'intermédiaire du réservoir de carburant et de la cuve du carburateur. Elles concernent essentiellement les moteurs à essence car l'essence est une substance fortement volatile, par contre la volatilité du diesel étant basse, les pertes par évaporation sont donc inférieures à celle de l'essence. Le taux d'évaporation augmente avec la température de l'air ambiant. Ainsi quand le véhicule est garé dans des terrains découverts sous le soleil, l'évaporation des carburants augmente et par conséquent les pertes augmentent aussi donc la pollution atmosphérique est encore plus grande [34].

Les pertes à partir du réservoir se produisent en raison des changements de température et du volume de vapeur du carburant soit par respiration diurne ou au moment du remplissage du réservoir [34]. Les pertes au carburateur sont proportionnelles à la capacité de la cuve, à la pression à l'entrée et à la température du métal de la cuve, qui peut atteindre 40 à 70 °C, lors de l'arrêt du moteur chaud [11].

Ces pertes sont amenuisées sur les véhicules récents par des circuits de récupération de vapeurs qui les stockent temporairement sur des cartouches de charbon actif [33].

II.2.3. Les émissions liées à la combustion de carburants (Les gaz d'échappement)

Les gaz d'échappement constituent la principale source de pollution automobile. La transformation de la chaleur de combustion des hydrocarbures en travail mécanique est à l'origine des émissions polluantes des voitures à l'échappement. La combustion stoechiométrique ne produit que de la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone. En utilisation réelle du véhicule, cette combustion idéale n'est jamais réalisée. La mauvaise combustion liée d'une part au rapport air/carburant (mélange riche ou pauvre) et au régime de fonctionnement est la principale cause de ces émissions [35]. On distingue deux types d'émissions :

Les émissions «moteur à chaud » :

On entend par émissions à chaud les émissions produites par un moteur ayant atteint une température stable.

Ces émissions dépendent de nombreux facteurs comme la distance parcourue par chaque véhicule, sa vitesse, son âge, la taille et la cylindrée du moteur,...

La vitesse a une influence majeure sur les quantités de polluants émises dans cette phase.

Les émissions « moteur à froid » :

On entend par « moteur à froid » un moteur en fonctionnement qui n'a pas encore atteint une température stable. Ces émissions sont prédominantes sur le réseau urbain. En principe, elles concernent toutes les catégories de véhicules. Cependant, les facteurs d'émissions ne sont disponibles que pour les véhicules particuliers et les véhicules utilitaires légers. Les émissions à froid des autres catégories sont donc négligées par manque de données.

Les quantités de polluants émis sont dépendantes de la température ambiante.

L'entrée en vigueur des normes anti-pollution et l'amélioration des moteurs tendent à limiter leurs émissions et la mise en place de systèmes de post combustion (pots catalytiques) réduisent progressivement les émissions unitaires des véhicules et la pollution [33].

II.3. Les facteurs influençant les émissions automobiles

Les émissions des véhicules routiers sont la résultante de toute une série de facteurs : type de véhicule, conduite du conducteur, condition de circulation, caractéristiques de la route et des conditions climatiques.

II.3.1. Les facteurs liés au véhicule

Les caractéristiques du véhicule ont une grande influence sur les émissions unitaires : type de véhicule, la motorisation et le carburant, les équipements, l'âge, l'entretien du véhicule et le niveau de chargement.

II.3.1.1. Type de véhicule

Il existe des classifications très détaillées des divers véhicules. Nous distinguons les catégories suivantes : les véhicules légers (VL) ou particuliers (VP), les véhicules utilitaires (VU) comprenant les véhicules utilitaires légers (VUL) et les poids lourds (PL) et les deux roues. D'une manière générale, plus les véhicules sont lourds, plus les besoins énergétiques sont élevés, plus la consommation de carburant augmente et plus les émissions sont importantes [36].

II.3.1.2. Le carburant

Les émissions de chaque véhicule dépendent du carburant utilisé. Exemple : Les véhicules à essence avec catalyseur et les véhicules diesel rejettent à peu près les mêmes polluants, mais dans des proportions différentes [36].

Afin de diminuer la pollution atmosphérique, des carburants moins polluants ont été introduits (GPL, GNV, aquazole, biocarburants...etc.) et il y'a eu une diminution de la teneur en soufre du diesel et une élimination progressive du plomb.

II.3.1.3. Les équipements

Les équipements concernent essentiellement le pot catalytique, la climatisation, le type de réservoir et l'injection mais c'est la climatisation qui joue un rôle important dans la pollution [15].

La climatisation équipe actuellement la majorité des voitures particulières commercialisées. Les puissances absorbées par la climatisation sont à l'origine de surconsommation et de surémissions ; dans les conditions les plus sévères, la surconsommation de carburant atteint 50 % et l'émission d'oxyde d'azote est multipliée par trois pour une voiture à essence catalysée de cylindrée moyenne [37]. Un autre point négatif relatif à l'utilisation de la climatisation : les fluides frigorigènes utilisés sont eux-mêmes source de pollution locale et de gaz à effet de serre [20].

Aussi, le pot catalytique ou catalyseur qui est une amélioration récente du pot d'échappement des moteurs à combustion interne visant à limiter la nocivité des gaz d'échappement des véhicules motorisé n'est efficace qu'au-dessus d'environ 400 °C, température qui n'est généralement atteinte qu'après 10 à 15 kilomètres de conduite. Or, c'est au démarrage que les émissions de gaz toxiques sont les plus importantes.

II.3.1.4. L'entretien du véhicule

Un mauvais entretien peut entraîner une importante surconsommation (pouvant aller jusqu'à 25%). On constate également une nette augmentation des émissions de CO et HC et, pour les moteurs diesel, de particules [20].

II.3.1.5. L'âge

Le vieillissement des véhicules a une influence sur les émissions polluantes. C'est pour cela que le renouvellement du parc automobile avec l'introduction de véhicules plus propres et catalysés, conduit à une diminution des émissions pour les années futures [38].

II.3.1.6. La charge du véhicule

Un véhicule chargé (ou dont l'aérodynamisme est réduit : galerie sur le toit, fenêtres ouvertes, etc.) émet une plus grande quantité de polluants puisque son moteur doit développer, pour atteindre une vitesse donnée, plus de puissance (d'où une hausse de la consommation de carburant) que lorsque le véhicule est vide [36].

II.3.2. Les facteurs liés aux conditions de circulation

Les émissions varient énormément selon les conditions de circulation : urbain lent, urbain fluide, route, autoroute, etc. [36]. En effet les parcours courts en milieu urbain ainsi que les arrêts aux feus ou pendant les embouteillages (moteur au ralenti) provoquent de fortes émissions de polluants et une consommation de carburant beaucoup plus importante par rapport aux trajets extra-urbains (routier ou autoroutier) [38]. Ainsi, pour les véhicules à essence le milieu urbain implique une augmentation des émissions de CO₂, HC et NO_x, alors que les émissions en CO sont plutôt associées à la conduite sur autoroute. Pour ces véhicules, la conduite en milieu rural conduit systématiquement à la baisse des émissions [39].

En effet, la vitesse est le paramètre essentiel des émissions. Ainsi les émissions tendent à être les plus basses quand les vitesses sont modérées et les plus hautes à des vitesses très faibles ou moyennement élevées [40].

Enfin les émissions sont bien plus importantes lorsque le véhicule est froid (démarrage) [34].

II.3.3. Les facteurs liés à la route

La route sur laquelle se déplace un véhicule influence elle aussi les émissions de ce dernier. Deux paramètres sont à prendre en compte : l'altitude et la pente.

Les voitures sont réglées pour que les émissions soient au niveau de la mer ; elles augmentent considérablement avec l'altitude car la pente qui va souvent de pair avec les hautes altitudes oblige le moteur à développer plus de puissance, donc sa consommation et finalement à rejeter plus de polluants [36].

II.3.4. Les facteurs climatiques

Lors du démarrage à froid, et tant que le moteur n'a pas atteint 70°C, les émissions sont plus importantes. La température de l'air joue donc un rôle puisqu'elle conditionne la durée qu'il faudra au moteur pour atteindre cette température. Le temps de chauffe sera d'autant plus long que la température ambiante est basse.

Aux émissions de polluants supérieures en hiver, s'ajoute le dépôt de nombreux polluants gazeux sous l'effet du faible ensoleillement et des basses températures.

Le vent, en ralentissant ou en facilitant le déplacement des véhicules constitue un autre paramètre influençant les émissions [36].

Enfin l'humidité influence la transformation des polluants primaires émis ; formation de l'acide sulfurique (H_2SO_4) à partir du dioxyde de soufre (SO_2) et de l'acide nitrique (HNO_3) à partir des oxydes d'azote (NO_x).

II.3.5. Les facteurs liés au conducteur

Il s'agit essentiellement du style de conduite. Un véhicule conduit de manière dite «agressive ou performante» (forte augmentation des rapports entre les vitesses, accélération, freinage, vitesse volontairement élevée) émettra une quantité de polluants supérieure au même véhicule conduit de manière « normale ou économique » [36].

II.4. Les polluants émis à l'échappement des véhicules

Les réglementations antipollution décidées et appliquées dans le monde depuis les années 1970 concernent le CO, les HC, les NO_x et les particules. Ces produits sont appelés polluants classiques. Aussi, d'autres produits comme le CO_2 participent à la pollution [41].

II.4.1. Les polluants classiques

II.4.1.1. Le monoxyde de carbone (CO)

A. Présentation du CO

Le CO est un gaz incolore, de densité voisine de celle de l'air, non détectable par l'odeur, très toxique, qui naît dans des conditions de combustion incomplète très riche [42]. Il est principalement émis par les véhicules à essence (75%) [43] et des taux importants peuvent être rencontrés quand il y a une concentration de véhicules qui roulent au ralenti dans les espaces couverts (tunnel, parking) [38]. Comme le montre le cas des émissions en France (figure 6), la généralisation des catalyseurs avant la fin du siècle dernier, la part des émissions de CO a fortement diminué.

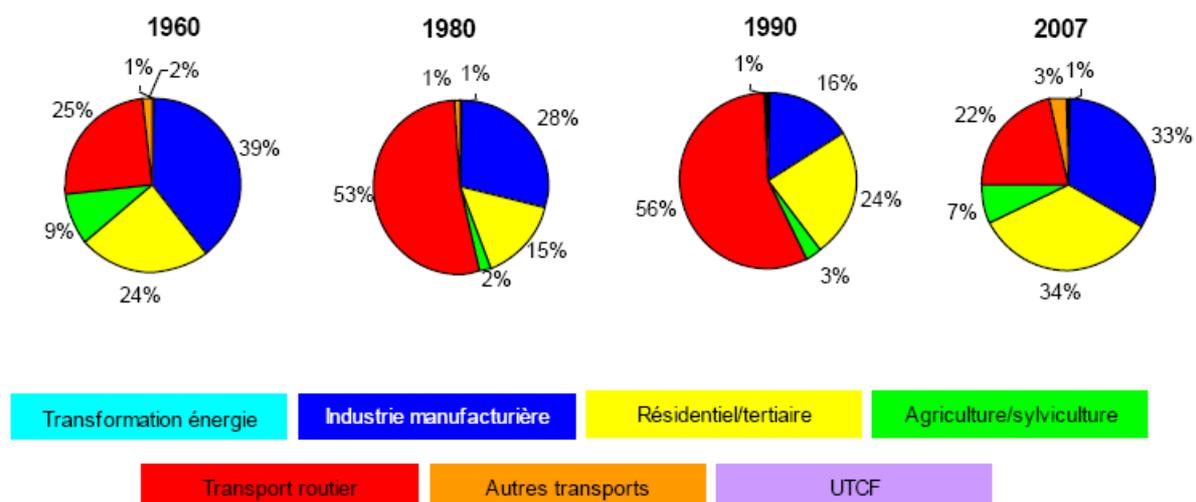


Figure 6. La part du transport routier dans les émissions de CO en France métropolitaine [18]

B. Formation du CO

La formation de CO intervient comme une étape intermédiaire essentielle du processus d'oxydation des hydrocarbures conduisant au produit final CO_2 : la vitesse d'oxydation du combustible dépend de la concentration disponible en oxygène, de la température des gaz et du temps disponible laissé aux réactions pour s'accomplir, donc du régime moteur.

Le paramètre principal gouvernant les émissions de CO est la richesse du mélange carburé (figure 7). En mélange riche, les concentrations en CO augmentent régulièrement avec la richesse, le défaut d'oxygène entraîne une combustion incomplète. En mélange pauvre, les concentrations en CO sont faibles et varient peu avec la richesse, mais elles sont toute fois plus élevées que celles prédictibles par les modèles cinétiques [33].

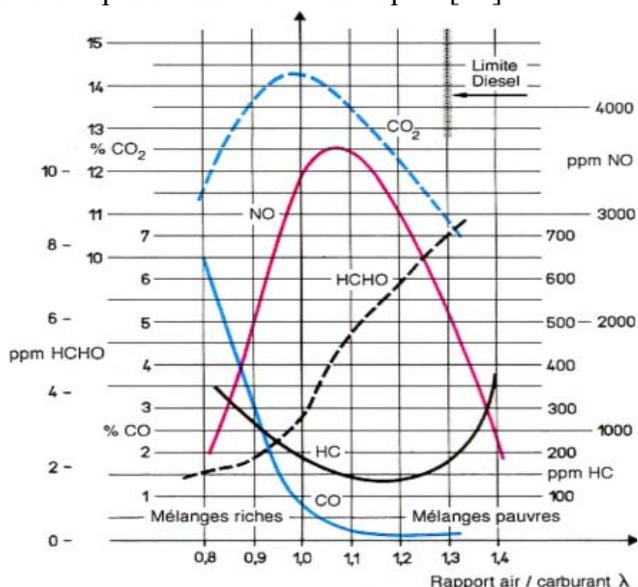


Figure 7. Évolution des polluants en fonction de la richesse du mélange air/carburant [29]

C. Effet du CO sur la santé humaine et sur l'environnement

La toxicité du CO est relativement connue : mortel au delà de 1000 ppm, il agit à des teneurs beaucoup plus basses, par son affinité pour l'hémoglobine du sang, 240 fois plus élevée que celle de l'oxygène [42]. Le CO pénètre dans le sang par les poumons et altère ainsi le transport d'oxygène vers les organes et les tissus. Le risque lié à une exposition à de faibles doses de CO est le plus élevé chez les individus souffrant d'affections cardio-vasculaires, et en particulier chez les personnes atteintes d'angine de poitrine ou de maladies artérielles périphériques. Les sujets sains sont également affectés, mais seulement à des degrés d'exposition plus élevés. Ils peuvent, dans ce cas, voir s'amoinrir leur acuité visuelle, leur capacité de travail, leur dextérité manuelle et leur capacité d'apprentissage et d'exécution de tâches complexes [29] et il peut nuire au bon fonctionnement du coeur, ce qui entraîne l'ischémie cardiaque et un nombre accru d'hospitalisations et peut-être de décès pour cause de maladie cardiaque [44].

Le CO peut aussi présenter une toxicité à long terme. L'intoxication chronique se traduit par des symptômes non spécifiques : maux de tête, vertiges, nausées quand le CO bloque 20% de l'hémoglobine et même des pertes de conscience dangereuses pour les conducteurs quand ce taux atteint 50% la mort survenant pour 70% [42].

Sur l'environnement le CO participe à la formation photochimique du polluant oxydant ozone.

II.4.1.2. Les composés organiques volatils (COV)

A. Présentation des COV

Les COV sont aussi connus sous l'appellation d'hydrocarbures totaux (HC) ou hydrocarbures imbrûlés.

Selon l'EPA (Environmental Protection Agency), « la quasi-totalité des composés organiques qui peuvent être considérés comme des COV ont une tension de vapeur supérieure à 0,1 mm Hg dans les conditions ambiantes (20°C et 1 atmosphère) »

Un arrêté ministériel français du 1 mars 1993, relatif aux établissements classés pour la protection de l'environnement, considère comme COV tout composé, qui à l'exception du méthane, contient du carbone et de l'hydrogène, lequel peut être substitué par d'autres atomes comme les halogènes, l'oxygène, le soufre, l'azote ou le phosphore, à l'exception des oxydes de carbone et de carbonates. Ces composés se trouvent à l'état de gaz ou de vapeur dans les conditions ambiantes de température et de pression [45].

Compte tenu de la seconde définition il est entendu que de nombreuses familles chimiques appartiennent au groupe des COV : alcanes, alcènes, alcynes, aldéhydes et cétones, les composés aromatiques mono ou polycycliques, ... par exemple. En outre il est à noter, que pour des raisons de réactivité différente et de niveau de concentration plus élevé, le méthane CH₄ est généralement exclu de cette famille, parfois le terme COVNM est utilisé pour COV non méthanique [46]. En milieu urbain, le transport routier représente une part importante des émissions des COVNM.

Les COVNM proviennent de la combustion et de l'évaporation des hydrocarbures, solvants et composés organiques issus des différents organes des véhicules [36] et de ce fait une fois libérés dans l'atmosphère, peuvent y demeurer pendant un temps suffisamment long pour participer à des réactions photochimiques.

B. Formation des COV

Les COV proviennent d'effets hétérogènes dans le mélange et au voisinage des parois, donc à température relativement basse. Ils sont exprimés sous forme d'hydrocarbures totaux (HC) en ppm de carbone, tels que l'indiquent les appareils analyseurs FID (détection ionisation de flamme) [33].

Il existe plusieurs sources de rejet des HC dans un moteur. Ce sont notamment [41] :

- le coincement de la flamme au voisinage des parois ;
- le piégeage par le dépôt de la chambre de combustion ;
- les phénomènes d'adsorption/désorption des hydrocarbures dans le film d'huile ;
- la pénétration du mélange carburé dans les divers interstices et volumes morts, au voisinage du piston (segmentation) et de la culasse (joints, bougies...) ;
- la transformation chimique du carburant qui a échappé à la combustion et se trouve mélangé aux gaz brûlés. Cette réaction se produit à la fois à l'intérieur du cylindre et dans la tubulure d'échappement.

On conçoit aisément que le niveau d'émission des HC augmente avec la concentration de carburant, c'est-à-dire avec la richesse. Ainsi, le moteur diesel sera un faible émetteur de HC, si on le compare à son homologue à essence.

C. Effet des COV sur la santé humaine et impact sur l'environnement

Les effets varient principalement suivant le niveau et la durée d'exposition aux composés organiques volatils. Les principaux symptômes et effets connus sont :

- Les irritations des yeux, du nez et de la gorge ;
- Les réactions allergiques ;
- Les maux de tête, les fatigues, les vertiges et nausées ;
- Les pertes de mémoire, les troubles de la concentration et du sommeil ;
- Les troubles respiratoires.

Les symptômes sont aggravés pour les fumeurs ou ceux qui en subissent les effets de manière passive. Les COV sont aussi connus pour provoquer des cancers chez l'homme comme la leucémie ou le cancer des poumons.

Les enfants, et en particulier les plus jeunes, sont ceux qui craignent le plus les composés organiques volatils du fait du développement de leur appareil respiratoire [47].

Dans la basse atmosphère, par action indirecte les COV sont les précurseurs de polluants photooxydants qui participent au phénomène de pollution acide. Les COV (en présence de NOx) sont à l'origine de la formation d'ozone, gaz oxydant et à effet de serre.

Les COV les moins réactifs tels que les composés halogénés se dégradent lentement et peuvent gagner les couches élevées de l'atmosphère jusqu'à la stratosphère. Sous l'effet des UV, ils se décomposent et libèrent du chlore qui consomme les molécules d'ozone, favorisant ainsi la destruction de la couche d'ozone [48].

II.4.1.3. Les oxydes d'azote (NOx)

A. Présentation des NOx

Le monoxyde d'azote (NO) formé à haute température par l'oxydation de l'azote dans l'air et le dioxyde d'azote (NO₂) résultant de l'oxydation du NO en présence d'hydrocarbures et de lumière sont la plupart du temps étudiés simultanément et exprimés sous la forme de NOx avec x=1 ou x=2.

Le NO est le plus abondant des dérivés nitrés présents dans l'atmosphère : il représente environ 95% des émissions NO + NO₂ [3].

Dans tous les pays, les véhicules automobiles constituent la principale source de NOx [43].

En Algérie, aussi le niveau de pollution par les NOx sur la ville d'Alger a été démontré par des études antérieures [49].

B. Formation des NOx

• Formation du NO

La principale source de NO est l'azote moléculaire de l'air, utilisé comme comburant alimentant le moteur. Sauf dans les zones à richesse élevée, seule une faible partie du NO prend naissance dans la flamme, la majeure partie se formant dans les gaz quittant la flamme. Les processus de combustion et de formation de NO sont donc découplés.

Le NO est principalement formé dans les chambres de combustion où :

N_2 (air) + O à NO + N lorsque la température excède 1400°C (NO thermique) (1)

N_2 (combustible) + O à NO + N (NO fuel) si N₂ combiné (2)

$N_2 + CH \rightarrow HCN + N$ puis NO après différentes étapes même à plus basse température (NO prompt) (3)

Les réactions de formation du NO restent, dans tous les cas, plus lentes que les réactions de combustion, ce qui explique les valeurs hors d'équilibre des concentrations mesurées à l'échappement. Elle dépend également fortement de la concentration en oxygène : haute température et concentration élevée en oxygène entraînent donc de grandes quantités de NO produites [33].

- **Formation du dioxyde d'azote**

Le NO se transforme en présence d'oxygène en NO₂ (de 0,5 à 10 %) dans le foyer. Cette réaction se poursuit lentement dans l'atmosphère et explique dans le cas des villes à forte circulation la couleur brunâtre des couches d'air pollué situées à quelques centaines de mètres d'altitude (action conjointe des poussières).

Les calculs d'équilibres chimiques indiquent que dans les gaz brûlés, avec les températures régnant couramment dans les flammes, la concentration en NO₂ devrait être négligeable comparée à celle de NO. Cela est effectif dans le cas du moteur à allumage commandé ; mais dans le cas du Diesel, on peut trouver jusqu'à 30 % des NO_x sous forme de NO₂. En effet, le NO₂ formé dans la flamme retourne rapidement à l'état NO sauf si, comme dans le cas du Diesel, il est trempé par mélange avec un fluide plus froid.

C. Effet des NO_x sur la santé humaine et impact sur l'environnement

C'est le NO₂ qui a des effets nocifs sur la santé et des taux de 2 ppm suffisent pour provoquer des troubles [43].

- Il peut entraîner une détresse respiratoire aigue avec toux incessante, cyanose, douleurs thoraciques, parfois convulsion et insuffisance circulatoire aigue.
- Il peut provoquer la mort résultant d'un œdème pulmonaire tardif. Le décès peut survenir plusieurs heures après l'exposition au gaz [48].

Les émissions de NO_x constituent un important précurseur des pluies acides, qui peuvent affecter les écosystèmes terrestres et aquatiques [29]. Les retombées de nitrates provoquent un enrichissement excessif en nutriments conduisant à une eutrophisation. L'eutrophisation peut avoir des effets néfastes sur la qualité de l'eau et de l'environnement aquatique : accroissement des nuisances et prolifération d'algues toxiques, prolifération du phytoplancton, appauvrissement de la teneur en oxygène en eaux profondes et diminution de l'intensité lumineuse préjudiciable à la végétation aquatique immergée et donc à l'équilibre des écosystèmes estuaires.

Le dioxyde d'azote et les nitrates en suspension dans l'air contribuent aussi à la formation de dômes de brume polluants, qui réduisent la visibilité et diminuent parfois la valeur des biens immobiliers et les recettes tirées du tourisme.

II.4.1.4. Les particules

A. Présentation des particules

Les particules sont des entités solides ou liquides en suspension dans l'air. Elles forment avec celui-ci un aérosol (gaz + particules en suspension). Elles peuvent avoir des compositions, densités, formes et dimensions très diverses selon leur mode de formation. Les particules sont principalement caractérisées par leur diamètre aérodynamique, variant de $0.02\mu\text{m}$ à $100\mu\text{m}$ et correspondant à des particules de densité unitaire, qui aurait les mêmes caractéristiques aérodynamiques que la particule concernée

On utilise différents termes dans l'étude des particules : aérosols particulaires, fumées noires, suies, poussières, cendres volantes, particules en suspension [50 à 52]. De plus en plus, on se concentre sur les particules PM-10, PM-2,5 et PM-1 qui sont des particules dont le diamètre est inférieur à respectivement $10\mu\text{m}$, $2,5\mu\text{m}$ et $1\mu\text{m}$.

En milieu urbain, le secteur du transport routier constitue une des principales sources de pollution de l'air par les plus fines particules PM-2,5 et PM-1. En effet des études récentes ont montré que le Grand Alger est, comme toute grande agglomération urbaine, confronté à une intense pollution atmosphérique [53, 54].

***Cas des particules diesel** : Les particules diesel présentes dans l'atmosphère sont de très petite taille, inférieure au micron. Leur composition et leur granulométrie ne sont pas parfaitement connues. Leur composition peut être schématiquement décrite comme un squelette de carbone recouvert d'une phase organique composée principalement d'imbrûlés provenant du carburant et du lubrifiant. Cette phase imbrûlée comprend plusieurs centaines de composés avec, notamment, des HAP. Ces particules diesel, de très petite taille (diamètre aérodynamique moyen de $0,5\mu\text{m}$) constituent aujourd'hui une part importante de la pollution en milieu urbain sont considérées comme étant très toxiques [55].

B. Formation des particules

• Moteur à allumage commandé

Dans ces types de moteur, les particules ont trois origines distinctes : le plomb des carburants plombés, les sulfates issus du soufre des carburants et la suie.

- Les émissions de *sulfates* concernent surtout les véhicules équipés de catalyseurs d'oxydation en post-combustion. Le soufre du carburant transformé en SO_2 dans la combustion est oxydé en SO_3 par le catalyseur à l'échappement. Ce dernier se combine aux molécules d'eau pour donner un brouillard de H_2SO_4 ;

- Avec les *carburants plombés*, les particules se forme par condensation des sels de plomb émis à l'échappement ;

- Les émissions de *suie* sont anormales dans le cas des moteurs à allumage commandé bien réglés, car elles ne se produisent que dans le cas de mélanges carburés excessivement riches [33].

- **Moteur Diesel**

Les particules Diesel se composent d'un matériau carboné (la suie) engendré lors de la combustion, sur lequel sont adsorbées des espèces organiques diverses (constituées de molécules condensées sur la suie dans les phases suivant la combustion).

Les particules de suie prennent naissance essentiellement à partir du carbone contenu dans le carburant et dépendent de la nature de carburant de départ, du nombre d'atomes de carbone de la molécule et du rapport H/C.

Ainsi les émissions de suie de moteurs Diesel proviennent de trois processus se déroulant partiellement en parallèle:

- des réactions de formation de suie à partir de carburant et d'air essentiellement dans la première phase de combustion ;
- des réactions de formation de suie à partir du carburant au sein des gaz brûlés surtout dans la seconde phase de la combustion ;
- de l'oxydation de la suie formée, après mélange dans des zones riches en oxygène [33].

C. Effet des particules sur la santé humaine

Les particules en suspension les plus fines peuvent avoir un effet direct mais aussi indirect en transportant les composés toxiques dans les voies respiratoires inférieures.

La profondeur de pénétration et le mécanisme de déposition des particules solides dans l'appareil respiratoire dépendent d'abord de leurs diamètres aérodynamiques et de la morphologie des voies aériennes qui conditionnent les modalités de l'écoulement aérien.

Ainsi, les particules de diamètre aérodynamique supérieur à 10 µm sont retenues au niveau des voies aériennes supérieures. Les particules dont le diamètre aérodynamique est compris entre 2 et 10 µm se déposent au niveau de l'arbre trachéobronchite par impaction et interception. Dans cette zone, les particules peuvent être éliminées par clairance muco-ciliaire et la toux [56, 57].

L'inhalation des particules fines, peut conduire à l'aggravation des cas de bronchite ou de maladies cardio-vasculaires, à une augmentation de la susceptibilité de contracter des maladies infectieuses et à une diminution de la fonction respiratoire. Les personnes asthmatiques, bronchitiques et les personnes âgées constituent notamment des groupes sensibles de la population [58].

II.4.1.5. Le dioxyde de carbone (CO₂)

Le dioxyde de carbone n'est pas considéré comme un polluant car il n'est pas toxique [42] mais il est pris en compte dans cette étude étant donné que c'est le principal gaz à effet de serre. A température ambiante, c'est un gaz inodore, incolore, très stable, plus lourd que l'air, inflammable et non conducteur d'électricité. A forte concentration, il aurait une saveur légèrement piquante [59]. C'est un produit final normal de combustion de tout combustible carbonés notamment les carburants liquides. On considère en général que le transport routier est responsable d'environ 20% du CO₂ émis dans l'atmosphère.

Pour répondre aux exigences que dicte la lutte contre les changements climatiques, les constructeurs automobiles s'attachent de nos jours à commercialiser les véhicules qui émettent le moins de CO₂.

Chapitre III

Les carburants (essence/GPL)

Introduction

Les carburants utilisés en automobile sont composés d'un mélange d'hydrocarbures (97 à 98%) (composés chimiques sous la forme de C_nH_m) et de résidus, d'impuretés et d'additifs (2 à 3%) (eau, soufre, alcool, etc.). Ce sont des produits dont la combustion en présence d'air permet le fonctionnement des moteurs thermiques à pistons (de type essence ou diesel) ou à flux continu (réacteur d'avion, turbines à gaz).

Dans leur immense majorité, les carburants sont des liquides, ce qui permet d'obtenir un excellent compromis entre la compacité, la facilité et la sécurité de mise en œuvre. Il y a aussi des carburants gazeux ; le gaz naturel et le gaz de pétrole liquéfié.

Les carburants proviennent essentiellement du pétrole qui lui-même assure une part importante de la consommation d'énergie primaire dans le monde, par ailleurs d'autres filières qui permettent d'avoir des carburants moins polluants se développent de plus en plus et parmi ces filières celle du gaz naturel.

III.1. Les carburants conventionnels

Il s'agit de l'essence et du gazole. Le premier alimente les moteurs à allumage commandé et le second les moteurs Diesel. Ce sont les deux principaux produits finis issus du raffinage du pétrole brut et leur formulation évolue avec les exigences des moteurs et surtout avec les réglementations environnementales liées à la qualité de l'air et à la réduction des rejets de gaz à effet de serre.

III.1.1. L'essence

III.1.1.1. Spécifications nationales des essences

A. Essence normal

Est dénommé « essence normale » le mélange d'hydrocarbures (qui comptent de 4 à 7 atomes de carbone) d'origine minérale ou de synthèse et éventuellement de composés oxygénés organiques, destiné notamment à l'alimentation des moteurs thermiques à allumage commandé, répondant aux spécifications du tableau 5 [60].

Tableau III.5.Caractéristiques de l'essence normale [60]

| Caractéristiques | unités | Limites | | Méthodes d'essai |
|--|---------------|---------|-------|------------------|
| | | MIN | MAX | |
| Nombre d'octane « recherche », RON | | 89 | | NA 2653 |
| Teneur en plomb | g/l | | 0,40 | NA 2803 |
| Teneur en soufre | % massique | | 0,01 | NA 11046 |
| Teneur en gomme actuelle (lavées au solvant) | mg/100ml | | 10 | NA 2654 |
| Distillation | | | | NA1445 |
| 10% | °C | | 70 | |
| 50% | °C | | 140 | |
| 95% | °C | | 195 | |
| Point final | °C | | 205 | |
| Résidu | % Vol | | 2 | |
| Corrosion à la lame de cuivre | Cotation | | 1b | NA 566 |
| Tension de vapeur Reid | bar | | | NA 422 |
| Hiver du 1/11 au 31/03 | | | 0,800 | |
| Été du 1/04 au 30/10 | | | 0,650 | |
| Densité à 15 °C | | 0,710 | 0,765 | NA 417 |
| DOCTOR TEST | | Négatif | | NA 8115 |

Note :

-l'essence normale est colorée

-Doctor test : un test au moyen d'une solution qui permet de détecter la présence de composés indésirables de H₂S dans les distillats de pétrole.

B. Essence super

L'essence super présente un indice d'octane de 96 avec des caractéristiques très proches de l'essence normale.

C. Essence sans plomb 95

L'essence sans plomb 95 est un mélange d'hydrocarbures (4 à 7 atomes de carbone) d'origine minérale ou de synthèse et éventuellement de composés oxygénés organiques, destiné notamment à l'alimentation des moteurs thermiques à allumage commandé [61], répondant aux spécifications du tableau 6 [62] :

Tableau III.6.Caractéristiques de l'essence sans plomb 95 [62]

| Caractéristiques | unités | limites | | Méthodes d'essai |
|--|-------------------|------------------|-------|------------------|
| | | MIN | MAX | |
| Nombre d'octane « recherche », RON | | 95 | | NA 2653 |
| Nombre d'octane « moteur », MON | | 85 | | NA 2653 |
| Teneur en plomb | g/l | | 0,013 | NA 11044 |
| Teneur en benzène | %V/V | | 5 | NA 11044 |
| Masse volumique à 15 °C | Kg/m ³ | 725 | 780 | NA 417 |
| Teneur en soufre | % massique | | 0,01 | NA 11046 |
| Stabilité à l'oxydation | Min | 360 | | NA 8139 |
| Teneur en gomme actuelle (lavées au solvant) | Mg/100ml | | 5 | NA 2654 |
| Aspect | | Clair et limpide | | Insp visuelle |
| Distillation | | | | NA1445 |
| 70°C | %V/V | 15 | 47 | |
| 100°C | | 40 | 70 | |
| 180°C | | 85 | | |
| 210°C | | 90 | | |
| Point final | °C | | 215 | |
| Résidu | %V/V | | 2 | |
| Corrosion à la lame de cuivre (3h à 50°C) | Cotation | CLASSE 1 | | NA 566 |
| Tension de vapeur Reid | bar | | | NA 422 |
| Hiver du 1/11 au 31/03 | | | 0,80 | |
| Été du 1/04 au 30/10 | | | 0,65 | |

A titre de comparaison, nous présentons en tableau 7 les spécifications exigées à l'international depuis 2005.

Tableau III.7. Spécifications internationales des essences (valable à partir de 2005)

| Caractéristiques | | Limites |
|--|---------------------|----------------------|
| Densité | (kg/l) | entre 0.735 et 0.785 |
| Couleur | | Sans |
| Aspect | | Limpide |
| RON | | 95Min |
| MON | | 85Min |
| Teneur en plomb | (g/l) | 0.005Max |
| Volatilité à 70°C – été | (%vol.) | entre 15 et 42 |
| Volatilité à 70°C – hiver | (%vol.) | entre 20 et 47 |
| Volatilité à 100°C – été | (%vol.) | entre 46 et 65 |
| Volatilité à 100°C – hiver | (%vol.) | entre 42 et 70 |
| Volatilité à 125°C – été | (%vol.) | 60 Min |
| Volatilité à 125°C – hiver | (%vol.) | 63 Min |
| Volatilité à 150°C | (%vol.) | 75Min |
| Volatilité à 180°C | (% vol.) | 85 Min |
| Point final | (°C) | 215Max |
| Résidu | (%vol.) | 2 Max |
| Doctor Test | | Négatif |
| TVR- été | (kPa) | 60 Max |
| TVR- Hiver | (kPa) | entre 60 et 90 |
| Teneur en gommes | (mg/100ml) | 5.0 Max |
| Période d'induction | (minutes) | 360 Min |
| Teneur en soufre | (%massique) | 0.005 Max |
| Corrosion lame de cuivre 3heures à 50°C (Indice) | | 1A |
| Analyse des hydrocarbures (%vol.) | Oléfines | 18 Max |
| | Aromatiques | 35 Max |
| | Benzène | 1 Max |
| Produits oxygénés (%vol.) | Methanol | 3 Max |
| | Ethanol | 5 Max |
| | Alcool | 10 Max |
| | Isopropylique | |
| | TBA | 7 Max |
| | Alcool Isobutylique | 10 Max |
| | Ethers C5 et + | À déterminer |
| Autres | 10 Max | |
| Teneur en Oxygène | (%massique) | 2.7 Max |

Source: SONATRACH / NAFTEC 2001, Algérie

Ces tableaux montrent que :

-Les spécifications des essences n'ont pas beaucoup évolué, si ce n'est la tendance à la diminution de la teneur en plomb (à 0.4g/l puis 0.15g/l dans le court terme) pour diminuer la pollution due au plomb.

-Les spécifications nationales des essences ne sont pas aujourd'hui conformes aux spécifications internationales et notamment pour ce qui concerne le respect des teneurs en plomb, aromatiques, benzène, etc.

Les données de l'ONS indiquent par ailleurs que le parc automobile algérien était en 2009 à 66% à essence.

III.2. Les carburants alternatifs

Pour pallier l'épuisement progressif des réserves de pétrole et contribuer à préserver l'environnement, des solutions alternatives aux carburants conventionnels sont développées : GPL, GNC, biocarburants et carburants de synthèse devraient tous trouver leur place dans le futur mix-énergétique.

III.2.1. Le gaz de pétrole liquéfiés pour carburant (GPL)

En Algérie, le GPL est adopté sous le nom commercial « SIRGHAZ » qui est un carburant connu propre pour l'environnement et associée à une technologie bien maîtrisée.

III.2.1.1. Composition et caractéristiques

Le GPL est principalement composé d'un mélange de propane (C_3H_8) et de butane (C_4H_{10}). Il provient soit du raffinage du pétrole brut, soit d'opérations de purification du gaz naturel lors de son extraction [63].

Les proportions de butane et de propane mélangés pour obtenir le GPL varient selon les saisons et les régions. La proportion de propane est plus élevée en hiver pour faciliter les démarrages à froid.

La composition du mélange propane butane est variable selon les pays :

- Algérie [64] :

| | | |
|------|-----------------------|--------------|
| Nord | été (mai à août) | 80% propane |
| | | 20% butane |
| | Hiver (sept. à avril) | 100% propane |
| Sud | été (mai à août) | 60% propane |
| | | 40% butane |
| | Hiver (sept à avril) | 80% propane |
| | | 20% butane |

Source : www.naftal.dz

Selon l'ADEME [65] le GPL est composé de propane à :

- 45 % +/- 5 % en France
- 20 % à 90 % en Italie
- 40 % à 70 % au Pays-Bas

Les principales caractéristiques du carburant GPL sont résumées en tableau 8.

Tableau III.8. Caractéristiques du GPL [66]

| propriétés | unités | Limites | | Méthodes d'essai |
|--|----------|----------|----------|------------------|
| | | MIN | MAX | |
| Nombre d'octane « moteur », MON | | 91 | | |
| Teneur en diènes (sous forme de 1,3-butadiène) | % mole | | 0,5 | NA 906 |
| Hydrogène sulfuré | | Passe | | NA 1124 |
| Teneur en soufre total (après odorisation) | mg/kg | | 50 | NA 2809 |
| Corrosion à la lame de cuivre (1h à 40 °C) | Cotation | Classe 1 | Classe 1 | NA 564 |
| Résidu d'évaporation | mg/kg | | 100 | NA 11047 |
| Pression de vapeur absolue à 50°C | kPa | | 1900 | NA 563 |
| Pression de vapeur absolue à -10°C | kPa | 250 | | NA 563 |

Le produit est gazeux à la température ambiante et à la pression atmosphérique normale. Afin de faciliter son transport et son emploi en carburant SIRGHAZ, il est liquéfié à une pression 4 à 5 bars. Il se gazéifie au moment de son utilisation. Il est stocké dans les stations service et à bord des véhicules sous forme liquide, sous une pression de 5 à 8 bars.

III.2.1.2. Le GPL dans le monde

Au niveau mondial, le parc de véhicules utilisant du GPL a progressé de 43% en 7 ans, passant de 7,5 millions en 2000 [67] à 13,1 millions véhicules en 2007 [68].

Tableau III.9. Le GPL dans le monde en 2007 [68]

| Pays | Parc (milliers) |
|--------------|-----------------|
| Corée | 2047 |
| Pologne | 2050 |
| Turquie | 2000 |
| Italie | 990 |
| Mexique | 600 |
| Russie | 550 |
| Australie | 550 |
| Japon | 294 |
| Inde | 275 |
| Pays-Bas | 250 |
| Monde | 13100 |

Même si la part du GPL utilisé dans les transports au niveau mondial a légèrement progressé de 6,6 % en 1990 à près de 8% en 2003, une généralisation de l'utilisation du GPL comme carburant automobile paraît improbable sur l'ensemble du parc, notamment pour des questions de disponibilités locales/régionales ou des contraintes au niveau des réseaux de distribution. Toutefois, les volumes mondiaux mobilisables pour des applications au transport pourraient augmenter dans l'avenir. En effet, le GPL peut s'obtenir à la sortie des raffineries mais également lors de la production de gaz sur champ. De plus, l'utilisation du GPL en tant que carburant permettrait, dans une certaine mesure, une diversification des approvisionnements énergétiques des transports et la valorisation dans un contexte local de ressources qui peuvent être abondantes.

III.2.1.3. Le GPL en Algérie [69]

Depuis 1980, les pouvoirs publics ont lancé des programmes de développement de l'utilisation du GPL comme carburant à travers :

- La mise en place à travers le territoire national d'un réseau d'installateur de kits GPL sur véhicules.
- L'accroissement du nombre de stations service distribuant le GPL.
- Le prix attractif du GPL en comparaison au différentiel avec les essences
- L'existence d'un dispositif d'aide mis en place par Naftal par la prise en charge financière de l'acquisition de l'équipement GPL au niveau des stations services des promoteurs privés intéressés.
- L'existence d'un parc relativement important de véhicules convertis au GPL.

Voici quelques données qui permettent de voir l'évolution de l'utilisation du GPL depuis ces premières livraisons en 1986 :

- Quantités consommées : de 4000 Tonnes en 1986 elles passent à 322 000 Tonnes en 2006
- Part de consommation GPL par rapport aux carburants terres (essences et gasoil) en 2006 : 3,5%
- Nombre de véhicules convertis : 200000 (soit environ 7% du parc convertible) en 2009 contre seulement 27000 en 1995. Dans sa stratégie 2010/2014, Naftal souhaite atteindre le chiffre de 270. 000 véhicules convertis
- Nombre de Stations services : de 130 en 1996, il est passé à près de 600 en 2006 (sur un total de stations service de 2000, soit 30% seulement distribuent de GPL).
- Nombre d'ateliers de conversion de véhicules : de 13 en 1997, il est passé à une centaine environ en 2006.
- Le prix du GPL à la pompe est de 9,00 DA/L ce qui donne au 100 km un prix de 108,00 DA/L ; un prix très avantageux par rapport aux carburants conventionnels, donc de réelles économies réalisées par les grands rouleurs. Il permet aussi d'amortir rapidement le coût d'équipement de véhicule.

III.2.1.4. Fonctionnement des véhicules alimentés au GPL

Tous les véhicules à combustion interne (allumage commandé a carburateur et a injection) peuvent être convertis à la carburation au gaz. L'adaptation d'un véhicule a essence au GPL est une opération relativement simple qui ne nécessite pas une grande technicité.

L'adaptation ne nécessite aucune modification du moteur, elle consiste en l'installation d'un kit composé d'éléments spécifiques qui s'installent en parallèle au circuit primaire déjà existant et destiné au carburant essence.

A. Caractéristiques techniques d'une installation

En général, les véhicules acceptant le GPL sont munis d'un double système de carburation leur permettant de fonctionner au GPL et à l'essence (cas des VP) ou ne fonctionnent qu'avec le GPL (cas des véhicules lourds, par exemple : les bus, véhicules captifs qui font le plein à des stations fixes) [65].

Contrairement à la plupart des moteurs essence, les moteurs diesels dépourvus d'allumage ne peuvent fonctionner au GPL. Pour qu'un véhicule à essence puisse utiliser ce carburant, il faut lui ajouter quelques équipements (figure 8) [63].

1/ Limiteur de remplissage

Le limiteur permet d'assurer le remplissage du réservoir en GPL tout en limitant la quantité afin d'assurer la présence d'un ciel gazeux. Le limiteur arrête le remplissage lorsque le volume de GPL a atteint 80 % du volume du réservoir. L'inclinaison du limiteur est fondamentale du fait de son principe de fonctionnement, basé sur le déplacement d'un flotteur. Une mauvaise inclinaison peut nuire au remplissage. Le limiteur est donc apparié au type de réservoir [65].

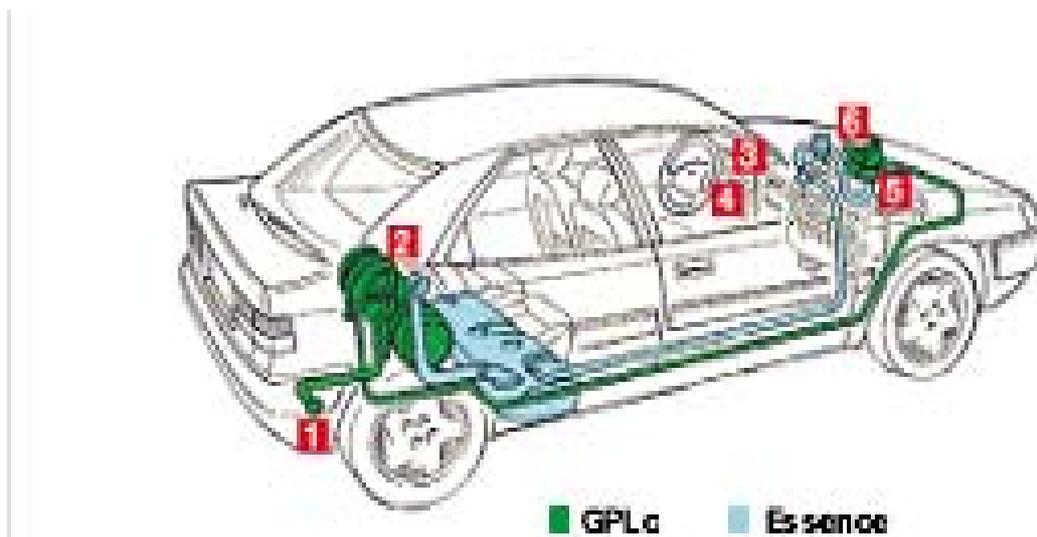


Figure 8. Fonctionnement d'un véhicule à bicarburant essence-GPL

2/ Le réservoir

Un réservoir de GPL, à la différence de son homologue à essence, est pressurisé. Il doit donc être muni d'un certain nombre de dispositifs de sécurité et ne peut avoir qu'une forme simple. Trois types de réservoirs sont utilisés actuellement :

- Les réservoirs cylindriques

- Les réservoirs toriques
- Les réservoirs multicorps

Ces réservoirs obéissent à un certain nombre de contraintes de sécurité.

Le remplissage est limité à 80 % du volume total. Ces réservoirs doivent être ré-évalués tous les 8 ans. L'autonomie d'un bus offerte par un réservoir de 3 x 180 litres de GPL est voisine de 400 km sur un parcours urbain [65].

3/ Commutateur carburants à deux positions

Il permet de passer du mode essence au mode GPL, en indiquant le type de carburant utilisé par un voyant (vert pour le GPL) [70].

4/ La jauge

La jauge indique au conducteur la quantité de GPL dans le réservoir. La liaison entre le réservoir et le cadran de la jauge s'effectue par un aimant, afin d'éviter une liaison mécanique propice aux fuites [65].

5/ Vapo-détendeur

Il transforme le GPL liquide en GPL gazeux en abaissant sa pression [70].

6/ L'électrovanne

Le rôle de l'électrovanne est d'isoler le GPL dans le réservoir, d'interdire la sortie du produit ou, en cas de rupture, d'en limiter le débit. Il fonctionne ainsi : lorsque le bobinage est alimenté, le noyau plongeur se soulève et permet la sortie du produit. Si l'électrovanne est bloquée ou rompue, le limiteur entre en fonction en ne permettant qu'un débit de fuite minimum. Si une augmentation de pression se crée dans la canalisation, l'électrovanne permet le retour dans le réservoir [65].

III.2.1.5. Avantages et inconvénients du GPL [63]

A. Avantages et inconvénients techniques

En raison de son pouvoir calorifique volumique inférieur à celui de l'essence, le GPL est à l'origine d'une surconsommation de l'ordre de 15 à 20%, toutefois contrebalancée par un coût à la pompe inférieur à tous les autres carburants. L'utilisation du GPL provoque une perte de puissance d'environ 8% à haut régime. Cependant, l'homogénéité du mélange air-GPL donne une meilleure régularité du couple moteur à bas régime. Le confort de conduite est sensiblement amélioré grâce à la souplesse du moteur et à la diminution du bruit et des vibrations. Contrairement aux carburants classiques, la combustion du GPL est totale, elle ne laisse ainsi aucun dépôt et procure au moteur une longévité accrue et un entretien théoriquement réduit [63].

Cependant, en cas de problèmes techniques, il est nécessaire de faire appel à des prestataires extérieurs, ce qui présente l'inconvénient d'augmenter les coûts d'entretien et d'immobiliser le véhicule pendant plusieurs jours.

B. Bilan environnemental

Le GPL est normalement l'un des carburants les moins polluants, il ne possède ni soufre, ni plomb, et ne rejette pas de particules. Par rapport au super sans plomb 95, le GPL permet une réduction des émissions [63] :

- d'oxyde d'azote (NO_x) de 15 à 40%
- d'oxyde de carbone (CO) de 20 à 60%
- de gaz carbonique (CO₂) de l'ordre de 10%
- d'hydrocarbures (HC) de 30 à 60%.

Aussi, une étude réalisée par une équipe de recherche en Slovénie a démontré la capacité du GPL à émettre moins de polluants nocifs par rapport à l'essence dans différents types de cycles de conduites. Les résultats obtenus ont été les suivant [71]:

- En cycle urbain :
 - d'oxyde d'azote (NO_x) de 41%
 - d'oxyde de carbone (CO) de 30%
 - de gaz carbonique (CO₂) de l'ordre de 10%
 - d'hydrocarbures (HC) de 30 %.
- En cycle routier-autoroutier :
 - d'oxyde d'azote (NO_x) de 77%
 - d'oxyde de carbone (CO) de 10%
 - de gaz carbonique (CO₂) de l'ordre de 11%
 - d'hydrocarbures (HC) de 51 %.

Les gains d'émissions dépendent sensiblement du type et de l'âge du véhicule et de la qualité de la conversion essence-GPL [63].

Il faut cependant noter que les véhicules diesel récents qui sont dotés d'un filtre de particules (diesel FDP) sont sur le plan environnemental, donc en termes d'émissions souvent meilleurs que la bicarburation essence-GPL.

Chapitre IV

Mesure des émissions unitaires

IV.1. Méthodes de mesure des émissions automobiles

L'étude des émissions automobiles consiste à mesurer les émissions unitaires qui représentent la quantité de polluant émis à l'échappement par unité de kilomètres parcourus. La méthode de mesure des émissions nécessite, d'une part un système de prélèvement des gaz d'émission, et d'autre part la connaissance de la cinématique du trajet parcouru c'est-à-dire le cycle de conduite.

IV.1.1. Cinématique et cycles de conduite

Dans l'étude des émissions automobiles et l'élaboration d'un inventaire des émissions, on essaie de se rapprocher des conditions réelles de circulation en reproduisant la cinématique de conduite (vitesse, accélération, temps d'arrêts,...) sur un circuit identifié et représentatif. A cet effet des cycles de conduite réglementaires ont été construits. Toutefois ces cycles n'ont pas vocation à décrire l'ensemble des conditions d'utilisation des véhicules.

De ce fait, ces cycles sont nécessairement courts et simplifiés, compte tenu de leur objectif de reproductibilité et de fiabilité élevée des résultats, pour des tests de type "contrôle ou mesure par rapport à des valeurs limites" [72].

Nous décrivons, à titre d'exemple, dans ce qui suit le cycle européen et le cycle américain qui sont les plus répandus. Normalement, dans l'étude de l'inventaire des émissions, chaque pays doit élaborer son propre cycle de conduite.

A. Cycle européen NEDC urbain et extra-urbain

Les cycles européens ECE15 et son extension extra-urbaine EUDC se caractérisent par un profil en segments de droite limitant de ce fait la description des transitoires (Figure 9). L'ensemble appelé NEDC (New European Driving Cycle) est actuellement utilisé en Europe et dans certains pays asiatiques. Ce cycle NEDC se compose de 4 km de circulation urbaine (à 18,7 km/h de moyenne) et de 7 km en extra (à 62,6 km/h de moyenne) [61]. Cette procédure est l'objet de révisions en vue d'intégrer des conditions d'accélération fortes et de vitesses élevées mal décrites par le cycle actuel [73].

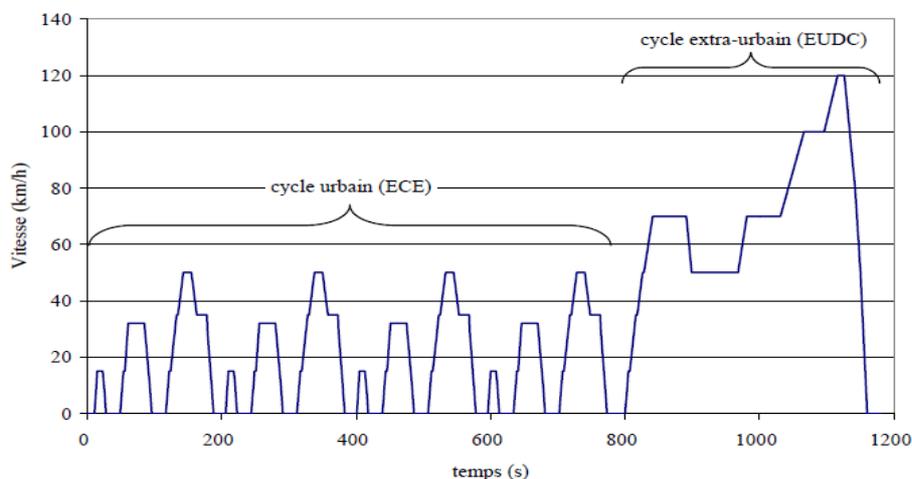


Figure 9. Cycle européen NEDC urbain et extra-urbain (véhicules légers, sur banc à rouleaux)

B. Cycles américains FTP72, FTP75 et Highway

Le cycle FTP75 (pour Federal Test Procedure, ou UDDS pour Urban Dynamometer Driving Schedule) est utilisé aux États-Unis ainsi que dans de nombreux pays d'Amérique latine, en Corée du sud, Israël, Taiwan, etc. pour contrôler les émissions des véhicules légers. Ce cycle, construit sur la base d'un itinéraire étudié à Los Angeles en 1972, simule un parcours urbain de 18 km à 34 km/h de moyenne (vitesse maximale de 91 km/h). Les arrêts représentent 20% de la durée. Il se compose d'une phase 1 (FTP72-1) avec démarrage moteur froid après repos du véhicule une nuit entière à 20°C, d'une phase 2 enchaînée à la première (FTP72-2), et d'une phase 3, répétition de la phase 1 et effectuée 10 mn après les phases 2 (Figure 10). Les prélèvements des gaz d'échappement sont effectués par phase, et assortis de coefficients de pondération (respectivement 0,43, 1, et 0,57 pour rendre compte d'une moyenne de 4,7 démarrages par jour) [74].

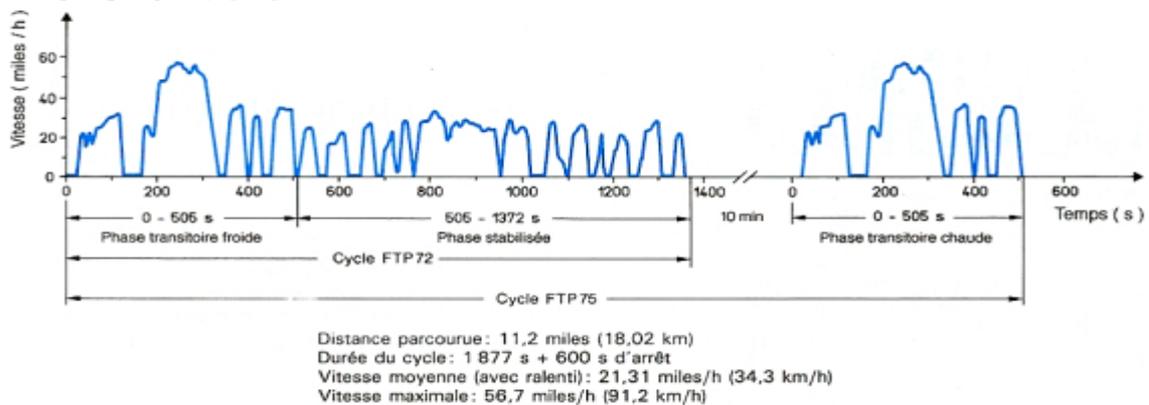


Figure 10. Cycles américains FTP 75 (urbain) pour véhicules légers sur banc à rouleaux.

Le cycle "US Highway" (Highway Fuel Economy Test, ou HFET) est un parcours interurbain de 16,4 km (vitesse moyenne : 77 km/h, maximale: 96,4 km/h), parcouru deux fois, la mesure étant effectuée au cours du second parcours. Il a été construit initialement pour la mesure de la consommation (Figure 11).

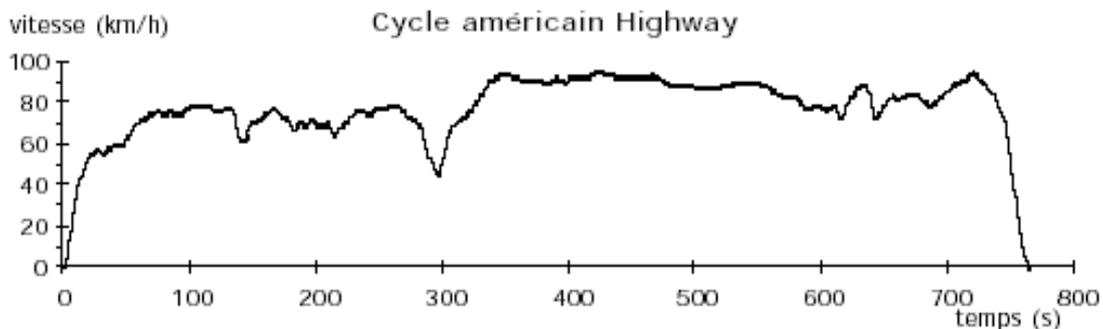


Figure 11. Cycles américains FTP 75 (autoroutier) pour véhicules légers sur banc à rouleaux.

IV.1.2. Technique de prélèvement à l'échappement des polluants

Pour le prélèvement, la méthode classique et réglementaire la plus utilisée est le Constant Volume Sampling (CVS). Le véhicule est mis sur banc à rouleaux et on reproduit au laboratoire les conditions de fonctionnement moyennant un cycle de conduite défini au préalable et qui est

représentatif des situations réelles de circulation ou normalisées. Le banc à rouleaux reproduit la charge et l'inertie du véhicule lors de son fonctionnement sur route [41]. Les gaz d'échappement sont prélevés à volume constant (CVS), collectés et analysés [31].

Un ensemble de pompes permet pendant tout l'essai de collecter en continu dans des sacs en matériau plastique fluorocarboné (sacs Tedlar) des fractions constantes du gaz d'échappement d'une part et de l'air de dilution d'autre part et de cumuler ainsi les émissions sur la durée de la séquence.

Une autre technique de prélèvement utilise le mini CVS qui est un système de mesure similaire au système CVS, mais réduit et simplifié. Son avantage est qu'il permet de mesurer directement les émissions d'un véhicule en circulation. On obtient les données d'émissions polluantes d'un véhicule en des lieux dont les conditions spécifiques sont difficilement reproductibles au laboratoire, il élimine ainsi les problèmes et les incertitudes posés par la reproduction des conditions réelles de conduite aux laboratoires 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. Dans sa thèse, M. Boughedaoui [31] a montré que le mini CVS est très indiqué pour les pays ne possédant pas l'installation très coûteuse des CVS.

Ce système de prélèvement est embarqué à bord du véhicule et est relié au pot d'échappement. Les gaz d'échappement émis passent dans un embout sous forme de cône attaché au pot d'échappement. Les gaz d'échappement sont collectés et sont mélangés à un volume complémentaire d'air ambiant filtré afin d'obtenir un débit d'air gaz constant. Les échantillons de gaz dilués et d'air de dilution sont ensuite analysés de manière classique en laboratoire. [75] La figure 12 illustre schématiquement la méthode de prélèvement mini CVS de gaz d'échappement en vue de leur analyse.

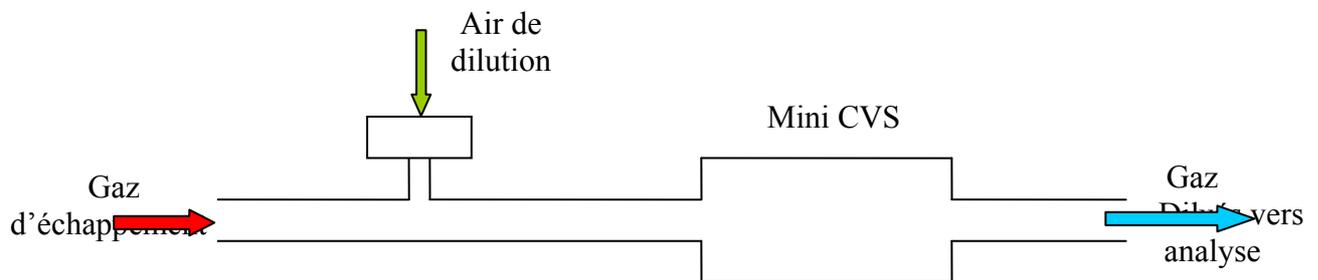


Figure 12. Schéma représentant le dispositif nécessaire au prélèvement des gaz d'échappement

IV.1.3. Méthodes d'analyse des polluants

A. Mesure du CO et CO₂ par spectroscopie d'absorption infrarouge

Les molécules de CO et CO₂ absorbent le rayonnement infrarouge (IR) en transformant l'énergie lumineuse reçue en énergie de vibration-rotation de molécules, détectables sous forme de chaleur. Pour les gaz de combustion et en particulier les échappements automobiles, on utilise des analyseurs sans dispersion spectrale, appelés NDIR, convenant mieux aux contrôles industriels. Au lieu de décomposer le rayonnement à l'aide d'un monochromateur (prisme ou réseau), les appareils NDIR prennent en compte l'absorption totale sur un certain intervalle de longueur d'onde [42].

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, délimitées par des fenêtres transparentes au rayonnement infrarouge contenant le même gaz que le gaz à analyser. La figure 13 illustre le principe de mesure de CO et CO₂ par NDIR.

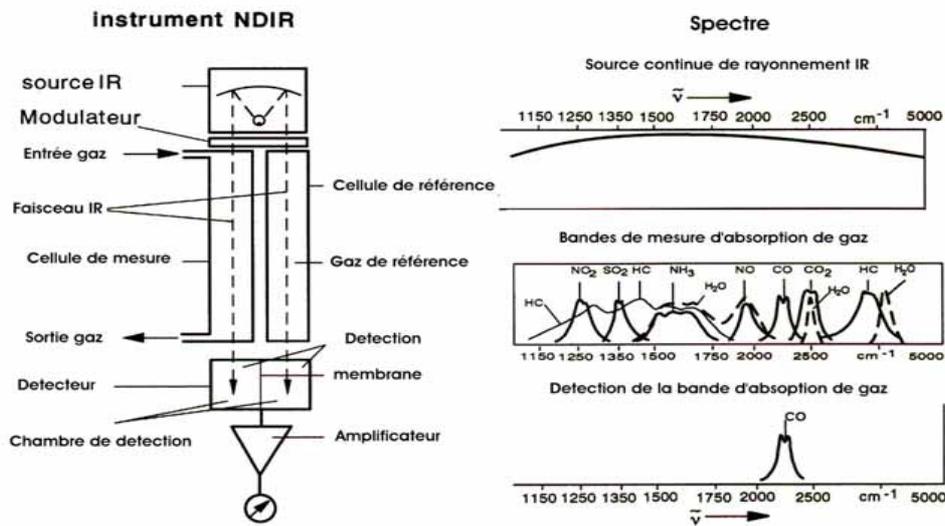


Figure 13. Schéma de mesure de gaz par NDIR [42]

B. Mesure des hydrocarbures totaux (HC)

Les hydrocarbures sont en général mesurés par la technique de détection d'ionisation de flamme (FID). Le principe de mesure par FID consiste en l'ionisation des molécules d'hydrocarbures dans une flamme d'hydrogène ou 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 brûleur 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 est voisine de la teneur en oxygène du gaz à analyser. L'hydrogène est utilisé comme gaz combustible. Les figures 14 a et b illustrent le principe de mesure des HC par FID [42].

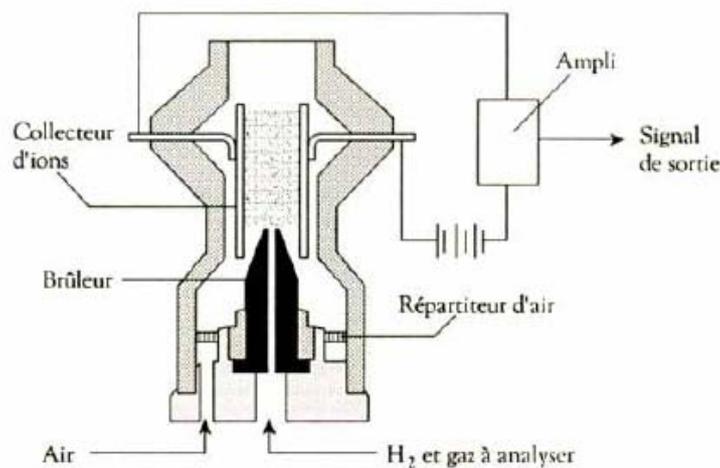


Figure 14 a : Schéma du four dans un système FID

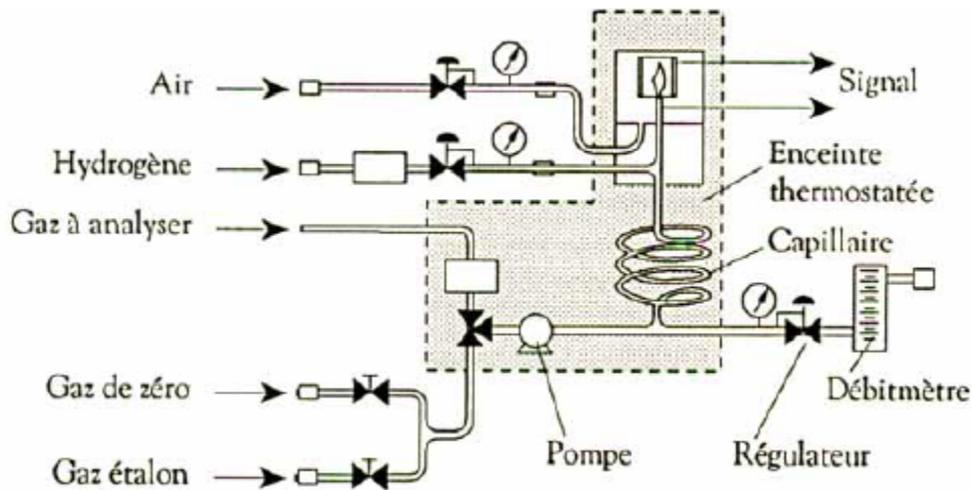


Figure 14 b : Principe de mesure FID

IV.1.4. Les normes d'émissions

A. Les normes européennes

En Europe, les normes d'émissions Euro fixent les limites maximales de rejets de polluants pour les véhicules neufs sortant d'usine. Leur objectif est de limiter la pollution atmosphérique due aux activités de transport.

Pour la vérification de la conformité à la norme, les émissions de polluants sont mesurées sur le cycle de conduite normalisé NEDC (New European Driving Cycle) qui dure 20 minutes. Il comprend une première phase de conduite typée "ville" suivi d'une phase de conduite plus rapide typée "route". Les successives normes Euro sont résumées dans le tableau 10 [76]

Tableau IV.10. Limites d'émissions UE pour les véhicules particuliers (g/km) [76]

| Norme | Euro 1 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | Euro 5 | Euro 6 ^[2] |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------|-----------------------|
| Oxydes d'azote (NOx) | - | - | 0,15 | 0,08 | 0,06 | 0,06 |
| Monoxyde de carbone (CO) | 2,720 | 2,200 | 2,200 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Hydrocarbures totaux (HC) | - | - | 0,200 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Particules (PM) | - | - | - | - | 0,005 ^(*) | 0,005 ^(*) |
| Hydrocarbures non méthanique (HCNM) | - | - | - | - | 0,068 | 0,068 |

Euro 1 : véhicules mis en service après 1993 ; Euro 2 : véhicules mis en service après 1996 ;
 Euro 3 : véhicules mis en service après 2000 ; Euro 4 : véhicules mis en service après 2005 ;
 Euro 5 : après septembre 2009 pour la réception et janvier 2011 pour l'immatriculation de véhicules neufs ;
 Euro 6 : après septembre 2014 pour la réception et septembre 2015 pour l'immatriculation de véhicules neufs.
 Véhicules à moteur essence ou fonctionnant au GPL ou au GNV

(*) Uniquement pour les voitures à essence à injection directe fonctionnant en mélange pauvre (combustion stratifiée)

On constate que les normes algériennes sont en décalage par rapport aux normes européennes de 10 ans, en effet actuellement un véhicule neuf en Algérie est en conformité avec la réglementation lorsqu'il remplit les normes Euro 3 de l'année 2000.

B. Les normes algériennes

Les normes algériennes préconisent pour les VP des seuils limites d'émissions des polluants selon le type de carburant utilisé. Ces normes ne précisent pas comment et sur quel type de cycle de conduite, les seuils limites proposés doivent être vérifiés. Nous illustrons en tableau 11 les valeurs-seuils édictées par la réglementation [77].

Tableau IV.11. Limites d'émissions des véhicules particuliers en Algérie [77]

| Catégorie des véhicules automobiles | Emissions massiques (g/km) | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------|------------|
| | Oxyde de carbone CO | Hydrocarbures totaux HC | Oxyde d'azote NOx | Particules |
| Véhicules particuliers : | | | | |
| - Essence-GPL-GNV | 2,3 | 0,2 | 0,15 | / |
| -Diesel | 1 | / | 0,5 | 0.05 |

Les normes algériennes d'émissions fixent aussi les limites maximales des rejets du CO lors du contrôle technique périodique des véhicules [77].

Pour les véhicules à moteur essence la teneur en CO est réglementée comme suit :

- Pour les véhicules mis pour la première fois en circulation jusqu'à octobre 1986, le taux CO au ralenti doit être inférieur à 4,5 % du volume des gaz d'échappement.
- Pour les véhicules immatriculés depuis le 1^{er} octobre 1986, ce taux doit être inférieur à 3,5 % du volume des gaz d'échappement
- Pour les véhicules équipés de pot catalytique, la teneur en CO ne peut excéder 0,5 % du volume des gaz d'échappement au ralenti et 0,3 % du volume des gaz d'échappement au ralenti accéléré.

Chapitre V

Méthodologie expérimentale

V.1. Mesure des gaz d'échappement au ralenti lors du contrôle technique

La mesure des polluants des gaz d'échappement au ralenti, moteur à chaud a été réalisée au niveau d'un centre de contrôle technique « la SARL Nesrine » sis rue de la Palestine n° 119, BLIDA pendant une période de 15 mois (de janvier 2008 à Mars 2009) sur un échantillon de 800 véhicules légers roulant à l'essence dont l'âge varie de 1 à 30 ans (année d'immatriculation de 1980 à 2008).

Les polluants mesurés sont le CO, les HC ainsi que le CO₂. L'analyse est effectuée sur un analyseur de gaz ULTIMA 600 qui permet de mesurer les composants des gaz d'échappement provenant des véhicules à allumage commandé [78].

V.1.1. Description de l'appareil de mesure

L'analyseur de gaz type ULTIMA 600 (figure 15) est constitué d'un coffret comportant un afficheur graphique multilignes à cristaux liquides permettant de visualiser les différents résultats de mesurage, les messages d'aide à la manipulation et les messages d'alerte.

Un clavier de six touches sur la face avant permet de valider les choix de l'opérateur.

Les résultats de mesurage sont imprimés au moyen de l'imprimante intégrée à l'analyseur de gaz [79].



Figure 15 . Analyseur de gaz ULTIMA 600

Il se compose de :

- une sonde de prélèvement des gaz dans le tuyau d'échappement du véhicule, associée à un tube souple d'amenée des gaz, d'une longueur maximale de 7 m,
- un ensemble de filtres d'entrée et un séparateur d'eau,
- une pompe à eau et à gaz,
- deux cellules de mesure.

V.1.2.Principe de mesure

L'analyseur de gaz utilise le phénomène d'absorption d'un faisceau de radiations infrarouges non dispersé, selon la loi de Beer-Lamber, pour la mesure des titres volumiques en monoxyde de carbone (CO), en dioxyde de carbone (CO₂) et en hydrocarbures imbrûlés (HC) :

$$I = I_0 \exp (-KT)$$

Avec:

I : signal délivré par le détecteur en présence du gaz à mesurer,

I₀ : signal délivré par le détecteur en présence du gaz zéro,

K : constante ne dépendant que de la longueur de la chambre de mesure et de la longueur d'onde du rayonnement,

T : titre volumique du gaz à mesurer.

La cellule d'analyse des gaz comporte trois sources lumineuses émettant un rayonnement infrarouge qui traverse les chambres par lesquelles circule le gaz à mesurer.

La sélection des longueurs d'onde caractéristiques du CO, CO₂ et HC est obtenue par l'utilisation de filtres optiques [79].

Trois détecteurs placés derrière les filtres optiques délivrent un signal modulé en amplitude en fonction du signal lumineux après absorption par le gaz.

Un quatrième filtre transparent pour les longueurs d'onde absorbées par les gaz mesurés, provoque un signal de référence. Ce signal permet de mettre en évidence les variations dues à une éventuelle dérive des caractéristiques de la chambre de mesure.

V.1.3.Méthode de mesure

La mesure est réalisée comme suit :

- Chauffage du moteur selon les spécifications du constructeur ou à 3000 tr/min pendant 30 secondes puis retour à la fréquence de rotation au régime de ralenti (accélération non actionnée) ;
- Introduction de la sonde de prélèvement dans la ligne de l'échappement ou dans l'extension de la ligne d'échappement d'au moins 300 mm ;
- Mesure pendant une durée de 1 min ;
- Impression des valeurs obtenues (figure 16).

```

      JOHNSON
    CONTROLS

      ULTIMA
    ANALYSEUR DE GAZ
    #logiciel gaz: 02.10

    03/04/2009      09:22

      N° : 0000000228

    Vehicule :.....
    Immat.   :
    AD      :.....

    Controle vehicule avant
    le 01/10/86 non catalysé
    Valeur limite:
    CO=4,5 %vol

    -----
    %vol CO      :2,01
    %vol COcorr  :2,01
    %vol CO2   :14,9
    %vol O2    :0,63
    ppm vol HC:0224

    -----
    RESULTAT ACCEPTABLE
  
```

Figure 16. Exemple d'un ticket d'enregistrement des mesures

La teneur en HC est donnée en ppm et celle du CO et du CO₂ en pourcentage volumique des gaz d'échappement. Pour prendre en compte la dilution des gaz d'échappement par l'air ambiant au cours du prélèvement [80], on calcule la concentration en CO corrigée, à comparer avec les limites réglementaires, et qui est donnée par la formule :

$$C_{CO \text{ corrigé}} = C_{CO} (15 / C_{CO} + C_{CO_2}) \text{ (en \% volumique)}$$

Dans le cas où $C_{CO} + C_{CO_2} < 15\%$

V.2. Mesure des émissions unitaires en circulation réelle

V.2.1 Circuits empruntés - Cycles de conduite de Blida

Nous avons effectués les prélèvements des gaz d'échappement en circulation réelle (mesure en embarquée) sur des circuits simulant des parcours urbain, routier et autoroutier situés dans la ville de Blida et sa périphérie. Ces circuits ont été choisis, testés et étudiés dans les détails par MM. M. Boughedaoui et S. Chikhi, chercheurs du laboratoire LSTE. Ils ont élaborés des cycles de conduites qui peuvent être considérés comme étant assez représentatifs des grandes villes algériennes. Nous reproduisons ci-après dans les grandes lignes, leurs caractéristiques [31, 81].

Circuit urbain :

Il simule une circulation urbaine après démarrage du moteur à partir de 30°C et un ralenti de 20s, le parcours de 3,2 km est effectué à une vitesse moyenne de 16,74 km/h pendant 651 s (figure 17)

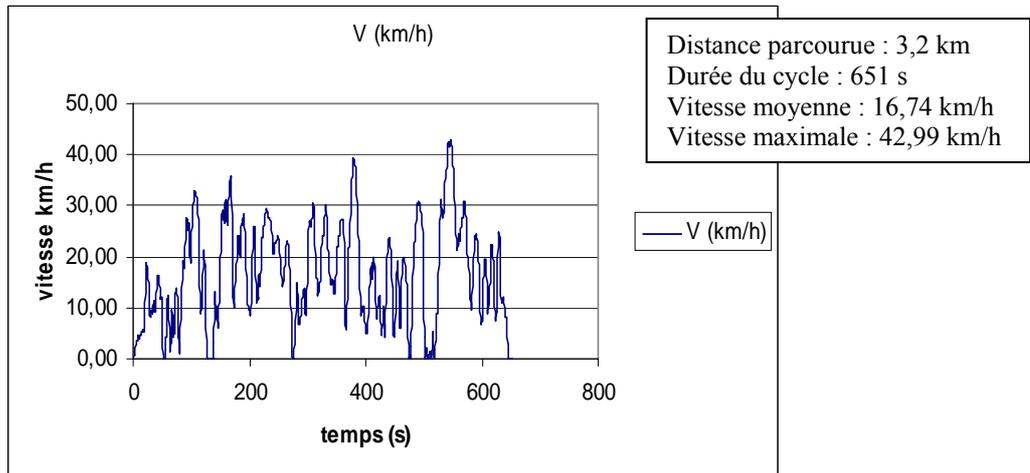


Figure 17. Cycle urbain de la ville de blida

Circuit routier :

Il simule une circulation routière après démarrage du moteur à partir de 36°C et un ralenti de 13s, le parcours de 5,7 km est effectué à une vitesse moyenne de 26,37 km/h pendant 794 s (figure 18).

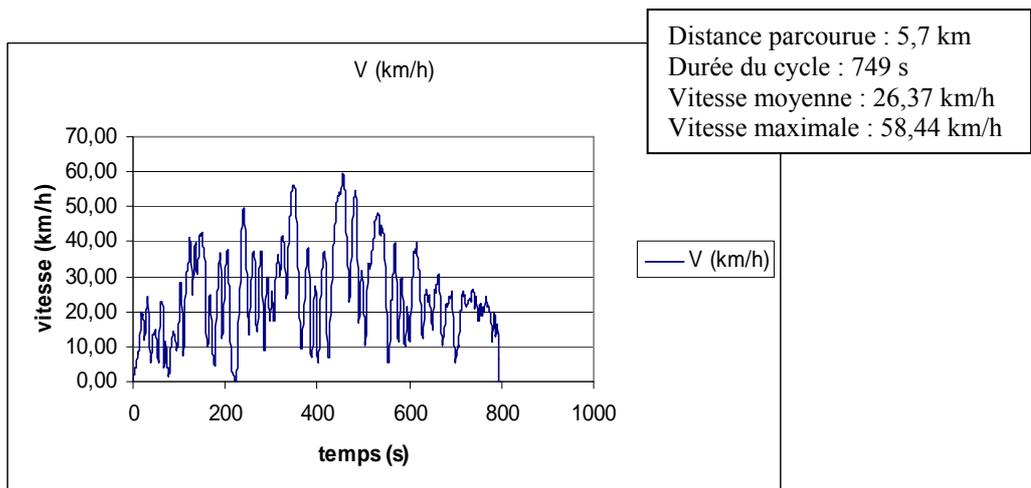


Figure 18. Cycle routier

Circuit auto routier :

Il simule une circulation auto routière après démarrage du moteur à partir de 39,3°C et un ralenti de 13s, le parcours de 11,3 km est effectué à une vitesse moyenne de 61,55 km/h pendant 633 s (figure 19)

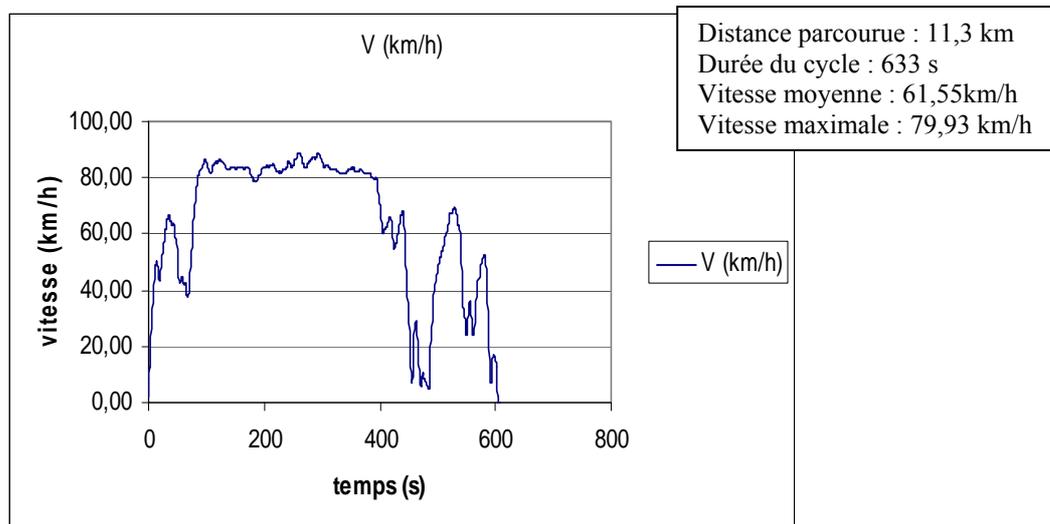


Figure 19. Cycle autoroutier

On constate ainsi que les trois cycles se caractérisent par des vitesses distinctes et des différences notables dans les temps d'arrêt (Stop, freinage, dos d'âne, congestions, etc.)

V.2.2 Enregistrement de la cinématique

Pour les mesures que nous avons effectuées, un cinémomètre 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 la 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.

V.2.3 Mode de prélèvement et d'analyse des gaz d'échappement

Pour le prélèvement des gaz d'échappement sur véhicule roulant normalement dans le flux de la circulation, nous avons utilisé le mini CVS décrit et utilisé par M. Boughedaoui [31]. Ce 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 tubes identiques dont un seul est utilisé pour prélever une fraction connue de l'échappement. Les gaz d'échappement sont collectés 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.

Un ensemble de huit pompes permet de collecter en continu dans des sacs en plastique de marque Tedlar d'une capacité de 70 litres des fractions constantes du gaz d'échappement d'une part et de l'air de dilution d'autre part. Le contenu de ces sacs est ensuite analysé au laboratoire.

L'analyse du CO et du CO₂ est effectuée avec un appareil ND-IR (IR non dispersif) 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 30l/h. Le zéro de l'appareil est réglé avec l'air reconstitué d'une pureté de 99,95%.

L'appareil est étalonné au début mesure avec des gaz étalons d'Air Liquide. La teneur de CO est de 1,03% avec une incertitude absolue de 0,02% dans la gamme haute teneur et avec un gaz étalon de 140ppm pour la basse teneur. La teneur du gaz étalon du CO₂ est de 1,48% avec une incertitude absolue de 0,03% [31].

L'analyse des HC 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 (CH₄) de teneur de 1009 ppm avec une incertitude absolue de 20ppm 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 0.04ppm. Les gammes de mesure utilisées sont de 1000 ppm et 100 ppm [31].

La méthode de calcul des émissions unitaires à partir des valeurs mesurées et la correction en fonction de la température et de la pression est donnée en Annexe n°2.

Le véhicule utilisé est une RENAULT Mégane 2003 à bicarburation essence - GPLc équipé d'un pot catalytique. Lors des mesures, ce véhicule affichait un kilométrage de 167388 km. De part son année de fabrication, ce véhicule est censé avoir des émissions respectant la norme EURO3[82] qui est proche de la norme algérienne, du moins en ce qui concerne le CO.

Les essais ont été réalisés dans la ville de Blida en juin 2009 sur différents types de circuit. Le circuit urbain d'une longueur de 3,2 km a été choisi de telle manière à représenter les artères et les rues de la ville de Blida les plus fréquentées. Les circuits routier et autoroutier sont respectivement d'une longueur de 5,7 km et 11,3 km.

Nous présentons en figures 20 à 22 les photos illustrant le montage expérimental de prélèvement et de mesure.



Figure 20. Photo véhicule Mégane équipé du Mini CVS (arrière du véhicule) et du cinémomètre (porte avant droite)



Figure 21. Système de pompage d'air sur banquette arrière du véhicule

(a)



(b)



Figure 22. Photos des analyseurs CO/CO₂ (a) et HC (b)

Chapitre VI

Résultats et Discussions

VI.1. Etude des émissions issues des véhicules avec moteur au ralenti

Les résultats de mesure obtenus (sans tenir compte des valeurs trop extrêmes des émissions de nos échantillons) sont illustrés en figure 23, 24 et 25 respectivement pour le CO, CO₂ et les HC. Le tableau 12 résume les teneurs moyennes et les teneurs extrêmes.

Tableau VI.12. Teneurs moyennes et extrêmes des polluants mesurés

| Paramètres | CO (%) | CO ₂ (%) | HC (ppm) |
|------------|--------|---------------------|----------|
| Minimum | n.d. | 2,6 | n.d. |
| Moyenne | 1,26 | 11,47 | 321 |
| Maximum | 4,49 | 15,8 | 2820 |
| Ecart-type | 1,28 | 2,37 | 383,56 |

n.d. : faible teneur non décelable par l'appareil utilisé

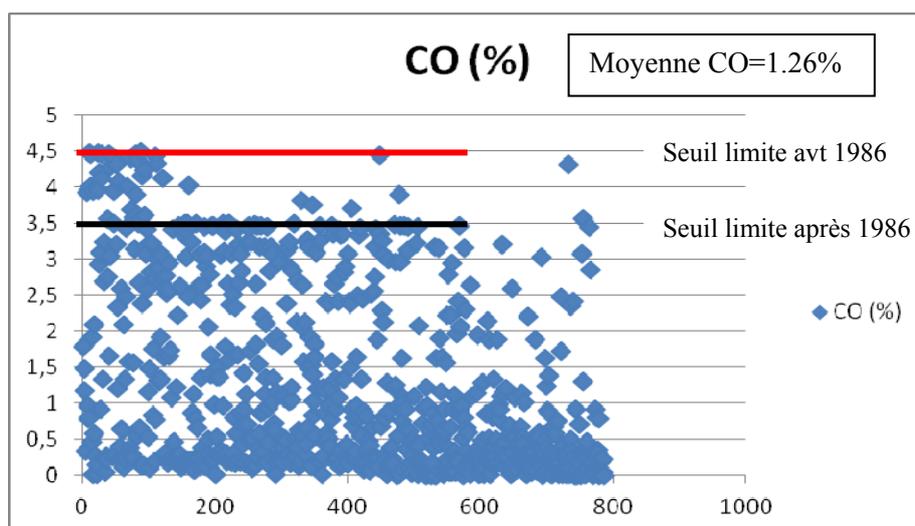


Figure 23. Teneurs en CO mesurées au ralenti

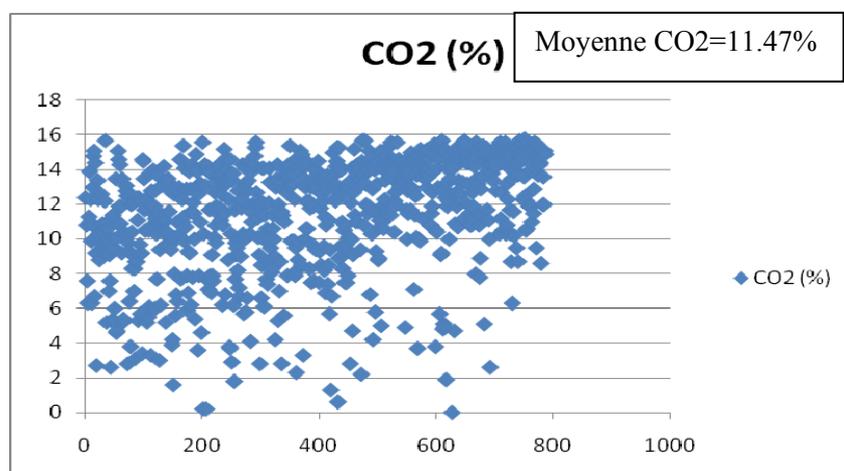


Figure 24. Teneurs en CO₂ mesurées au ralenti

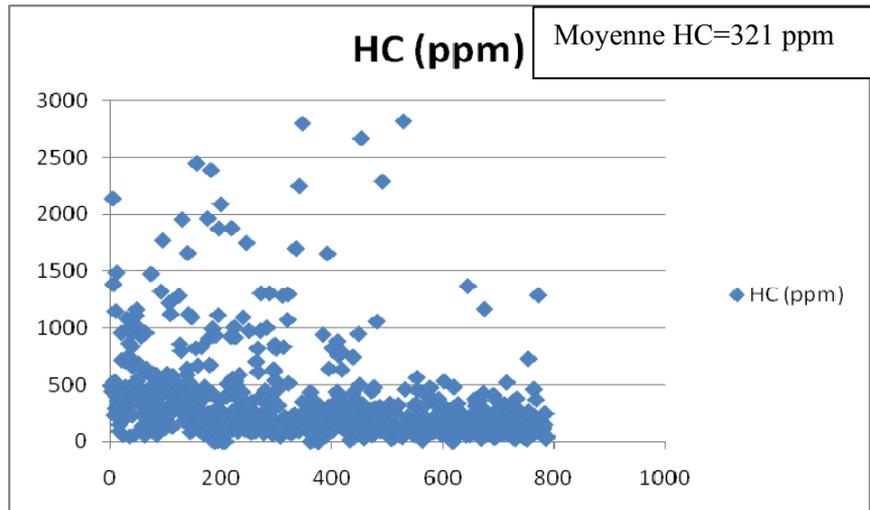


Figure 25. Teneurs en HC mesurées au ralenti

Ces résultats montrent qu'il y a une très forte dispersion dans les teneurs mesurées, dispersion qui est liée à la diversité des marques, des types et de l'âge des véhicules testés. Le CO qui s'élève en moyenne à 1,26%, varie de 0 (faible teneur non décelable par l'appareil) à des valeurs extrêmes de 4,49%. Les HC varient dans un intervalle allant de 0 ppm (faible teneur non décelable par l'appareil à 2820 ppm et le CO₂ s'élève en moyenne à 11,47 %.

Comme le CO et les HC proviennent tout deux de la combustion incomplète, il est intéressant d'examiner l'évolution de l'un en fonction de l'autre. La figure 26 illustre pour l'ensemble des véhicules la variation du CO en fonction des HC.

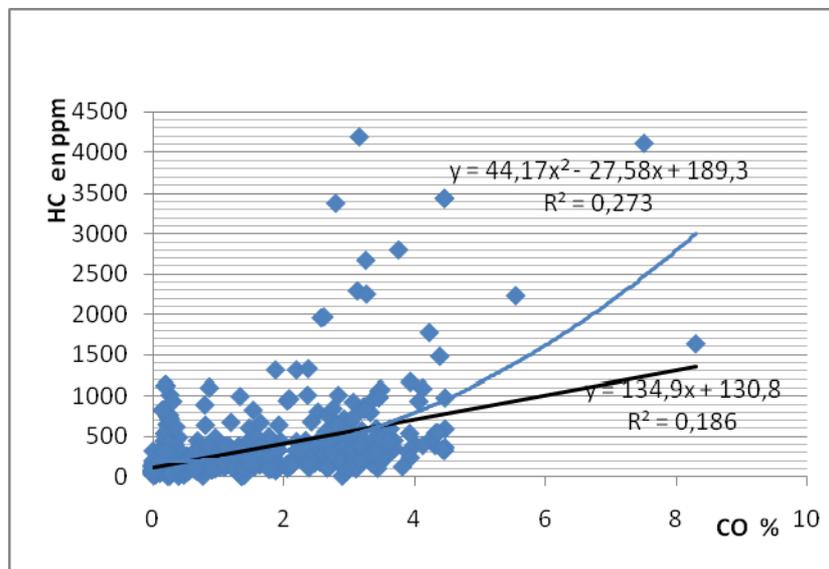


Figure26. Evolution des HC en fonction du CO pour l'ensemble des véhicules contrôlés

On constate que le CO croit avec les HC, mais la corrélation obtenue (linéaire ou polynômiale) n'est pas significative.

Comme la diversité des véhicules, surtout dans leur âge, est très grande, il est préférable de les classer par âge et d'étudier cette évolution en fonction de l'année de première mise en circulation. Les figures 27, 28, 29 et 30 illustrent les évolutions ainsi obtenues respectivement pour les moyennes de CO, de CO₂, des HC et du rapport CO/CO₂.

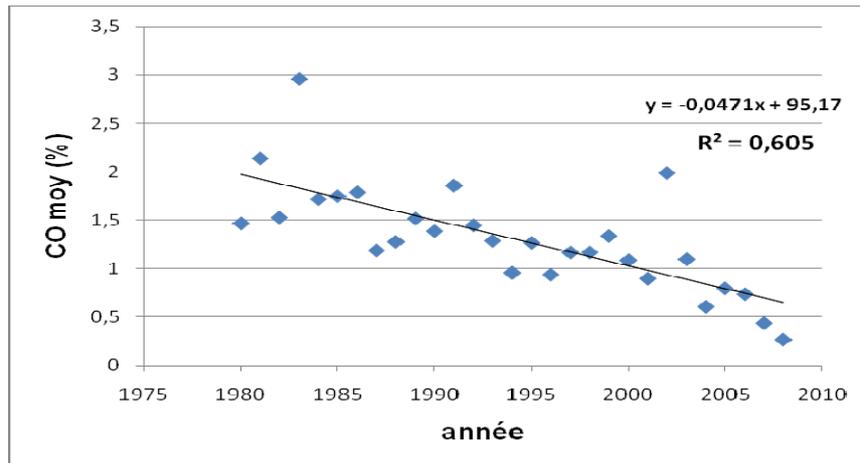


Figure 27. Evolution du taux de CO émis selon l'année de mise en circulation

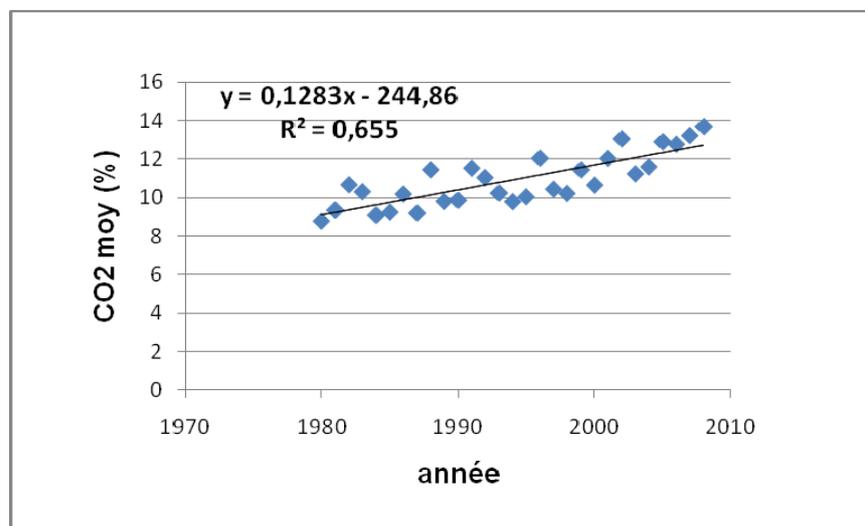


Figure 28. Evolution du taux de CO2 émis selon l'année de mise en circulation

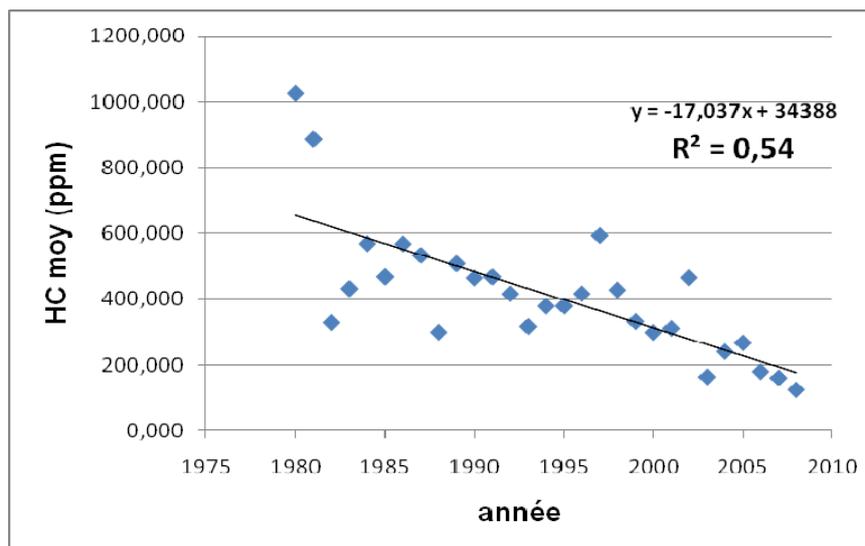


Figure 29. Evolution des teneurs en HC émis selon l'année de mise en circulation

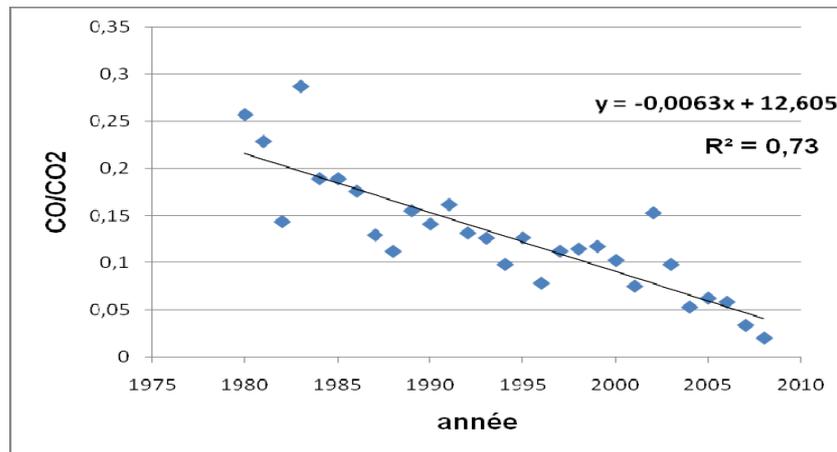


Figure 30. Evolution du rapport moyen CO/CO2 en fonction de l'année de mise en circulation des véhicules

Le regroupement des véhicules contrôlés par année de mise en circulation c'est-à-dire par âge, donne pour tous les polluants étudiés des corrélations assez significatives. Le CO et les hydrocarbures augmentent avec l'âge des véhicules et inversement le CO2 diminue avec l'âge. Le rapport CO/CO2, qui est un bon indicateur de la qualité de la combustion et de la maintenance du véhicule, varie entre 0,03 et 0,29. Un rapport faible indique un bon état du moteur, c'est naturellement dans les véhicules les plus récents qu'on a le rapport le plus faible. L'étude montre toutefois qu'un véhicule de 1992 peut avoir par exemple le même rapport que celui de l'année 2000. On voit donc clairement l'importance de la maintenance et d'un contrôle technique performant et régulier sur les niveaux de pollution émis.

Les corrélations obtenues ne sont pas toujours linéaires. Parfois, ce sont des fonctions exponentielle ou polynômiale qui donnent le meilleur facteur de corrélation.

La figure 31 qui illustre l'évolution du CO moyen en fonction des HC moyens par âge des véhicules, montre que la fonction puissance représente le mieux cette évolution. L'exposant puissance étant inférieur à l'unité, cela signifie que les HC augmentent plus rapidement que le CO lorsque l'âge des véhicules augmente.

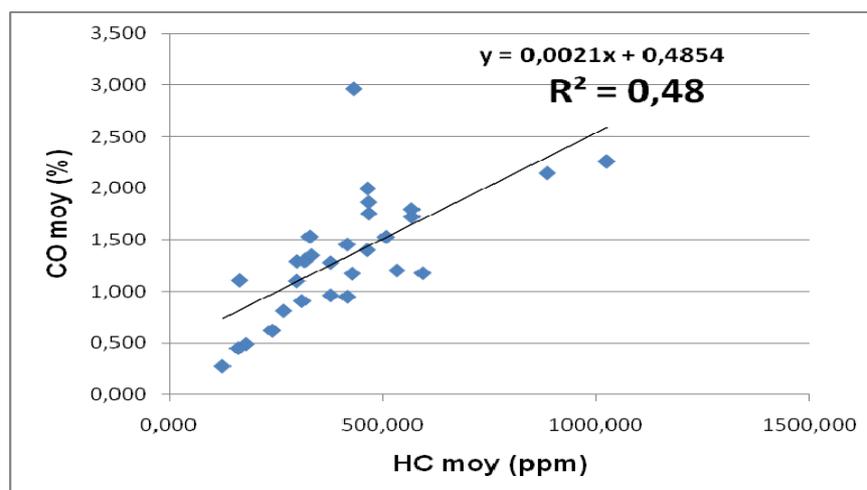


Figure 31. Evolution des teneurs en CO en fonction des HC émis

VI.1.1. Etude des émissions par tranche d'âge des véhicules

Afin d'avoir une meilleure visibilité et pour tenir compte des normes qui changent en général tout les quatre ou cinq ans, nous avons tenu aussi à exploiter nos résultats par tranche d'âge de cinq ans. Le tableau 13 résume les émissions unitaires moyennes ainsi obtenues. Les figures 32, 33 et 34 illustrent respectivement l'évolution des trois polluants CO, CO₂ et HC en fonction de ces tranches d'âge.

Tableau VI.13. Evolution des émissions au ralenti en fonction de l'âge des véhicules

| Tranches d'âge | nombre d'échantillons | CO (% vol) | CO ₂ (% vol) | HC (ppm) |
|----------------|-----------------------|------------|-------------------------|----------|
| 1980-1985 | 90 | 2,18 | 9,73 | 517,95 |
| 1986-1990 | 130 | 1,70 | 10,25 | 494,23 |
| 1991-1995 | 60 | 1,55 | 10,64 | 369,05 |
| 1996-2000 | 173 | 1,39 | 10,99 | 318,92 |
| 2001-2005 | 111 | 0,98 | 12,57 | 223,52 |
| après 2005 | 215 | 0,57 | 12,98 | 175,62 |

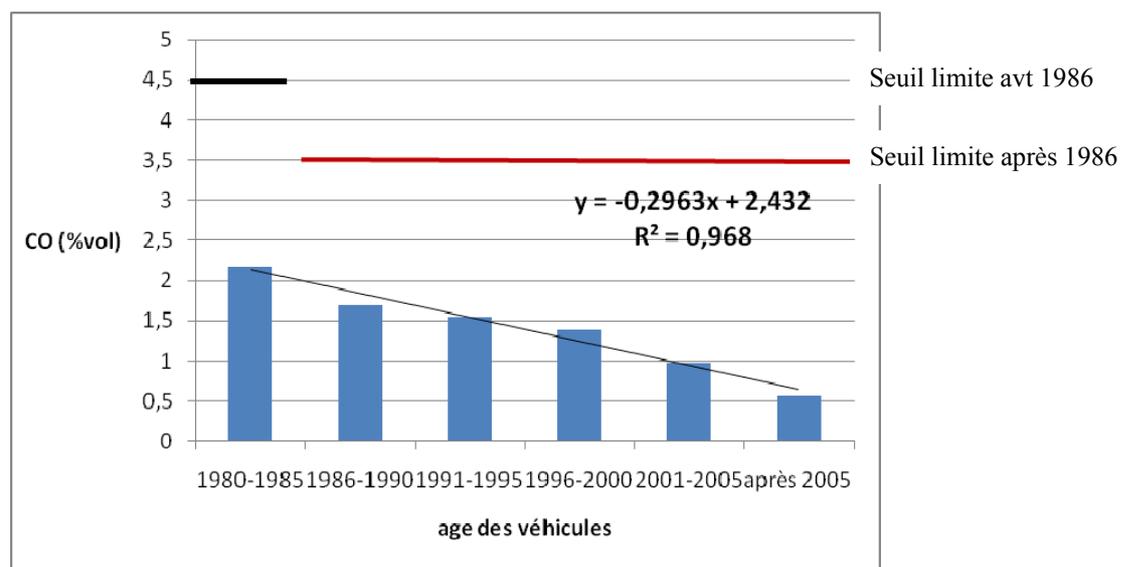


Figure 32. Evolution des émissions du CO en fonction de l'âge de véhicules

On constate une nette diminution des émissions de CO selon les tranches d'âge des véhicules. En effet, plus les véhicules sont récents plus les taux d'émissions de CO diminuent. La décroissance linéaire est d'environ 0,1% par an. Ceci est dû essentiellement aux progrès technologiques faits par les constructeurs automobiles en matière de combustion, de l'optimisation de la richesse du mélange par le système d'injection des carburants, du contrôle du taux d'oxygène nécessaire au fonctionnement du pot catalytique et de la consommation.

La comparaison du taux d'émission de CO par rapport à la norme algérienne (4,5 % pour une mise en circulation avant 1986 et 3,5 % après [77]) montre, qu'en moyenne arithmétique, les véhicules contrôlés respectent la réglementation algérienne en matière d'émissions de CO en régime ralenti. Si on considère toutefois les émissions de chaque véhicule individuellement, on note qu'environ 3% des véhicules d'avant 1986 et 2% d'après 1986 dépassent les normes autorisées par le pays.

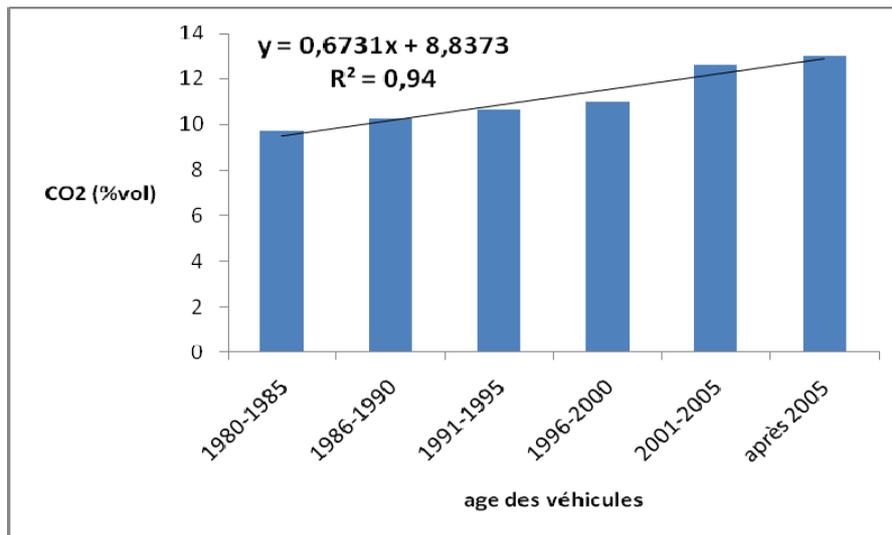


Figure 33. Evolution des émissions du CO₂ en fonction de l'âge de véhicules

La diminution du taux de CO implique une augmentation du taux de CO₂ (Figure 33). Ce dernier croit linéairement de 10 à 14% en fonction de l'âge des véhicules du plus ancien au plus récent, ceci est dû à la différence de la puissance entre véhicules et aussi à la bonne combustion dans les moteurs neufs au ralenti, ceci confirme que les véhicules neufs sont moins polluants que les véhicules anciens.

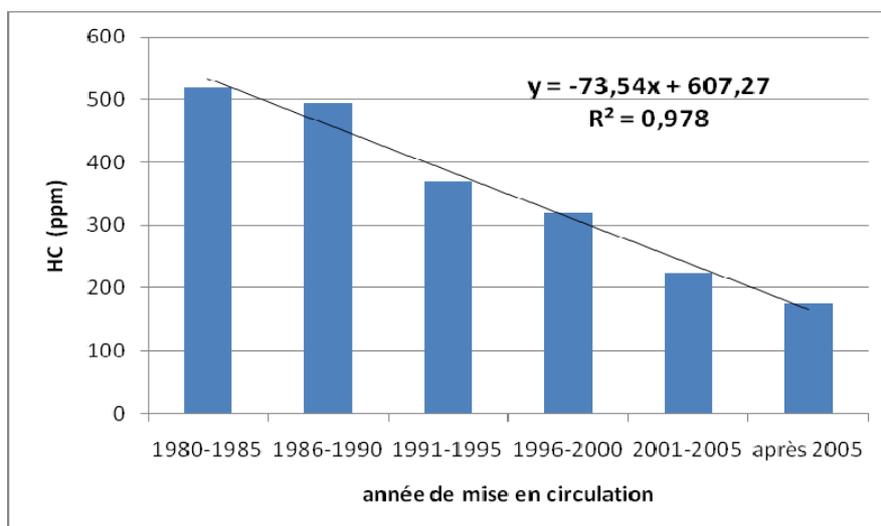


Figure 34. Evolution des émissions de HC en fonction de l'âge de véhicules

Les hydrocarbures évoluent dans le même sens que le CO et comme pour ce dernier, on relève une nette augmentation des émissions HC avec l'âge des véhicules. La qualité de la combustion exerce la même influence sur les HC et le CO. Ceci se reflète très bien dans l'étude de l'évolution des HC en fonction du CO (Figure 35), où la représentation graphique donne une très bonne corrélation entre les deux polluants. Comme signalé auparavant, la fonction puissance représente le mieux cette dépendance.

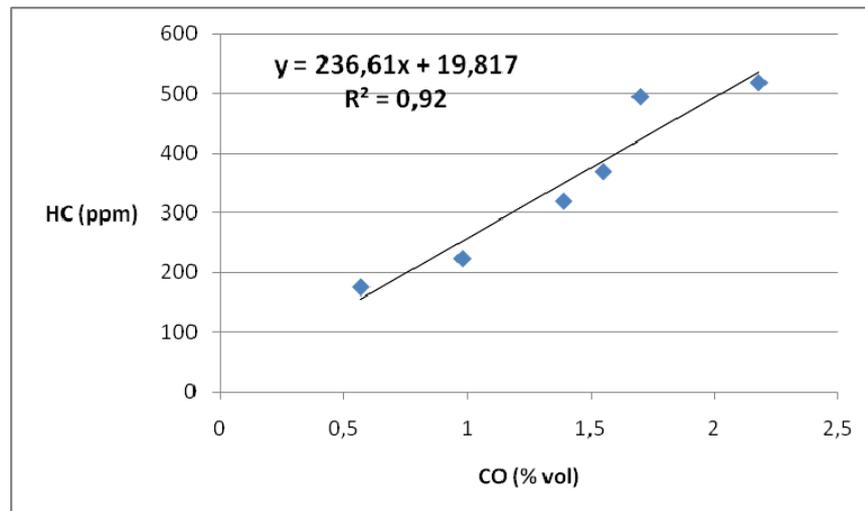


Figure 35. Evolution des émissions des HC en fonction des émissions du CO

En résumé, nous constatons que l'exploitation des résultats par tranche d'âge sans tenir compte de l'effet du pot catalytique aboutit à des résultats plus homogènes et à une meilleure compréhension des phénomènes régissant les émissions automobiles, on s'affranchit ainsi des quelques points qui accusent des teneurs extrêmes et on arrive à décrire de manière plus précise les tendances observées.

VI.1.2. Mesure au ralenti des émissions issues des véhicules d'une même marque (Cas des véhicules Renault)

Comme la marque Renault domine dans le parc automobile algérien des VP et se retrouve donc aussi en grand nombre dans l'échantillon global des véhicules testés, il est intéressant d'étudier l'évolution des émissions de cette marque en fonction des tranches d'âge. Cette étude devrait permettre de mettre en évidence les améliorations apportées par la technologie et montrer l'importance du renouvellement du parc automobile en matière d'émissions polluantes.

Le tableau 14 résume les données concernant les émissions issues des véhicules Renault réparties en trois tranches d'âge. Les figures 36, 37 et 38 illustrent graphiquement cette évolution

Tableau VI.14. Evolution des émissions des véhicules VP Renault

| Tranche d'âge | Nombre d'échantillon | CO (% vol) | CO2 (% vol) | HC (ppm) |
|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| 1980-1989 | 113 | 2,28 | 9,7 | 554,36 |
| 1990-1999 | 68 | 1,74 | 9,93 | 459,35 |
| 2000-2009 | 104 | 0,69 | 12,78 | 186,65 |

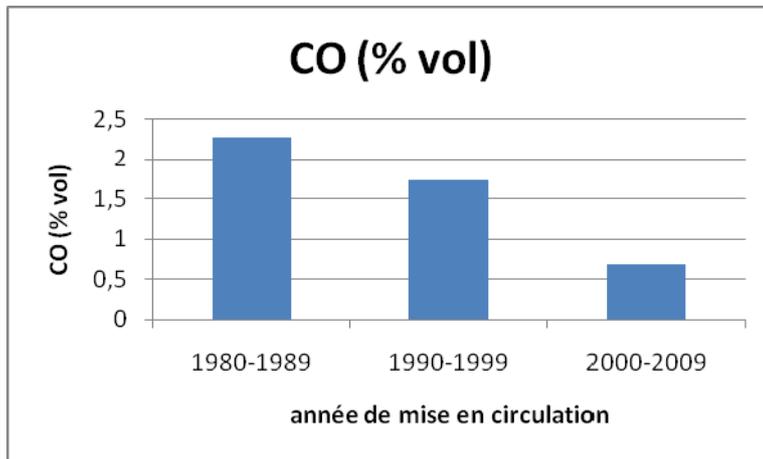


Figure 36. Evolution des émissions du CO en fonction de l'âge (véhicules Renault)

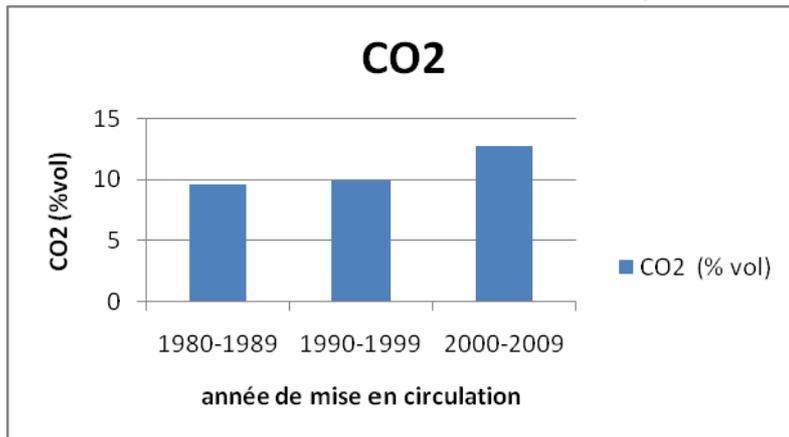


Figure 37. Evolution des émissions du CO₂ en fonction de l'âge (véhicules Renault)

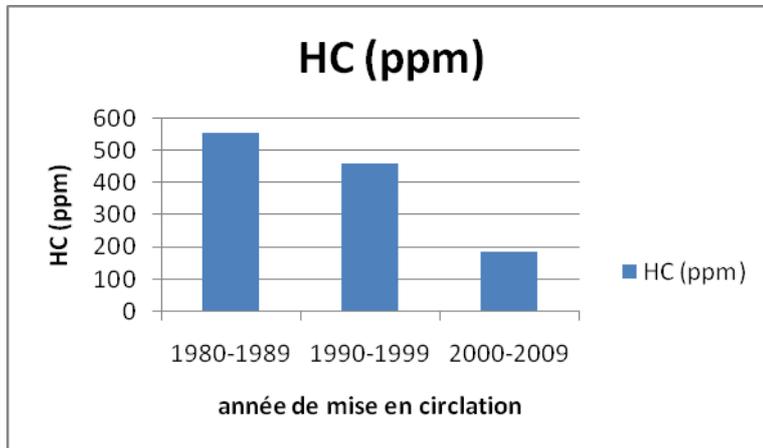
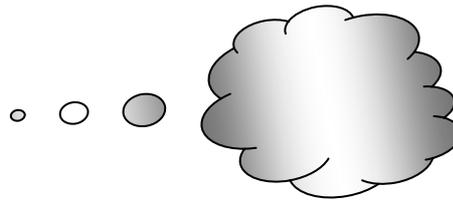


Figure 38. Evolution des émissions du CO en fonction de l'âge (véhicules Renault)



Véhicule d'avant année 1990



Véhicules d'après 2000

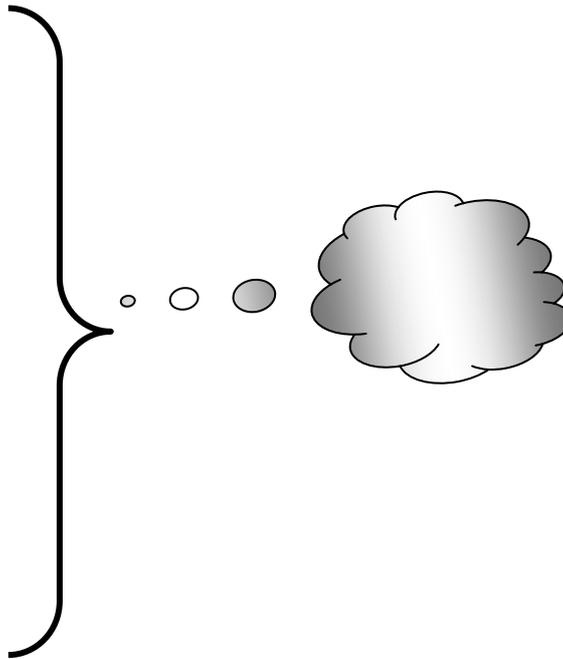


Figure 39. Illustration de l'évolution des émissions d'avant 1990 à après 2000

Ces résultats montrent qu'en passant d'une décennie à la suivante, il y a une nette diminution des émissions CO et HC. Pour cette marque Renault, c'est surtout à partir des années 2000 où les normes d'émission sont devenues plus sévères qu'on observe un important taux de réduction des émissions de CO et de HC. Globalement, on constate qu'en l'espace de 20 ans, les émissions ont été divisées par un facteur de trois (figure N°39). Ce résultat est important pour les prévisions, en ce sens qu'une forte et rapide augmentation du parc (comme c'est le cas actuellement en Algérie) n'engendre pas nécessairement une forte augmentation des émissions et qu'un important taux de renouvellement du parc peut niveler les émissions d'un parc croissant.

VI.2. Etude des émissions unitaires en circulation réelle

Dans cette partie, nous présentons les résultats des émissions unitaires mesurées avec la Mégane (VP catalysé) en circulation réelle sur différents types de cycle et pour différents carburants, GPL et essence super et essence sans plomb.

La mesure des émissions du véhicule échantillon a été réalisée sur la base de trois essais pour chaque type de voie (urbain, routier et autoroutier) avec plusieurs essais pour chaque carburant utilisé (essence super, essence sans plomb et GPL) pendant environ 10min pour chaque essai.

L'ensemble des résultats d'émission intégrés sur un cycle et mesurées à chaud sont présentés en unité de masse par unité de distance parcourue (g/km). Nous présentons dans les paragraphes suivants les résultats obtenus.

VI.2.1. Résultats des mesures effectuées sur les différents circuits et comparaison entre les trois carburants

A. Cycle urbain

En faisant le calcul de la masse des émissions unitaires, on obtient les résultats représentés dans le tableau 15 :

Tableau VI.15. Évolution des émissions unitaires en fonction de la vitesse et du carburant utilisé en cycle urbain du véhicule Mégane

| Carburant | Vitesse moy (km/h) | CO ₂ (g/km) | CO (g/km) | HC (g/km) |
|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|--------------|
| Essence Super | 17,64 | 279,990 | 2,204 | 1,362 |
| Essence Super | 13,75 | 308,969 | 3,613 | 1,529 |
| Essence Super | 19,01 | 264,760 | 2,808 | 1,080 |
| Moy. | 16,80 | 284,573 | 2,875 | 1,324 |
| GPL | 17,89 | 217,459 | 2,117 | 1,891 |
| GPL | 18,82 | 232,072 | 2,579 | 1,637 |
| GPL | 17,22 | 251,717 | 2,499 | 1,495 |
| Moy. | 17,98 | 233,750 | 2,399 | 1,674 |
| Essence Sans Plomb | 15,93 | 323,149 | 2,837 | 1,501 |
| Essence Sans Plomb | 15,80 | 336,364 | 3,855 | 1,228 |
| Essence Sans Plomb | 13,90 | 327,671 | 4,197 | 1,152 |
| Moy. | 15,21 | 329,061 | 3,630 | 1,294 |

Afin de bien de bien mettre en évidence la différence entre les taux d'émission issue de la combustion du GPL en substitution aux deux carburants essence ; l'écart a été calculé et les résultats sont résumés dans le tableau 16:

Tableau VI.16. Comparaison entre les émissions issues de l'essence et celles issues du GPL

| Carburant Polluant | Emission essence super (g/km) | Emission essence sans plomb (g/km) | Emission GPL (g/km) | différence GPL / es. Super (%) | différence GPL / es.sans Pb (%) |
|-----------------------|-------------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| CO₂ | 284,573 | 329,061 | 233,749 | -17,86 | -28,96 |
| CO | 2,875 | 3,630 | 2,399 | -16,72 | -34,16 |
| HC | 1,324 | 1,294 | 1,674 | +26,51 | +29,45 |

Les figures 40, 41 et 42 illustrent l'évolution des émissions unitaires de CO, CO₂, et HC en cycle urbain en fonction des trois carburants essence super, essence sans plomb et GPL, et la comparaison avec les normes d'émission Euro 3 et la norme algérienne.

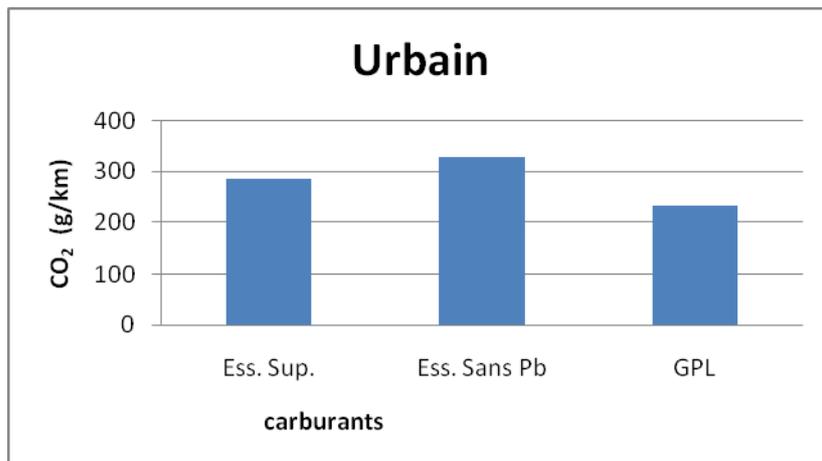


Figure 40. Emissions unitaires du CO₂ en fonction de la nature du carburant - cycle urbain

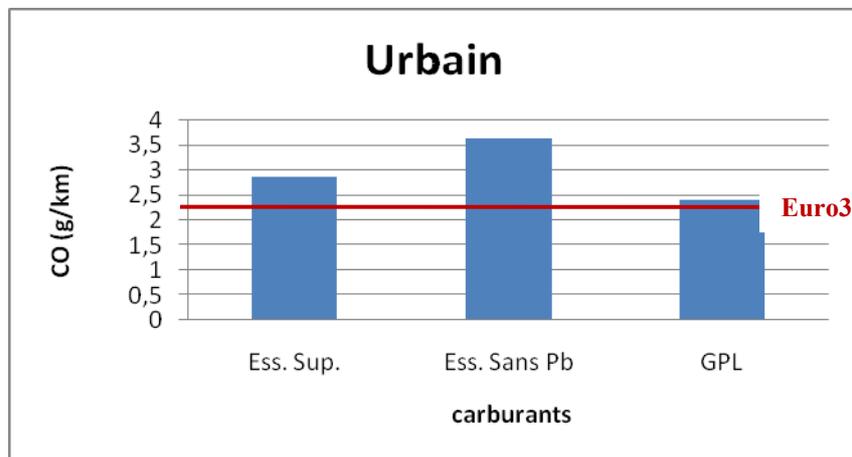


Figure 41. Emissions unitaires du CO en fonction de la nature du carburant - cycle urbain

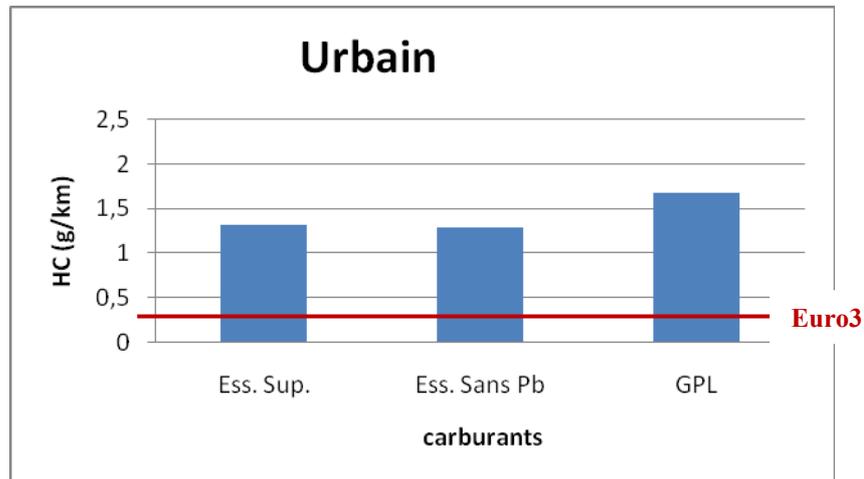


Figure 42. Emissions unitaires des HC en fonction des carburants (cycle urbain)

Ces résultats montrent qu'en cycle urbain, en roulant au GPL, les taux d'émission du CO₂ sont réduits respectivement de 17,9% et de 28,9% par rapport au super et au sans plomb. Les émissions de CO₂ sont liées à la consommation du véhicule et au rapport H/C du carburant, ce dernier est favorable dans le cas du GPL. Les taux de CO sont réduits respectivement de 16,7% et de 34,16 % par rapport à ces mêmes carburants (tabl. N°16) ce qui a été constaté dans une étude réalisée en Slovénie [71]. Ainsi pour les deux polluants CO et CO₂, le GPL montre des performances environnementales certaines. Dans la littérature on reporte des taux contrastés surtout en ce qui concerne le CO où parfois le GPL est moins avantageux [63, 82].

Par contre pour les HC, la version GPL augmente le taux d'émission de 26,5% par rapport à l'essence super et de 29,5% par rapport à l'essence sans plomb, ce qui révèle une mauvaise combustion. Ainsi ces résultats confirment ce qui a été constaté dans des études réalisées auparavant au niveau de la ville de Guangzhou, la capitale de la Province de Guangdong en Chine (83) et de la ville de Mexico au Mexique(84) ; que les véhicules roulant au GPL émettent plus de HC(particulièrement le propane et le butane les principaux composés du GPL) par rapport véhicules roulant à l'essence en zone urbaine.

Une comparaison avec la limite Euro 3 montre que dans le cas du GPL, le taux d'émission en CO est pratiquement du même niveau que celui homologué Euro 3. Ce taux est aussi à la limite de la norme algérienne qui est de 2,3 g/km. Dans le cas des HC, on observe pour tous les carburants un large dépassement de ces normes. Ceci est probablement dû à la nature contraignante du cycle urbain où les fréquents ralentis et arrêts engendrent une surconsommation des carburants, une combustion incomplète et donc des taux d'émission élevés. D'autres mesures sont toutefois nécessaires pour confirmer que lors d'une même combustion, le GPL répond par des écarts de sens opposés par rapport aux autres carburants.

B. Cycle routier

En faisant le calcul de la masse des émissions unitaires, on obtient les résultats représentés dans le tableau 17 :

Tableau VI.17. Évolution des émissions unitaires en fonction de la vitesse et du carburant utilisé en cycle routier du Véhicule Mégane

| Carburant | V moy (km/h) | CO2 (g/km) | CO (g/km) | HC (g/km) |
|--------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Essence Super | 27,40 | 247,103 | 1,987 | 0,816 |
| Essence Super | 26,51 | 237,068 | 1,865 | 1,341 |
| Essence Super | 28,15 | 255,146 | 1,852 | 0,818 |
| Moy. | 27,35 | 246,439 | 1,902 | 0,992 |
| GPL | 25,71 | 204,038 | 1,080 | 0,974 |
| GPL | 28,11 | 214,167 | 1,237 | 0,991 |
| GPL | 27,25 | 203,436 | 1,536 | 0,974 |
| Moy. | 27,02 | 207,214 | 1,284 | 0,980 |
| Essence Sans Plomb | 27,84 | 274,938 | 2,005 | 1,018 |
| Essence Sans Plomb | 28,82 | 270,392 | 2,561 | 0,943 |
| Moy. | 28,33 | 272,666 | 2,283 | 0,981 |

Dans le cas du cycle routier, l'écart mesuré du GPL par rapport aux autres carburants est présenté dans le tableau 18 :

Tableau VI.18. Comparaison entre les émissions issues de l'essence et celles issues du GPL

| Carburant polluant | Emission essence super (g/km) | Emission essence sans plomb (g/km) | Emission GPL (g/km) | différence GPL /es.super (%) | différence GPL /es. sans Pb (%) |
|-------------------------------|--|---|------------------------------------|---|--|
| CO₂ | 246,439 | 272,666 | 207,214 | -15,93 | -8,24 |
| CO | 1,902 | 2,283 | 1,284 | -32,63 | -43,84 |
| HC | 0,992 | 0,981 | 0,980 | -2 | -0,97 |

Les figures 43, 44 et 45 illustrent les émissions unitaires de CO, CO₂ et HC du véhicule testé en cycle routier en fonction des trois carburants, super, sans plomb et GPL ainsi que la comparaison avec le niveau Euro 3.

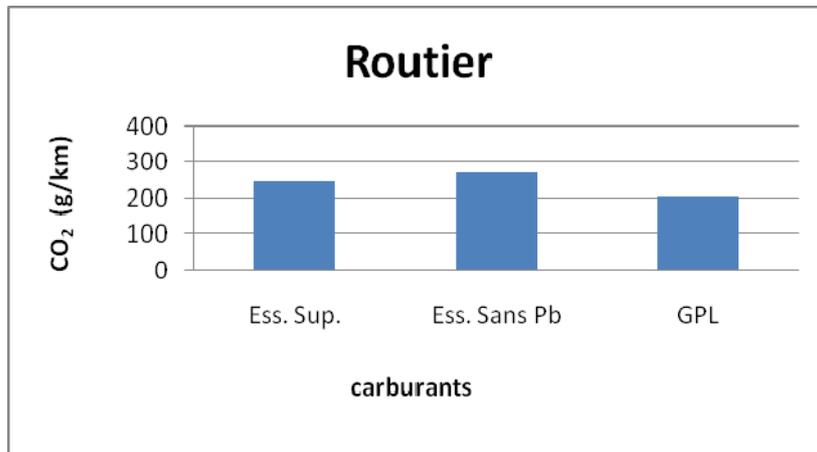


Figure 43. Emissions unitaires du CO₂ en fonction des carburants (cycle routier)

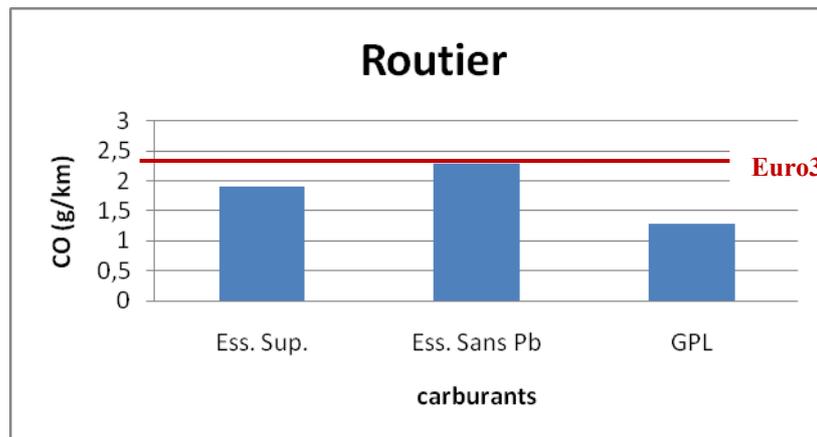


Figure 44. Emissions unitaires du CO en fonction des carburants (cycle routier)

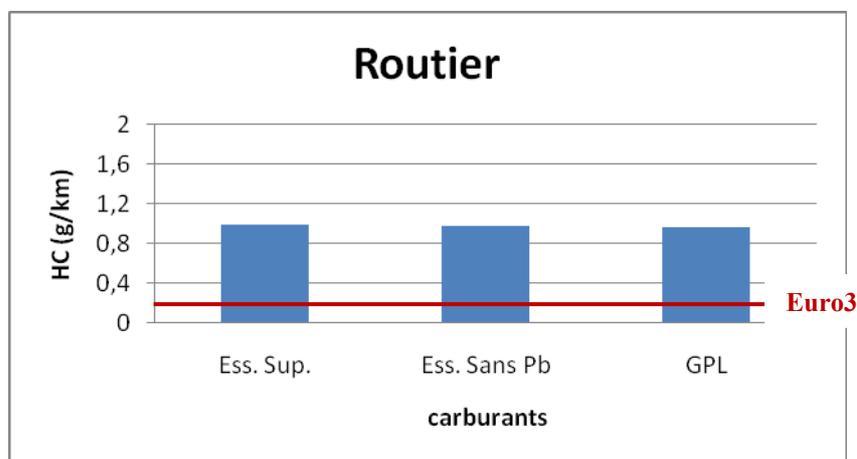


Figure 45. Emissions unitaires du HC en fonction des carburants (cycle routier)

En cycle routier, en version GPL, on constate une diminution du taux d'émission du CO₂, du CO et du HC respectivement de 15,9 %, 32,6 % et 2% par rapport au super et de 24 %, 43,8 % et 0,97 % par rapport au sans plomb .

On note par ailleurs qu'en circuit routier, la combustion s'améliore légèrement et le taux d'émission du CO particulièrement pour le GPL est inférieur à la valeur limite de l'Euro 3. Tout comme dans le circuit urbain, les émissions unitaires des HC restent, malgré une relative diminution, élevées et dépassent les normes préconisées.

C. Cycle autoroutier

Les résultats du calcul des émissions unitaires sont présentés en dans le tableau 19:

Tableau VI.19. Évolution des émissions unitaires en fonction de la nature du carburant utilisé en cycle autoroutier du véhicule Mégane

| Carburant | V moy (km/h) | CO2 (g/km) | CO (g/km) | HC (g/km) |
|--------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| Essence Super | 61,64 | 173,330 | 0,203 | 0,356 |
| Essence Super | 66,69 | 168,164 | 0,219 | 0,300 |
| Essence Super | 62,49 | 165,321 | 0,243 | 0,294 |
| Moy. | 63,61 | 168,938 | 0,222 | 0,317 |
| GPL | 63,96 | 153,590 | 0,213 | 0,377 |
| GPL | 66,91 | 157,610 | 0,316 | 0,378 |
| GPL | 64,27 | 147,725 | 0,612 | 0,408 |
| Moy. | 65,05 | 152,975 | 0,380 | 0,388 |
| Essence Sans Plomb | 62,11 | 160,363 | 0,249 | 0,395 |
| Essence Sans Plomb | 66,04 | 162,781 | 0,187 | 0,348 |
| Essence Sans Plomb | 66,69 | 278,517 | 0,538 | 0,481 |
| Moy. | 64,95 | 200,553 | 0,325 | 0,401 |

La substitution du GPL à l'essence donne les différences d'émission présentées en tableau 20

Tableau VI.20. Comparaison entre les émissions issues de l'essence et celles issues du GPL

| Carburant Polluant | Emission essence super (g/km) | Emission essence sans plomb (g/km) | Emission GPL (g/km) | différence GPL/ es super (%) | différence GPL /es sans Pb (%) |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|
| CO₂ | 168,938 | 200,553 | 152,975 | - 9,45 | -23 ,72 |
| CO | 0,222 | 0,325 | 0,380 | +72,72 | +18,75 |
| HC | 0,317 | 0,401 | 0,388 | +22,58 | -5 |

Les résultats des tests effectués dans ce cycle autoroutier sont illustrés en figures 46, 47 et 48.

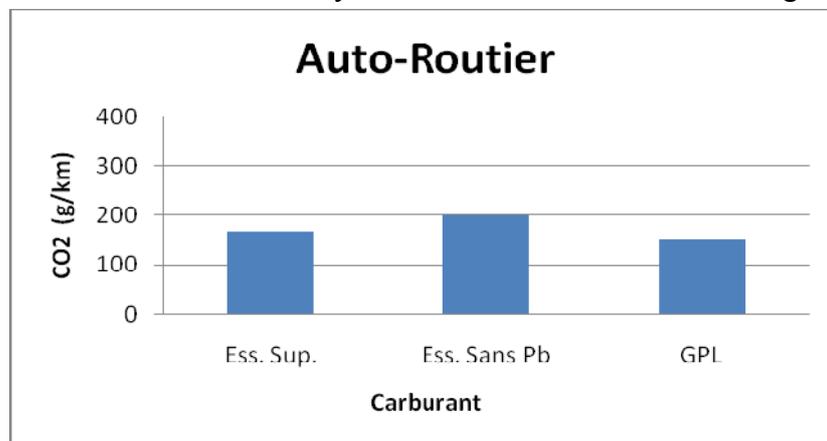


Figure 46. Evolution des émissions unitaires du CO₂ en fonction des carburants (cycle autoroutier)

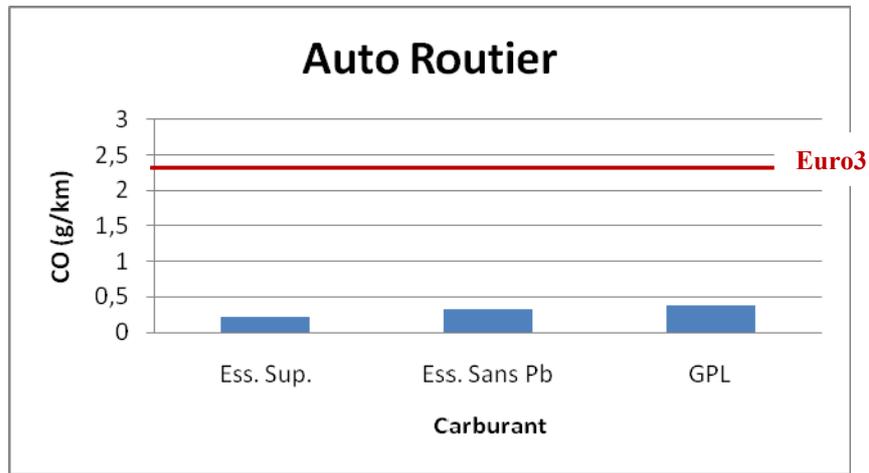


Figure 47. Emissions unitaires du CO en fonction des carburant (cycle autoroutier)

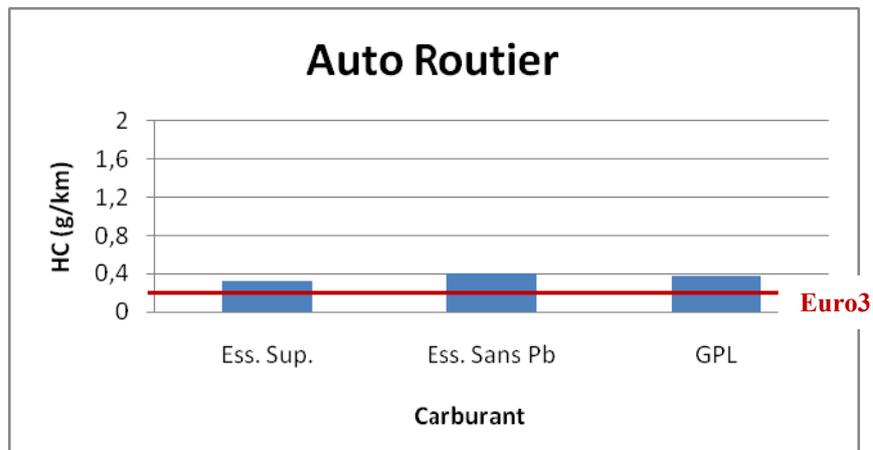


Figure 48. Emissions unitaires du HC en fonction des carburant (cycle autoroutier)

Tout comme dans les autres cycles, la version GPL engendre en cycle autoroutier les plus faibles émissions de CO₂. L'écart est de - 9,4% par rapport au super et -23,7% par rapport au sans plomb. En ce qui concerne le CO, on constate qu'il y a pour tous les carburants une nette diminution du niveau d'émission. Dans ce type de circuit où le moteur fonctionnant en régime de croisière, consomme le moins et atteint une bonne combustion, les taux d'émission du CO sont largement inférieurs à la limite Euro 3 pour les trois carburants par contre les taux des HC, malgré leur forte baisse, demeurent supérieurs à l'Euro 3 .

Le GPL accuse toute fois la teneur en CO la plus élevée (72,72% de plus par rapport au super et 18,75% de plus par rapport à l'essence sans plomb). Cela est du probablement à l'effet des vitesses élevées [39], en effet dans ce cas à haut régime, l'utilisation du GPL provoque la perte de puissance [63], donc une grande consommation de carburant. Souvent c'est aussi du aux stratégies d'injection font qu'on provoque des coupures d'injection retardées lors des décélérations. Dans le cycle européen extra urbain EUDC, on a relevé des tendances similaires, des émissions plus élevées pour les véhicules GPL [85]. Les émissions unitaires en HC sont du même ordre de grandeur avec un léger avantage pour le super.

VI.2.2. Comparaison entre les trois circuits

Les résultats précédents ont montré que les émissions unitaires varient en fonction du circuit parcouru. Une comparaison entre les trois modes de circulation est utile dans les réflexions quand à l'élaboration d'une politique et d'un plan de circulation et de déplacement urbain et interurbain. Les figures 49, 50 et 51 illustrent l'évolution des émissions unitaires en fonction de la vitesse ou bien en fonction du type de cycle choisi (urbain, routier et autoroutier).

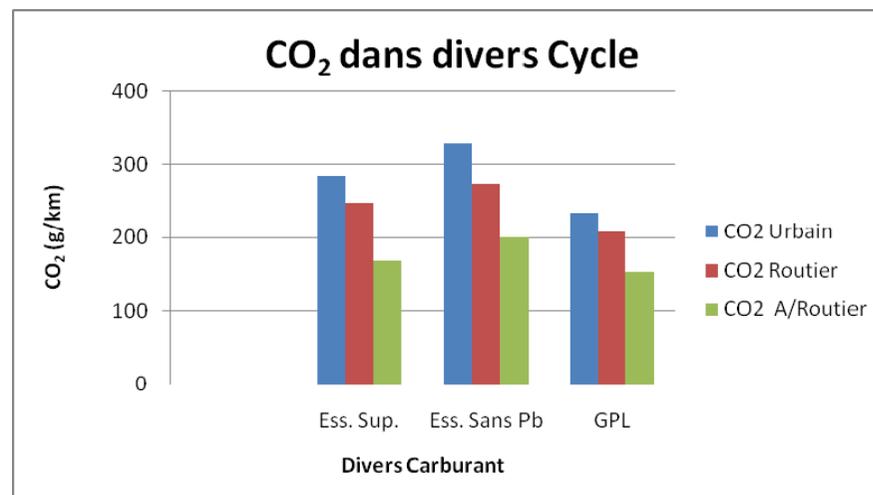
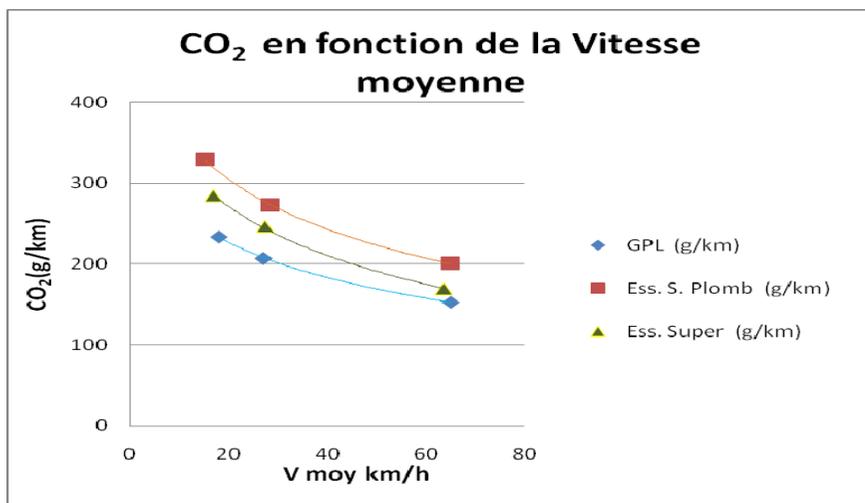


Figure 49. Evolution des émission unitaires du CO₂ en fonction de la vitesse (ou dans divers cycles)

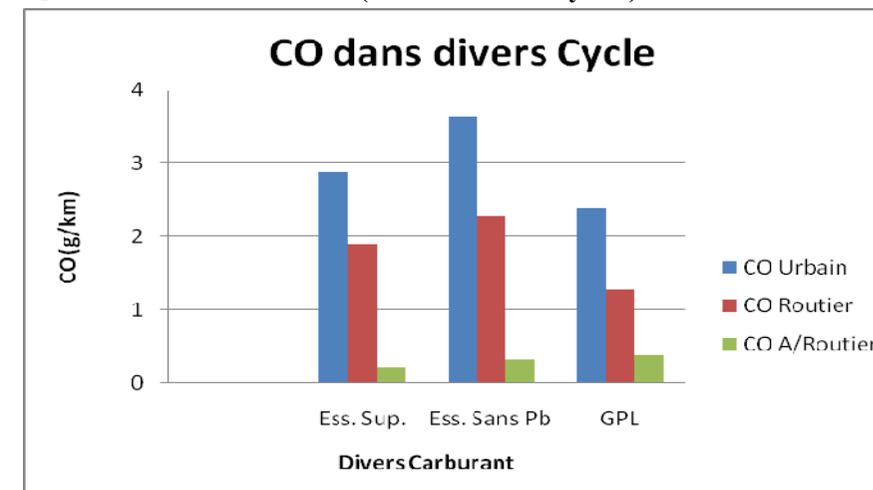
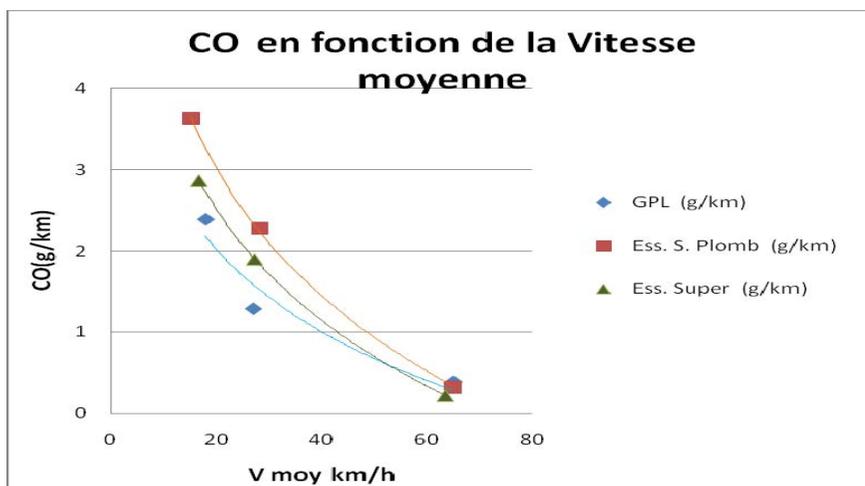


Figure 50. Evolution des émission unitaires du CO en fonction de la vitesse (ou dans divers cycles)

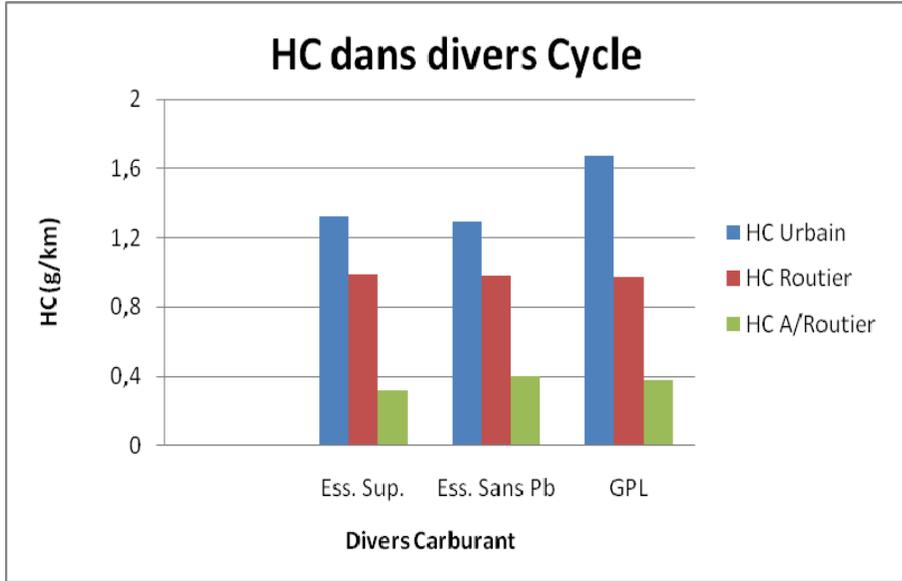
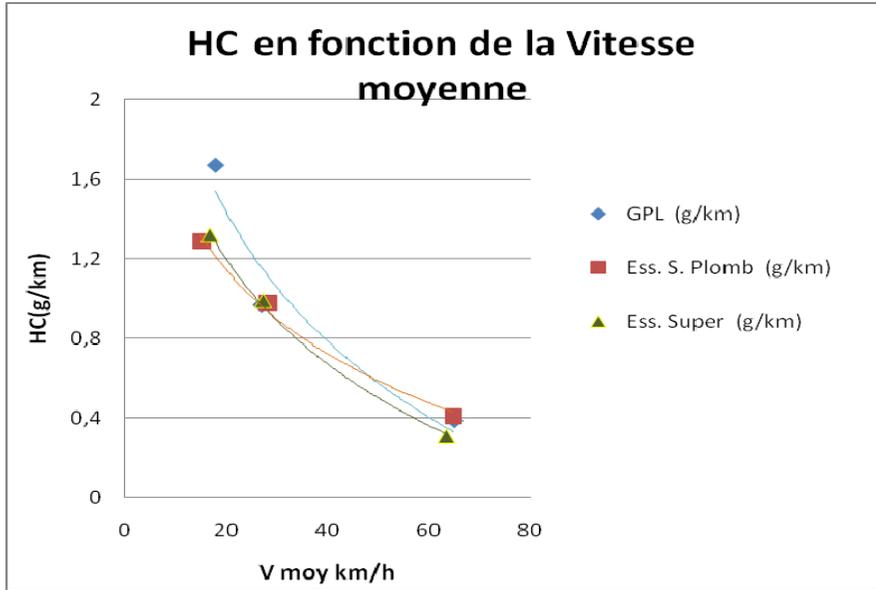


Figure 51. Evolution des émission unitaires des HC en fonction de la vitesse (dans divers cycles)

La comparaison montre une nette diminution du taux d'émission du CO₂, CO et HC pour les trois carburants (GPL, super et sans plomb) en fonction de l'augmentation de la vitesse. Le plus faible niveau de pollution correspond au déplacement en cycle autoroutier. A cette vitesse de croisière d'environ 65 km/h, le régime du moteur présente la meilleure combustion et la moindre consommation de carburant, comme déjà démontrée dans des études antérieures [86], ce qui se reflète par un bas niveau d'émission.

Les parcours d'une longueur courte en milieu urbain avec ses fréquents arrêts aux feux tricolores et aux croisements ou pendant les embouteillages (moteur au ralenti) provoquent de fortes émissions de polluants et une forte consommation de carburant. Il en résulte une pollution plus importante que dans trajets extra-urbains (routier ou autoroutier). Ainsi cette étude confirme ce qui a été constaté auparavant dans d'autres études; que la vitesse et le cycle de conduite ont une influence majeure sur les quantités de polluants émises [39, 74 et 87].

L'utilisation du GPL a, du point de vue environnemental, des avantages sur l'essence sans plomb dans le cas de véhicules catalysés et ce particulièrement pour le CO₂ et le CO. L'étude n'a toute fois pas confirmé, du moins sur le véhicule étudié, que le GPL est un carburant vert à haute performance environnemental.

Les mesures effectuées sur un véhicule catalysé roulant à l'essence super n'ont théoriquement pas de sens, car un tel véhicule ne devrait rouler qu'avec le sans plomb. En Algérie, toutefois, il est très fréquent que les gens ne respectent pas cette prescription en raison de l'absence ou insuffisance de stations offrant l'essence sans plomb. Dans ce cas le catalyseur perd en performance et l'étude montre que le sans plomb pollue alors plus que le super. Cela s'explique par le fait que le sans plomb est plus riche en aromatique que le super et donc son rapport H/C est plus élevé, d'où une plus forte émission de polluants.

VI.2.3. Evolution de la moyenne globale des émissions unitaires en fonction du type de carburant

Les figures 52, 53 et 54 illustrent l'évolution de la moyenne globale des émissions unitaires des trois cycles de conduite à une vitesse moyenne de 36km/h en fonction du type de carburant.

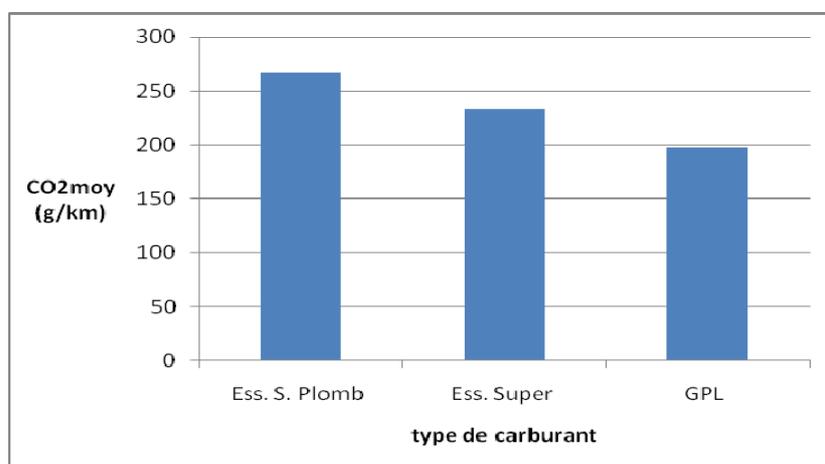


Figure52. Evolution de la moyenne des émission unitaires du CO₂ en fonction du type de carburant

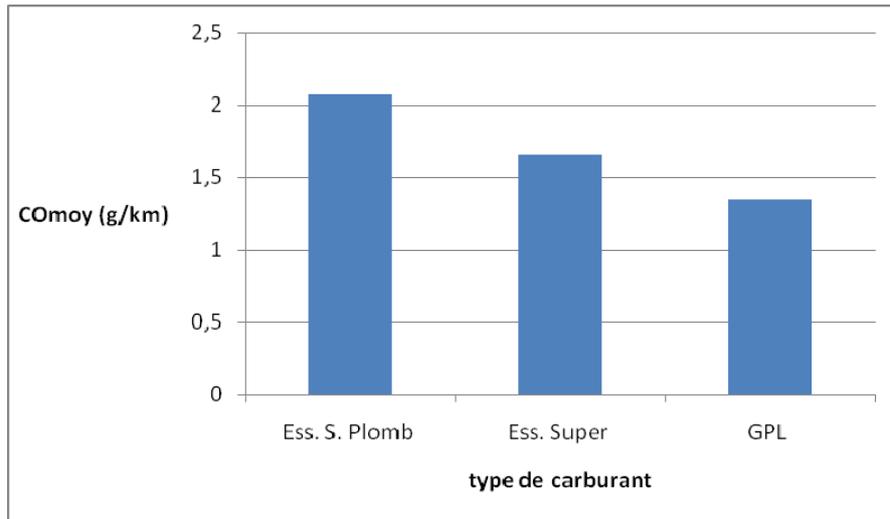


Figure53. Evolution de la moyenne des émission unitaires du CO en fonction du type de carburant

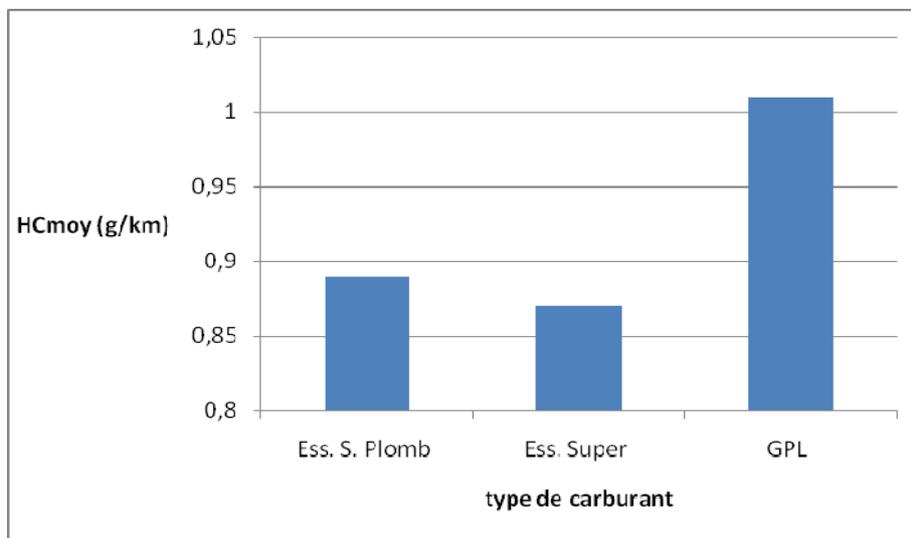


Figure54. Evolution de la moyenne des émission unitaires des HC en fonction du type de carburant

La comparaison du taux d'émission moyen du CO₂, CO et HC pour les trois carburants (GPL, super et sans plomb) montre que le GPL est le carburant le moins polluant en matière de CO₂ et CO par contre pour les HC, c'est le GPL qui est le plus polluant. Ceci confirme ce qui a déjà été constaté c.à.d. à de faibles vitesses les véhicules roulant au GPL émettent plus de HC(particulièrement le propane et le butane les pricipaux composés du GPL) par rapport véhicules roulant à l'essence

Conclusion générale

Dans une course incessante d'amélioration des performances des véhicules automobiles afin d'attirer toujours plus de personnes et d'augmenter leur vente, les divers constructeurs ne cessent d'apporter plus d'innovations concernant la technologie des moteurs, la consommation et l'amélioration de la combustion des divers carburants. Les véhicules récents sont alors moins polluants et plus surs. L'âge moyen d'un parc automobile jouera ainsi un important rôle dans les émissions globales.

Dans le cadre de ce travail, nous avons dans un premier temps suivi les niveaux d'émission en CO₂, CO et HC d'un grand nombre de véhicules en régime de ralenti, tel qu'on le retrouve très fréquemment en milieu urbain, dans les embouteillages et à l'arrêt devant les croisements. Les résultats obtenus montrent que l'âge des véhicules, leur entretien et le type de carburant ont une grande influence sur les émissions automobiles. Les normes algériennes sont en général respectées pour le CO. On relève en outre de bonnes corrélations entre les polluants et l'âge et entre les polluants eux-mêmes.

Le CO et les HC augmentent avec l'âge du véhicule et le CO₂ diminue c.à.d. plus le véhicule est récent moins il émet de polluant car dans les véhicules récents, on a une meilleure combustion, ceci est du à l'entrée en vigueur des normes anti-pollution qui sont de plus en plus sévères, l'amélioration de la formulation des carburant, le développement de la technologie des moteurs et la mise en place de systèmes de post combustion (pots catalytiques).

Dans une deuxième étape, nous avons déterminé les émissions unitaires des polluants CO, CO₂ et HC en situation réelle de conduite où le véhicule est immergé dans le flux de la circulation et ce pour trois types de trajets représentatifs de la circulation urbaine et extra urbaine avec ces deux cycles routier et autoroutier caractérisées par des vitesses moyennes bien déterminées. Le véhicule catalysé qui a fait l'objet de l'étude a été testé en version GPL, super et essence sans plomb. Les résultats obtenus ont montré que le GPL est un carburant moins polluant par rapport à l'essence super et à l'essence sans plomb surtout en ce qui concerne le CO₂ et le CO. Les teneurs mesurées sont toutefois assez élevées pour un véhicule catalysé, ce qui est du, d'une part à la non maîtrise du réglage de l'injection du GPL (souvent excès de GPL), et d'autre part à la détérioration du catalyseur par utilisation fréquente de l'essence plombée.

L'étude a en outre montré l'influence notable de la vitesse de circulation et le type de cycles de conduite sur les émissions unitaires. C'est en cycle autoroutier en régime de croisière que les taux de pollution sont les plus bas, le cycle urbain engendre les plus forts taux. Toutes stratégie et politique de transport et de déplacement motorisés doit prendre en compte cet aspect de fluidité de la circulation et son impact sur la pollution de l'air ambiant.

Il est aussi prouvé expérimentalement par cette étude que le GPL émet le moins de gaz à effet de serre CO₂ quelque soit le cycle parcouru et le carburant essence utilisé, ce qui est important à prendre en considération si on veut contribuer à la lutte contre les changements climatiques.

Cette étude ne constitue qu'une petite contribution à l'inventaire des gaz polluants issus du trafic routier. Il convient de la compléter par les points suivants :

- Etudier les émissions des NO_x que nous n'avons pas abordé par manque d'analyseur
- Etudier et tester un plus grand nombre de véhicules pour aboutir à des moyennes statistiquement valables (au moins 10 véhicules)
- Etudier le carburant diesel dont l'utilisation prend de plus en plus d'importance en Algérie (plus du tiers du parc automobile est diésélisé)
- Tester des véhicules non catalysés qui sont nombreux à utiliser la bicarburation essence/GPL en Algérie.

Références bibliographiques

- 1/ DAGHDICHE.S. L'apport des GPL dans le transport routier algérien. Thèse de magister, école nationale polytechnique d'Alger, mai 2006.
- 2/ KERBACHI.R, BOUGHEDAOUI.M, BOUNOUA.L et KEDDAM.M : Ambient air pollution by aromatic hydrocarbons in Algiers. Atmos. Environ.40, 2006, 3995–4003.
- 3/ KERBACHI.R, BOUGHEDAOUI.M et JOUMARD.R : Etude de la pollution de l'air par les particules fines (PM-10, PM-2,5 et PM-1) et évaluation des métaux lourds qu'elles véhiculent en milieu urbain à Alger, 15^{ème} Colloque International Transport et Environnement, 12-14 juin 2006, Reims (France).
- 4/ BOUGHEDAOUI.M, KERBACHI.R et JOUMARD.R: On-Board emission measurement on high-loaded light duty vehicles in Algeria, Journal of the Air and Waste Management Association, Vol. 58, 2008, pp. 45-54
- 5/ KERCHICH.Y, KERBACHI.R et KHATRAOUI.H: Ambient air levels of aromatic organic compounds BTEX in the urban area of Algiers. A. J. of Chem., Vol.23 N°1, 2010, pp. 323-330.
- 6/ OUCHER.N, BITOUCHE.A, BERKOUKI.N et KERBACHI.R. Pollution par les particules fines dans l'agglomération d'Alger. Colloque International sur l'Environnement et Transport dans des Contextes Différents, 16-19 Février 2009, Ghardaïa, Algérie.
- 7/ KERBACHI.R, BOUMECHHOUR.F, ARRAR.J et BOUGHEDAOUI.M : Pollution de l'air par les particules acides à Alger et influence de l'aérosol marin, Poll. Atm. N°204, 2009, pp. 453-459
- 8/ KERBACHI.R, KERCHICH.Y et KHATRAOUI.H. Cartographie de la pollution de l'air par les BTEX dans le grand-Alger, Premier colloque francophone « Polluants organiques générées par l'agriculture et les transports, 25 – 27 octobre 2011, Agadir, Maroc
- 9/ Association canadienne de santé publique. La pollution atmosphérique et la santé des aînés, (www.cpha.ca/airpur)
- 10/SHNNEL.K.B et BROWN.C.A. Air pollution control technologie hand book. Edition press, 2002
- 11/DEGOBERT.P. Automobiles and pollution. Edition technip, PARIS, 1995.
- 12/Loi algérienne n° 83-03 du 05 février 1983 relative à la protection de l'environnement
- 13/La pollution de l'air. ARIA technologies (<http://www.aria.fr>)

- 14/ KERBACHI.R, BOUGHEDAOU.I.M, KERCHICH.Y et JOUMARD.R, Evaluation de la pollution de l'air par les PM- 10 à Alger, 9th Colloque International Transport and Air Pollution, 5-7 juin 2000, Avignon (France).
- 15/ CITEPA. Calcul des émissions dans l'air, principes méthodologiques généraux, février 2004.
- 16/LACOUR.S. Cours de pollution atmosphérique, inventaire d'émissions. Centre d'enseignement et de recherche en environnement atmosphérique, école nationale des ponts et chaussées.
- 17/ Airparif .Etude et évaluation des émissions de polluants atmosphériques liées au trafic routier en Ile de France, 1998.
- 18/ CITEPA. Inventaires des émissions de polluants atmosphériques en France, séries sectorielles et analyses étendues, juin 2009.
- 19/ Airparif. Analyse de l'inventaire et du cadastre des émissions des principaux gaz à effets de serre en Ile de France, septembre 2005.
- 20/SEVANT.L et SEBEK.A. La pollution atmosphérique et les transports franciliens. AURIF, octobre 2004.
- 21/ ORS. Ile de France. Pollution de l'air et santé, décembre 1997
- 22/ EL YAMANI.M. Pollution atmosphérique urbaine. Afsset, juin 2006
- 23/ CODEP. Plan de protection de l'atmosphère (PPA) des Alpes Maritimes..
- 24/ELICHAGARAY.C. La pollution atmosphérique, données générales sur les émissions et la physico-chimie des polluants de l'air, leurs effets, la réglementation. ADEME, 31 mars 2004.
- 25/[http//.www.ifp.fr](http://www.ifp.fr)
- 26/BECHARI.A, pollution automobile. Journée d'information sur la rationalisation de la consommation de carburant dans le secteur des transports routiers, Ministère de l'Energie et des Mines, Autorité de Régulation des Hydrocarbures, le 25 novembre 2009.
- 27/HUGREL.C et JOUMARD.R. Transport routier, parc, usage et émissions des France de 1970 à 2025. INRETS, ADEME, septembre 2004.
- 28/MARSAULT.JP et CARLOTTI.P. Calcul des émissions de polluants des véhicules automobiles en TUNNEL.CERTU, avril 2002.
- 29/WALSH.P. L'évolution des émissions des véhicules. CEMT, mai 2000.
- 30/ Office nationale des statistiques (ONS). Données statistiques, parc national automobile situation arrêtée au 31/12/2009.([http//.www.ons.dz](http://www.ons.dz))

- 31/BOUGHEDAOUI.M, étude des émissions polluantes issues du trafic routier en Algérie. THESE de Doctorat d'Etat en Génie de l'Environnement de l'Ecole Nationale Polytechnique d'ALGER. Décembre 2007
- 32/WATKINS.LH. Air pollution from road vehicles. NATO (CCMS) Conference *on Air Pollution Modelling*. Crete, Greece, 1991.
- 33/ DEGOBERT.P. Origine des émissions au niveau moteur. Technique de l'ingénieur B2710, 1994.
- 34/ AGARWAL.SK. Automobile pollution. Publishing, 1997.
- 35/BOUGHEDAOUI.M, CHIKHIS, BERROUANE.N, BACHA.I et KERBACHI.R. Caractérisation du parc automobile et pollution de l'air à Alger (www.santé.dz)
- 36/DELETRAZ.G. Géographie des risques environnementaux liés aux transports routiers en montagne. Thèse de doctorat, université de Pau et pays de l'Adour, ADEME, décembre 2002.
- 37/ INRETS. Action de recherche en pollution de l'air et énergie, décembre 2004 (<http://www.inrets.fr/ur/ite/lesthemes/pagesdethemes/B2ARpollu.html>)
- 38/ Etude de l'environnement. Contournement de Nice, Scetauroute, département environnement, juin 2005.
- 39/ ANDRÉ.M, RAPONE.M et JOUMARD.R. Analysis of the cars pollutant emissions as regards driving cycles and kinematic parameters. ARTEMIS - Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems WP3141 research task. Report INRETS-LTE 0607INRETS, mars 2006
- 40/STEPHEN.H. Air pollution and health. Edition press, 1999.
- 41/GUIBET.J-C. Carburants et moteurs (tome2). Edition technip, 1997.
- 42/DEGOBERT.P. Automobile et pollution. Edition Technip, 1992.
- 43/MASCLET.P. Pollution atmosphérique: causes, conséquences, solution, perspectives. Ellipses édition, 2005.
- 44/BOYD.D-R. L'air que nous respirons : Les normes et lignes directrices en matière de qualité de l'air – Une comparaison internationale. Fondation David Suzuki, Août 2006
- 45/Le CLOIREC.P. Les composés organiques volatils dans l'environnement. Ecole des mines de Nantes, Ed. Lavoisier Tec et Doc, 1998
- 46/BADOL.C. Caractérisation des composés organiques volatils dans une atmosphère urbaine sous influence industrielle : de l'identification à la contribution des sources. Thèse de doctorat, université des sciences et technologies de Lille et école des mines de Douai, 2005.
- 47/ ANAH. Fiche d'information sur les composés organiques volatils.
- 48/BICOCCHI.S. Les polluants et les techniques d'épuration des fumées. Tec et Doc, 1998.

- 49/ KERBACHI.R, BOUGHEDAOUI.M, KOUTAI.N et LAKKI.T : La pollution par les oxydes d'azote et l'ozone dans la ville d'Alger. Poll. Atm., Avril-Juin, pp 89-101, 1998.
- 50/Chovin.P et Rousel.A, Physicochimie et physiopathologie de polluants atmosphériques, Masson, Paris, 1973.
- 51/ SAMBAT.S. Inventaire des émissions de particules primaires. CITEPA, décembre 2001.
- 52/ KERBACHI.R et BOUGHEDAOUI.M. La pollution particulaire à Rais Hamidou, ampleur et dispersion, Ajot, volume10, série D, N°1,1994.
- 53/ OUCHER.N et .KERBACHI.R. Etude de la pollution de l'air par les particules fines et les métaux lourds qui leurs sont associés à Alger, 1er Séminaire International sur l'Environnement et ses Problèmes Connexes (SIEPC'2005), Bejaia, 5-7 Juin, 2005.
- 54/ KERBACHI.R, BOUGHEDAOUI.M, BOUMECHHOUR.F et OUCHER.N : 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, 12th Colloque Internationale Transport and Air Pollution, Proceedings INRETS, Vol. 2, N°92, Avignon, France, 15-17 juin, 2003, pp.93-98.
- 55/DELETRAZ.G et PAUL.E. Etat de l'art pour l'étude des impacts des transports routiers à proximité des routes et autoroutes. ADEME, Mars 1998.
- 56/ DOCKERY.D.W, SCHWARTZ.J, SPENGLER.J.D « Air pollution and daily mortality: Associations with particulates and acid aerosols”, Environ Res59, , 1992.
- 57/Pop et Al, “Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective of US-adlts”, Respir crit care, 1995.
- 58/ La qualité de l'air au Québec de 1975 à 1994. Ministère de l'Environnement et de la Faune, direction du milieu atmosphérique et Service de la qualité de l'atmosphère, 1997.
- 59/ INRS. Intoxication par inhalation de dioxyde de carbone, documents pour le médecin du travail N° 79, 3^{ème} trimestre 1999.
- 60/ Norme algérienne (NA 8108) - Produits pétroliers – Essences normale et super
- 61/ Norme française (NF EN 228:2004) - Supercarburant sans plomb 95
- 62/ Norme algérienne (NA 11042) - Produits pétroliers – Essences sans plomb 95
- 64/ [http://.www.NAFTAL.dz](http://www.NAFTAL.dz)
- 63/ILGRANDE.G. Les véhicules au gaz de pétrole liquéfié (GPL). ADEME, février 2002
- 65/PLASSAT.G. Chapitre 8. Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) TOME 1 – Les technologies des moteurs de véhicules lourds et leurs carburants, ADEME Département Technologies des Transports, Janvier 2005.
- 66/NORME ALGERIENNE (NA 11043) - Produits pétroliers – GPL carburant

- 67/BENSAID.B. Des carburants alternatifs d'aujourd'hui à ceux de demain. IFP, panorama 2005
- 68/ European LPG Association 2008, statistical review of global LP Gas 2007 (WLPGA). 2008
- 69/ FENNOUR. Journée d'étude sur le gasoil. Ministère de l'énergie et des mines. Alger, le 07 juillet 2007
- 70/ ADOCOM, agence DOGNIN communication. Dossier de presse, PRIMAGAZ relance le GPL carburant en France. (<http://www.adocom.fr>)
- 71/TASIC.T, POGOREVC.P etBRAJLIH.T. Gasoline and LPG exhaust emissions comparison.advances in production engineering and managment 6 (2011) , 87-94
- 72/ JOUMARD.R, VIDON.R et TASSEL.P. Émissions unitaires de polluants des véhicules utilitaires légers. ADEME. Bron, France: INRETS, Rapport LTE0101, avril 2001
- 73/Directive européenne **70/220/CEE** du Conseil européen, du 20 mars 1970, concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures à prendre contre la pollution de l'air par les émissions des véhicules à moteur.
- 74/JOUMARD.R, ANDRÉ.M, VIDON.R, TASSEL.P, PRUVOST.C. Influence du cycle de conduite sur les émissions unitaires de polluants des voitures particulières. Rapport INRETS n° LTE 9902, Décembre 1999.
- 75/RUYMBEKE.C.V, GUITTON.J.P, VIDON.R et PRUVOST.C. Testing of alternative method of pollutant emission measurement for passenger cars. The Science of the total environment, 134 (1993) 197-209.
- 76/ ADEME information presse. Les normes Euro pour limiter les émissions de polluants des véhicules neufs, 15 mai 2007.
- 77/ Décret exécutif n° 03-410 du 10 Ramadhan 1424correspondant au 5 novembre 2003 fixant les seuils limites des émissions des fumées, des gaz toxiques et des bruits par les véhicules automobiles.
- 78/Notice d'utilisation : ULTIMA 600, Johnson Controls Automotive Electronics. France
- 79/Certificat d'examen CE de type n° LNE-14251 de l'analyseur de gaz ULTIMA 600 établi le 17/10/08
- 80/ DEGOBERT.P. Réglementation des véhicules automobiles. Technique de l'ingénieur B2712, 1994.
- 81/CHIKHI.S, Rapport interne du LSTE et Communication personnelle, ENP, 2009
- 82/GAGNEPAIN.L, véhicules légers GPL Euro 3, mesure des émissions de CO₂ et de polluants comparatifs avec leur version essence et diesel. ADEME, Avril 2004.

- 83/ CHENG-HSUN LAI, CHIH-CHUNG CHANG, CHIEH-HENG WANG, MIN SHAO, YUANHANG ZHANG, JIA-LIN WANG. Emissions of liquefied petroleum gas (LPG) from motor vehicles. *Atmospheric Environment* 43 (2009) 1456–1463
- 84/ GONZALEZ.R, GONZALEZ.F, BARRIOS.E, MARTINES.I, VICENTE.W et MENDEZ.S. La performance du gaz de pétrole liquéfié (GPL) en comparaison avec l'essence commercial (Magna) dans un moteur à allumage commandé, à 2240m (mexico). Actes du colloque international environnement et transport dans des contextes différents, vol 2. Ghardaïa, Algérie, 16-18 février 2009. pp122-129
- 85/ JEULAND.N, MONTAGNE.X. EETP: "European Emission Test Programme". Rapport IFP, Techniques d'Applications Energétiques, Avril 2004.
- 86/ IHAB EL-SHAWARBY, KYOUNGHO AHN, HESHAM RAKHA. Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions. *Transportation Research Part D* 10 (2005) 13–30.
- 87/ NOBUTAKA.K et HORIBA. "On-board Engine Emission Measurement System - The OBS-1000 Series", Kyoto, Japon, 2000.

Annexe I

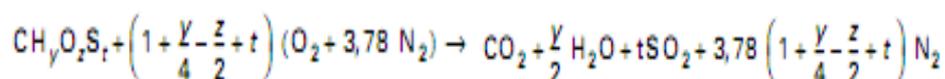
Définitions

1. Équation stœchiométrique de combustion. Définition de la richesse

En matière de bilan global de combustion, la structure chimique du carburant (nombre d'atomes de carbone de la chaîne carbonée, nature des liaisons, ramifications) n'intervient pas directement ; seule importe la composition globale, c'est-à-dire la teneur massique en carbone, hydrogène, éventuellement oxygène et soufre.

Ainsi, l'analyse élémentaire quantitative du carburant fournit une formule globale $(CH_y O_z S_t)_n$ où le coefficient n , lié à la masse moléculaire moyenne, n'a pas d'influence sur le dosage air-carburant.

L'équation chimique de combustion s'écrit alors :



On admet que l'air contient en volume 20,9 % d'oxygène et 79,1 % d'azote ; l'argon dont la teneur volumique dans l'air est 0,93 % et les autres gaz présents à l'état de traces, sont assimilés à l'azote.

Le rapport stœchiométrique r est le quotient des masses respectives d'air et de carburant mises en présence dans l'équation de combustion précédente :

$$r = \left(\frac{m_a}{m_c} \right)_{st}$$

avec m_a masse d'air,

m_c masse de carburant

r est généralement compris entre 13 et 15 pour les hydrocarbures, plus précisément entre 14 et 14,5 pour les carburants liquides classiques (essences, gazole) ; r augmente avec le rapport H/C, passant de 11,49 à 34,46 du carbone à l'hydrogène pur ; par ailleurs, r diminue lorsque la teneur en oxygène du carburant augmente.

Selon les types de moteurs et les plages de fonctionnement (régime, charge), les conditions de combustion sont plus ou moins éloignées de celles correspondant à la stœchiométrie.

La composition du milieu réactionnel s'exprime alors par la richesse ϕ définie par la relation :

$$\phi = \left(\frac{m_c}{m_a} \right)_{re} / \left(\frac{m_c}{m_a} \right)_{st} = \left(\frac{m_c}{m_a} \right)_{re} \times r$$

où $\left(\frac{m_c}{m_a} \right)_{re}$ et $\left(\frac{m_c}{m_a} \right)_{st}$ désignent respectivement les rapports des débits massiques de carburant et d'air, dans les conditions réelles et stœchiométriques.

La richesse se rapporte donc au réactif le plus noble, c'est-à-dire le carburant, et le mélange est riche ou pauvre, selon que le carburant se trouve en excès ou en défaut par rapport à la stœchiométrie.

2. Pouvoirs calorifiques

Le pouvoir calorifique massique ou volumique d'un carburant est la quantité d'énergie libérée par unité de masse ou de volume de carburant, lors de la réaction chimique de combustion complète conduisant à la formation de CO₂ et H₂O. Le carburant est pris, sauf mention contraire, à l'état liquide et à une température de référence, généralement 25°C. L'air et les produits de combustion sont considérés à cette même température.

On fait la distinction entre le pouvoir calorifique supérieur (PCS) et le pouvoir calorifique inférieur (PCI), selon que l'eau obtenue par combustion se trouve à l'état liquide ou à l'état gazeux. La seule grandeur véritablement utile en pratique est le PCI, puisque, dans les produits de combustion des moteurs, l'eau est rejetée sous forme de vapeur.

3. La pression de vapeur

C'est le critère retenu pour apprécier la volatilité des essences. Le plus souvent, on ne détermine pas la pression de vapeur vraie, mais une grandeur associée, appelée pression de vapeur Reid (PVR). La procédure consiste à mesurer la pression relative développée par les vapeurs issues d'un échantillon d'essence, disposé dans une enceinte métallique, à une température de 37,8 °C. Les PVR des essences sont, en général, comprises entre 350 et 1 000 mbar.

4. La courbe de distillation d'une essence

La courbe de distillation d'une essence représente l'évolution de la fraction distillée en volume, à pression atmosphérique, en fonction de la température. Le plus souvent, on définit sur cette courbe quelques repères : point initial PI, point final PF, fractions distillées en pourcentage (volume) à 70, 100, 180 et 210 °C, désignées respectivement par les sigles E70, E100, E180 et E210.

5. Définition de l'indice d'octane

L'indice d'octane (Io) est un nombre qui caractérise le délai d'inflammation du carburant (essence et GPL-c). Plus l'indice d'octane est élevé, plus le délai d'inflammation est élevé : « le carburant résiste bien à la détonation ».

- Io élevé => dai élevé : Combustion contrôlée ;

- Io faible => dai faible : Risque de combustions incontrôlées « Cliquetis »

Différents indices d'octane

Il existe 2 types d'indice d'octane :

-L'indice d'octane RON (indice Recherche) : Indice d'octane déterminé dans des conditions d'essais très éloignées de la réalité de fonctionnement des moteurs thermiques.

-L'indice d'octane MON (indice Moteur) : indice d'octane plus sévère et plus juste car il est déterminé dans des conditions plus proche de la réalité de fonctionnement des moteurs.
L'indice d'octane moteur est inférieur d'environ 10 points à l'indice recherche.
Exemple : RON 95 = MON 85

6. Phénomène de cliquetis

Dans le moteur à allumage commandé, plusieurs types possibles de combustion peuvent se manifester.

Le processus normal consiste en une combustion rapide, mais progressive, du mélange air-carburant, grâce à la propagation d'un front de flamme issu de l'étincelle jaillissant entre les électrodes de la bougie d'allumage.

Le phénomène parasite est le cliquetis : il s'agit d'une auto-inflammation instantanée et en masse d'une partie de la charge non encore brûlée et portée à température et pression élevées par le mouvement du piston et par le dégagement d'énergie dû à la propagation du front de flamme. Il en résulte une augmentation locale de la pression, suivie de vibrations de la masse gazeuse qui s'atténuent progressivement, jusqu'à égalisation de la pression en tout point de la chambre de combustion, et qui créent un bruit caractéristique évoquant un tintement métallique, d'où l'origine du terme : cliquetis. La fréquence fondamentale correspondante est de l'ordre de 5 000 à 800 Hz.

Annexe II

Méthode de calcul de la masse des émissions polluantes [31]

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.

Equations :

Soit :

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

alors :

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

Par ailleurs on a :

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

A remarquer que 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 :

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

Finalement on obtient:

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

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

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

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 :

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

En posant :

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

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 :

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

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:

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

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 :

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

à l'exception du calcul du facteur de dilution DF où il faut exprimer les concentration en % pour CO₂ 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 : $m_i^e (\text{totale}) = 112 * m_i^e$

Annexe III

Résultats des essais de la Mégane

1. cycle urbain

| Carburant | Essence Super (13/06/2009) | | | GPL (13/06/2009) | | | Essence Sans Plomb (14/06/2009) | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Essai | | | | | | | | | |
| CH4 (ppm) | 7,4 | 4,6 | 5,1 | 8,5 | 9,7 | 9,4 | 5,8 | 5,2 | 4,6 |
| HC (ppm) | 135 | 118 | 115 | 186 | 169 | 143 | 140 | 115 | 96 |
| CO (ppm) | 174 | 206 | 216 | 171 | 202 | 186 | 199 | 249 | 241 |
| CO2 (%) | 0,999 | 0,858 | 1,004 | 0,792 | 0,878 | 0,875 | 1,083 | 1,117 | 0,962 |
| Durée essai (s) | 653 | 838 | 606 | 644 | 612 | 669 | 723 | 729 | 829 |
| Vitesse moy (km/h) | 17,64 | 13,75 | 19,01 | 17,89 | 18,82 | 17,22 | 15,93 | 15,80 | 13,90 |
| Volume (m3) | 0,426 | 0,563 | 0,410 | 0,428 | 0,413 | 0,451 | 0,451 | 0,461 | 0,527 |
| Vitesse moy (km/h) Dataloger | 16,74 | 13,06 | 18,08 | 16,94 | 17,96 | 16,28 | | | |
| Température ambiante moyenne | 29,1 | 34,0 | 34,5 | 31,8 | 34,2 | 35,3 | 29,5 | 33,8 | 34,2 |
| Débit volucompteur (m3/h) | 2,349 | 2,419 | 2,436 | 2,393 | 2,429 | 2,427 | 2,246 | 2,277 | 2,289 |
| Débit échantillon (l/mn) | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| Volume total gaz dilué (m3) | 0,470 | 0,619 | 0,450 | 0,471 | 0,454 | 0,496 | 0,499 | 0,510 | 0,582 |

2. cycle routier

| Carburant | Essence Super | | | GPL | | | Essence Sans Plomb | |
|--|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Essai | | | | | | | | |
| CH4 (ppm) | 6,5 | 6,5 | 6,6 | 9,3 | 11,4 | 10,2 | 8,5 | 8,8 |
| HC (ppm) | 127 | 202 | 130 | 141 | 155 | 153 | 162 | 159 |
| CO (ppm) | 224 | 213 | 216 | 144 | 164 | 190 | 231 | 292 |
| CO2 (%) | 1,349 | 1,287 | 1,422 | 1,053 | 1,195 | 1,141 | 1,551 | 1,614 |
| Durée essai (s) | 749 | 774 | 729 | 798 | 730 | 753 | 737 | 712 |
| Vitesse moy (km/h) | 27,40 | 26,51 | 28,15 | 25,71 | 28,11 | 27,25 | 27,84 | 28,82 |
| Volume (m3) | 0,504 | 0,511 | 0,498 | 0,538 | 0,497 | 0,498 | 0,487 | 0,461 |
| Vitesse moy (km/h) Datalogger | 26,37 | 25,50 | 26,70 | 24,78 | 26,65 | 26,21 | | |
| Température ambiante moyenne | 36,9 | 39,6 | 40,0 | 36,1 | 37,6 | 39,7 | 38,4 | 39,7 |
| Débit volucompteur (m3/h) | 2,422 | 2,377 | 2,459 | 2,427 | 2,451 | 2,381 | 2,379 | 2,331 |
| Débit échantillon (l/mn) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Volume total gaz dilué (m3) | 0,554 | 0,563 | 0,547 | 0,591 | 0,546 | 0,548 | 0,536 | 0,508 |

3. cycle autoroutier

| Carburant | Essence Super | | | GPL | | | Essence Sans Plomb | | |
|----------------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Essai | | | | | | | | | |
| CH4 (ppm) | 8,5 | 9,2 | 8,6 | 11,9 | 17,5 | 12,8 | 7,8 | 8,8 | 18,9 |
| HC (ppm) | 125 | 114 | 109 | 137 | 145 | 154 | 140 | 133 | 188 |
| CO (ppm) | 84 | 90 | 94 | 88 | 112 | 174 | 94 | 84 | 156 |
| CO2 (%) | 2,185 | 2,285 | 2,188 | 2,012 | 2,179 | 2,018 | 2,052 | 2,235 | 3,920 |
| Durée essai (s) | 660 | 610 | 651 | 636 | 608 | 633 | 655 | 616 | 610 |
| Vitesse moy (km/h) | 61,64 | 66,69 | 62,49 | 63,96 | 66,91 | 64,27 | 62,11 | 66,04 | 66,69 |
| Volume (m3) | 0,429 | 0,392 | 0,398 | 0,413 | 0,387 | 0,387 | 0,422 | 0,394 | 0,381 |
| Vitesse moy (km/h) Datalogger | 58,95 | 63,05 | 60,01 | 61,55 | 63,95 | 62,77 | | | |
| Température ambiante moyenne | 39,3 | 35,5 | 32,7 | 38,5 | 36,9 | 33,3 | 38,8 | 40,0 | 41,6 |
| Débit volucompteur (m3/h) | 2,340 | 2,313 | 2,201 | 2,338 | 2,291 | 2,201 | 2,319 | 2,303 | 2,249 |
| Débit échantillon (l/mn) | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| Volume total gaz dilué (m3) | 0,473 | 0,433 | 0,441 | 0,455 | 0,428 | 0,429 | 0,466 | 0,435 | 0,422 |

Avec : CH4 : méthane

HC : hydrocarbures totaux

Vmoy : vitesse calculée à partir de la distance parcourue durant un temps bien déterminé pendant chaque essai

Vmoy Datalogger : vitesse mesurée avec un cinémomètre

Annexe IV

Caractéristiques des véhicules essence utilisées pour la campagne de mesure des polluants au ralenti

| N° | Véhicule | Marque | Année | Nombre de chevaux fiscaux | Polluant | | | |
|----|--------------|------------|-------|---------------------------|-----------|--------------|------------------------|----------|
| | | | | | CO (%vol) | COcor (%vol) | CO ₂ (%vol) | HC (ppm) |
| 1 | Clio classic | Renault | 2005 | 7 | 0,41 | 0,41 | 15 | 24 |
| 2 | Siena | Fiat | 2004 | 6 | 0,61 | 0,61 | 14,3 | 106 |
| 3 | R5 | Renault | 1985 | 4 | 1,52 | 6,67 | 1,9 | 615 |
| 4 | Saxo | Citroen | 2001 | 5 | 4,41 | 5,55 | 7,5 | 2230 |
| 5 | Aveo LT | Chevrolet | 2005 | 6 | 2,08 | 2,08 | 14,1 | 120 |
| 6 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 1,5 | 1,5 | 13,6 | 150 |
| 7 | Charade | Daihatsu | 2005 | 4 | 0,14 | 0,19 | 11 | 169 |
| 8 | Polo | Volkswagen | 1991 | 4 | 8,3 | 8,3 | 7,1 | 1631 |
| 9 | Golf | Volkswagen | 1989 | 6 | 1,77 | 3,06 | 6,9 | 247 |
| 10 | Atos | Hyundai | 2005 | 4 | 0,11 | 0,15 | 10,6 | 82 |
| 11 | 505 | Peugeot | 1989 | 7 | 0,08 | 0,13 | 9,3 | 909 |
| 12 | Saxo | Citroen | 2000 | 5 | 3,7 | 3,7 | 12,6 | 343 |
| 13 | Atos | Hyundai | 2005 | 4 | 0,17 | 0,21 | 12 | 263 |
| 14 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 1,91 | 1,91 | 14 | 113 |
| 15 | R18 | Renault | 1981 | 7 | 0,14 | 0,33 | 6,3 | 1386 |
| 16 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 0,11 | 0,13 | 12,7 | 150 |
| 17 | Clio | Renault | 2002 | 7 | 3,79 | 3,9 | 10,8 | 299 |
| 18 | Atos | Hyundai | 2005 | 4 | 0,16 | 0,19 | 12,3 | 117 |
| 19 | R4 | Renault | 1986 | 5 | 3,81 | 4,23 | 9,7 | 1771 |
| 20 | R4 | Renault | 1992 | 4 | 8,26 | 8,26 | 10 | 386 |
| 21 | Yaris | Toyota | 2005 | 6 | 0,68 | 0,72 | 13,4 | 249 |
| 22 | | Dacia | 1987 | 7 | 2,45 | 2,77 | 10,8 | 462 |
| 23 | | Chevrolet | 2005 | 6 | 0,94 | 0,94 | 14,4 | 105 |
| 24 | Clio | Renault | 2007 | 5 | 0,03 | 0,03 | 14,6 | 72 |
| 25 | R5 | Renault | 1985 | 4 | 3,42 | 3,94 | 9,6 | 1165 |
| 26 | Jetta | Volkswagen | 1990 | 7 | 0,32 | 0,98 | 4,6 | 2090 |
| 27 | Civic | Honda | 1985 | 5 | 3,47 | 3,5 | 11,4 | 529 |
| 28 | Cerato | Kia | 2005 | 7 | 0,15 | 0,15 | 14,8 | 103 |

| | | | | | | | | |
|----|---------|------------|------|---|------|------|------|------|
| 29 | Lanos | Daewoo | 1998 | 7 | 2,04 | 3,24 | 7,4 | 833 |
| 30 | R5 | Renault | 1991 | 4 | 2,52 | 3,07 | 9,8 | 918 |
| 31 | Clio | Renault | 2006 | 7 | 0,68 | 0,96 | 9,9 | 91 |
| 32 | Jetta | Volkswagen | 1985 | 6 | 0,18 | 0,27 | 10 | 1007 |
| 33 | Clio | Renault | 2006 | 7 | 0 | 0 | 15,2 | 61 |
| 34 | R9 | Renault | 1985 | 7 | 2,19 | 4,39 | 5,3 | 686 |
| 35 | Clio | Renault | 2005 | 7 | 0,01 | 0,01 | 14,9 | 68 |
| 36 | Cielo | Daewoo | 1998 | 6 | 2,07 | 2,88 | 8,7 | 194 |
| 37 | | Zastava | 1984 | 6 | 4,46 | 4,46 | 10,9 | 319 |
| 38 | Fiesta | Ford | 2001 | 5 | 1,18 | 1,28 | 12,7 | 296 |
| 39 | Uno | Fiat | 1987 | 5 | 0,61 | 2,53 | 3 | 798 |
| 40 | Clio | Renault | 2000 | 5 | 0,79 | 0,91 | 12,2 | 150 |
| 41 | Atos | Hyundai | 2005 | 4 | 0,11 | 0,14 | 11,5 | 311 |
| 42 | R4 | Renault | 1986 | 4 | 1,53 | 3,17 | 5,7 | 487 |
| 43 | Cielo | Daewoo | 2000 | 6 | 0,27 | 0,29 | 13,6 | 221 |
| 44 | R9 | Renault | 1987 | 6 | 0,11 | 0,17 | 9,4 | 352 |
| 45 | Yaris | Toyota | 2005 | 6 | 1,23 | 1,23 | 13,8 | 325 |
| 46 | Twingo | Renault | 1995 | 5 | 1,08 | 2,11 | 6,6 | 143 |
| 47 | Accord | Honda | 1982 | 9 | 2,3 | 4,01 | 6,3 | 395 |
| 48 | Clio | Renault | 2005 | 7 | 0 | 0 | 14,5 | 57 |
| 49 | R4 | Renault | 1987 | 4 | 1,29 | 2,58 | 6,2 | 1956 |
| 50 | Ponda | Fiat | 1993 | 5 | 3,09 | 3,46 | 10,3 | 977 |
| 51 | 505 | Renault | 1989 | 9 | 1,35 | 1,35 | 13,9 | 118 |
| 52 | R9 | Renault | 1983 | 7 | 3,7 | 3,96 | 10,3 | 198 |
| 53 | Ponda | Fiat | 1986 | 5 | 5 | 7,51 | 8,59 | 4110 |
| 54 | R5 | Renault | 1985 | 4 | 2,42 | 4,31 | 6 | 335 |
| 55 | Aveo LT | Chevrolet | 2005 | 6 | 0,97 | 0,97 | 14,4 | 127 |
| 56 | Ritmo | Fiat | 1981 | 7 | 0,56 | 1,32 | 5,8 | 3280 |
| 57 | Clio | Renault | 2005 | 5 | 0,01 | 0,01 | 15,4 | 73 |
| 58 | Clio | Renault | 2003 | 7 | 0,07 | 0,07 | 15,1 | 90 |
| 59 | Aveo | Chevrolet | 2005 | 5 | 0,41 | 0,52 | 11,4 | 57 |
| 60 | Clio | Renault | 2002 | 5 | 0,02 | 0,02 | 15,7 | 176 |
| 61 | R9 | Renault | 1988 | 7 | 2,77 | 3,02 | 11 | 670 |
| 62 | R4 | Renault | 1992 | 4 | 2,34 | 2,67 | 10,8 | 379 |
| 63 | 106 | Peugeot | 1999 | 5 | 1,53 | 1,53 | 13,6 | 350 |
| 64 | Golf | Volkswagen | 2005 | 7 | 0,01 | 0,01 | 15,6 | 62 |
| 65 | Clio | Renault | 1994 | 5 | 1,02 | 2,2 | 5,7 | 1307 |
| 66 | Clio | Renault | 2001 | 5 | 0,01 | 0,01 | 15,2 | 48 |
| 67 | Lanos | Daewoo | 1999 | 7 | 1,46 | 6,52 | 1,9 | 792 |
| 68 | R5 | Renault | 1987 | 7 | 1,36 | 1,65 | 11 | 408 |
| 69 | Santana | Volkswagen | 1988 | 7 | 1,94 | 3,49 | 6,4 | 326 |

| | | | | | | | | |
|-----|---------|------------|------|---|------|------|------|------|
| 70 | Saxo | Citroen | 1998 | 5 | 0,15 | 0,18 | 12,1 | 216 |
| 71 | 206 | Peugeot | 2005 | 5 | 0,61 | 0,62 | 14,2 | 133 |
| 72 | Uno | Fiat | 1986 | 5 | 3,07 | 3,07 | 12,2 | 251 |
| 73 | Accent | Hyundai | 2008 | 7 | 0,21 | 0,23 | 13,7 | 125 |
| 74 | Nubira | Daewoo | 2000 | 7 | 0,46 | 0,69 | 9,6 | 440 |
| 75 | Aveo | Chevrolet | 2005 | 6 | 0,12 | 0,13 | 13,6 | 113 |
| 76 | Civic | Honda | 1998 | 9 | 1,08 | 1,05 | 14,1 | 178 |
| 77 | Clio | Renault | 2005 | 7 | 0 | 0 | 13,9 | 40 |
| 78 | 800 | Maruti | 2008 | 4 | 0,8 | 0,8 | 14,5 | 107 |
| 79 | Lanos | Daewoo | 1999 | 7 | 2,64 | 3,76 | 7,9 | 2800 |
| 80 | Gol | Volkswagen | 2005 | 7 | 0,71 | 0,71 | 14,5 | 72 |
| 81 | 405 | Peugeot | 1991 | 9 | 0,15 | 0,19 | 11,9 | 533 |
| 82 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 1,4 | 1,4 | 13,7 | 247 |
| 83 | Accent | Hyundai | 2005 | 7 | 0,12 | 0,17 | 10,4 | 2820 |
| 84 | Clio | Renault | 2006 | 7 | 0,52 | 0,52 | 14,8 | 168 |
| 85 | Atos | Hyundai | 1999 | 4 | 0,85 | 0,83 | 14,3 | 149 |
| 86 | Accent | Hyundai | 2005 | 7 | 0,32 | 0,38 | 12,2 | 94 |
| 87 | Clio | Renault | 1997 | 7 | 1,16 | 1,8 | 8,5 | 115 |
| 88 | Spark | Chevrolet | 2005 | 4 | 0,78 | 0,87 | 12,7 | 167 |
| 89 | Zen | Maruti | 2005 | 5 | 3,18 | 3,18 | 12 | 461 |
| 90 | R21 | Renault | 1993 | 7 | 0,86 | 3,43 | 2,9 | 174 |
| 91 | Gol | Volkswagen | 2006 | 8 | 0,8 | 0,8 | 14,5 | 142 |
| 92 | Picanto | Kia | 2005 | 5 | 0 | 0 | 14,5 | 129 |
| 93 | Clio | Renault | 2005 | 7 | 0 | 0 | 15,6 | 130 |
| 94 | Spark | Chevrolet | 2005 | 4 | 1,63 | 1,63 | 14,1 | 173 |
| 95 | Logan | Dacia | 2008 | 6 | 0,35 | 0,35 | 14,9 | 99 |
| 96 | 206 | Peugeot | 2005 | 5 | 0,75 | 0,75 | 14,6 | 158 |
| 97 | Aveo | Chevrolet | 2005 | 5 | 3,15 | 3,15 | 13,2 | 219 |
| 98 | Uno | Fiat | 1989 | 6 | 1,78 | 2,43 | 9,2 | 675 |
| 99 | Logan | Dacia | 2005 | 6 | 0,57 | 0,57 | 14,6 | 120 |
| 100 | Logan | Dacia | 2005 | 6 | 1,88 | 1,9 | 13 | 112 |
| 101 | Clio | Renault | 2007 | 5 | 0,32 | 0,32 | 14,9 | 131 |
| 102 | 305 | Peugeot | 1985 | 7 | 2,71 | 3,2 | 10 | 567 |
| 103 | Accent | Hyundai | 2005 | 7 | 0,43 | 0,43 | 14,4 | 104 |
| 104 | Aveo | Chevrolet | 2005 | 6 | 1,14 | 1,16 | 13,6 | 163 |
| 105 | | Renault | 1986 | 7 | 1,9 | 2,57 | 9,2 | 290 |
| 106 | Nubira | Daewoo | 2000 | 7 | 0,46 | 0,8 | 8,2 | 886 |
| 107 | Nubira | Daewoo | 1998 | 7 | 1,68 | 1,23 | 13,3 | 187 |
| 108 | | Renault | 1984 | 4 | 0,91 | 1,34 | 9,3 | 991 |
| 109 | R9 | Renault | 1985 | 5 | 1,17 | 1,2 | 13,5 | 669 |
| 110 | Twingo | Renault | 1998 | 4 | 2,22 | 2,84 | 9,5 | 180 |

| | | | | | | | | |
|-----|---------|------------|------|----|------|------|------|------|
| 111 | Atos | Hyundai | 2000 | 4 | 0,17 | 0,22 | 11,3 | 187 |
| 112 | R5 | Renault | 1985 | 5 | 0,85 | 2,34 | 4,6 | 443 |
| 113 | 205 | Peugeot | 1987 | 4 | 0,76 | 6,48 | 1 | 333 |
| 114 | R5 | Renault | 1987 | 4 | 2,95 | 2,95 | 13,1 | 455 |
| 115 | 206 | Peugeot | 2005 | 5 | 0,48 | 0,51 | 13,7 | 129 |
| 116 | 206 | Peugeot | 2007 | 5 | 0,01 | 0,01 | 15,4 | 136 |
| 117 | Shuma | Kia | 2001 | 7 | 2,84 | 2,99 | 11,4 | 297 |
| 118 | Rio | Kia | 2005 | 7 | 1,64 | 1,64 | 14,3 | 140 |
| 119 | R4 | Renault | 1984 | 4 | 2,14 | 2,69 | 9,8 | 748 |
| 120 | Picanto | Kia | 2005 | 5 | 0,53 | 0,57 | 13,4 | 134 |
| 121 | Ritmo | Fiat | 1981 | 6 | 3,63 | 8,34 | 2,9 | 520 |
| 122 | C5 | Citroen | 1992 | 5 | 3,07 | 3,07 | 13,1 | 299 |
| 123 | Clio | Renault | 1999 | 6 | 0,97 | 1,03 | 13,1 | 144 |
| 124 | R5 | Renault | 1988 | 7 | 0,18 | 0,21 | 12,8 | 99 |
| 125 | Golf | Volkswagen | 1996 | 6 | 2,83 | 3,07 | 11 | 196 |
| 126 | | Chrysler | 2002 | 8 | 2,97 | 2,97 | 13,2 | 222 |
| 127 | Lanos | Hyundai | 1998 | 7 | 0,22 | 0,24 | 13,3 | 198 |
| 128 | Sephira | Kia | 2000 | 7 | 0,12 | 0,26 | 6,9 | 757 |
| 129 | R19 | Renault | 2000 | 8 | 0,24 | 0,33 | 10,8 | 414 |
| 130 | Zen | Maruti | 2006 | 5 | 2,99 | 3,16 | 11,2 | 476 |
| 131 | R19 | Renault | 1999 | 8 | 1,82 | 1,82 | 15,4 | 150 |
| 132 | Twingo | Renault | 1999 | 7 | 1,46 | 1,64 | 14,2 | 150 |
| 133 | Civic | Honda | 1982 | 9 | 4,47 | 4,47 | 10,8 | 356 |
| 134 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 3,09 | 3,09 | 13,1 | 193 |
| 135 | R9 | Renault | 1988 | 7 | 3,73 | 4,02 | 10,2 | 147 |
| 136 | Picanto | Kia | 2005 | 5 | 0,02 | 0,02 | 13,7 | 117 |
| 137 | 206 | Peugeot | 2000 | 5 | 0,89 | 0,97 | 12,9 | 134 |
| 138 | Yaris | Toyota | 2006 | 5 | 2,91 | 2,31 | 13,6 | 388 |
| 139 | Golf | Volkswagen | 1999 | 5 | 0,37 | 0,54 | 9,9 | 103 |
| 140 | 206 | Peugeot | 2005 | 5 | 0,63 | 0,63 | 14,4 | 181 |
| 141 | 505 | Peugeot | 1983 | 9 | 3,43 | 4,21 | 8,8 | 359 |
| 142 | Twingo | Renault | 2000 | 4 | 1,64 | 1,64 | 13,7 | 185 |
| 143 | 505 | Peugeot | 1986 | 10 | 1 | 3,41 | 3,4 | 129 |
| 144 | Atos | Hyundai | 2006 | 4 | 0,32 | 0,34 | 13,6 | 123 |
| 145 | Aveo | Chevrolet | 2005 | 5 | 0,92 | 0,92 | 14,5 | 167 |
| 146 | R19 | Renault | 1993 | 7 | 1,72 | 1,72 | 13,4 | 140 |
| 147 | Golf | Volkswagen | 1985 | 5 | 1,95 | 4,07 | 4,7 | 929 |
| 148 | 405 | Peugeot | 1992 | 9 | 0,19 | 0,19 | 15,2 | 436 |
| 149 | Panda | Fiat | 1999 | 4 | 1,2 | 1,2 | 13,9 | 275 |
| 150 | 206 | Peugeot | 2002 | 5 | 3,46 | 3,46 | 12 | 1058 |
| 151 | Clio | Renault | 2005 | 5 | 0,04 | 0,05 | 4,9 | 59 |

| | | | | | | | | |
|-----|---------|------------|------|---|------|------|------|------|
| 152 | Uno | Fiat | 1989 | 5 | 2,64 | 2,64 | 12,9 | 245 |
| 153 | | Chery | 2005 | 4 | 1,56 | 1,56 | 13,6 | 116 |
| 154 | Aveo | Chevrolet | 2005 | 5 | 2,03 | 2,22 | 11,7 | 310 |
| 155 | | Lancia | 1996 | 4 | 0,88 | 1,02 | 12 | 298 |
| 156 | Clio | Renault | 2007 | 5 | 0,25 | 0,25 | 15,1 | 159 |
| 157 | Golf | Volkswagen | 1989 | 5 | 0,16 | 0,38 | 6,2 | 2390 |
| 158 | 504 | Peugeot | 1983 | 9 | 3,48 | 2,93 | 9,8 | 711 |
| 159 | Atos | Hyundai | 2005 | 4 | 0,15 | 0,22 | 10 | 336 |
| 160 | Accent | Hyundai | 2005 | 7 | 0,15 | 0,17 | 12,8 | 57 |
| 161 | 800 | Maruti | 2005 | 4 | 2,63 | 2,79 | 11,5 | 563 |
| 162 | Uno | Fiat | 1992 | 5 | 0,75 | 0,87 | 11,5 | 1095 |
| 163 | Yaris | Toyota | 2005 | 6 | 0,33 | 0,36 | 13,6 | 454 |
| 164 | Logan | Dacia | 2006 | 6 | 0,66 | 0,66 | 14,5 | 117 |
| 165 | Lanos | Daewoo | 1999 | 7 | 1,16 | 1,21 | 13,2 | 116 |
| 166 | Golf | Volkswagen | 1989 | 6 | 0,16 | 0,2 | 11,6 | 239 |
| 167 | Civic | Honda | 2006 | 5 | 0,15 | 0,15 | 14,6 | 91 |
| 168 | Matiz | Daewoo | 1999 | 5 | 0,2 | 0,21 | 13,8 | 208 |
| 169 | Picanto | Kia | 2005 | 5 | 0,04 | 0,04 | 13,8 | 208 |
| 170 | R9 | Renault | 1982 | 5 | 1,91 | 1,92 | 13 | 325 |
| 171 | Clio | Renault | 2005 | 5 | 0,66 | 0,66 | 14,5 | 131 |
| 172 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 2,75 | 3,26 | 9,9 | 360 |
| 173 | Accent | Hyundai | 2000 | 6 | 1,47 | 2,49 | 7,4 | 214 |
| 174 | Aveo | Chevrolet | 2008 | 6 | 0,32 | 0,3 | 14,3 | 104 |
| 175 | Nubira | Daewoo | 1998 | 7 | 2,46 | 3,49 | 8,1 | 1072 |
| 176 | | Kia | 2000 | 7 | 2,43 | 3,33 | 8,5 | 790 |
| 177 | Sirion | Daihatsu | 2005 | 6 | 2,03 | 2,22 | 11,7 | 310 |
| 178 | R4 | Renault | 1983 | 4 | 2,67 | 3,09 | 10,3 | 483 |
| 179 | Twingo | Renault | 2002 | 5 | 0,75 | 0,75 | 14,4 | 230 |
| 180 | Clio | Renault | 2005 | 7 | 0,05 | 0,05 | 15 | 129 |
| 181 | Logan | Dacia | 2006 | 6 | 0,05 | 0,05 | 15,1 | 81 |
| 182 | R4 | Renault | 1988 | 4 | 2,48 | 2,48 | 13 | 375 |
| 183 | Zen | Maruti | 2005 | 5 | 2,95 | 2,95 | 13 | 298 |
| 184 | | Mazda | 1995 | 7 | 0,15 | 0,17 | 12,8 | 139 |
| 185 | 206 | Peugeot | 2006 | 6 | 0,6 | 0,6 | 14,5 | 145 |
| 186 | Aveo | Chevrolet | 2005 | 5 | 0,91 | 0,91 | 14,4 | 134 |
| 187 | Clio | Renault | 2000 | 7 | 0,63 | 0,81 | 11,1 | 634 |
| 188 | Punto | Fiat | 1996 | 5 | 1,65 | 1,88 | 11,5 | 1307 |
| 189 | Aveo | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,18 | 0,19 | 14 | 104 |
| 190 | Golf | Volkswagen | 1987 | 6 | 1,39 | 1,74 | 10,6 | 185 |
| 191 | 106 | Peugeot | 1998 | 6 | 0,17 | 0,38 | 8,3 | 1298 |
| 192 | Aveo | Chevrolet | 2006 | 6 | 2,64 | 2,64 | 13 | 129 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|-----------|------|---|------|------|------|-----|
| 193 | Aveo | Chevrolet | 2008 | 6 | 0,79 | 0,79 | 14,4 | 105 |
| 194 | Megane | Renault | 2001 | 7 | 0,88 | 0,89 | 14 | 214 |
| 195 | R9 | Renault | 1981 | 7 | 3,93 | 3,93 | 11,3 | 530 |
| 196 | R18 | Renault | 1984 | 7 | 2,83 | 3,23 | 10,3 | 866 |
| 197 | R19 | Renault | 1991 | 8 | 2,51 | 2,51 | 13,4 | 237 |
| 198 | R4 | Renault | 1980 | 5 | 3,02 | 6,84 | 3,6 | 410 |
| 199 | R4 | Renault | 1991 | 4 | 0,19 | 0,24 | 11,5 | 497 |
| 200 | R4 | Renault | 1987 | 4 | 0,16 | 0,23 | 10,4 | 299 |
| 201 | Cielo | Daewoo | 1999 | 6 | 3,47 | 3,47 | 12,3 | 258 |
| 202 | | Toyota | 1999 | 6 | 0,21 | 0,22 | 7,9 | 257 |
| 203 | Palio | Fiat | 2005 | 7 | 1,02 | 1,11 | 12,8 | 125 |
| 204 | Scenic | Renault | 2006 | 8 | 0,01 | 0,01 | 15,2 | 92 |
| 205 | 206 | Peugeot | 2000 | 5 | 1,69 | 3,43 | 5,7 | 353 |
| 206 | Clio | Renault | 2008 | 7 | 0 | 0 | 8,6 | 52 |
| 207 | Clio | Renault | 2008 | 5 | 0,01 | 0,01 | 15,2 | 127 |
| 208 | Accent | Hyundai | 2006 | 7 | 0,25 | 0,25 | 13,6 | 131 |
| 209 | Clio | Renault | 2008 | 7 | 0,17 | 0,17 | 14,8 | 122 |
| 210 | 406 | Peugeot | 1999 | 9 | 0,12 | 0,18 | 9,51 | 436 |
| 211 | Clio | Renault | 2005 | 5 | 0,33 | 0,33 | 14,7 | 158 |
| 212 | Uno | Fiat | 2006 | 6 | 1,08 | 1,1 | 13,7 | 185 |
| 213 | R19 | Renault | 1992 | 7 | 1,58 | 2,83 | 6,8 | 182 |
| 214 | Clio | Renault | 2006 | 5 | 0,13 | 0,13 | 14,6 | 159 |
| 215 | 206 | Peugeot | 2000 | 6 | 0,56 | 0,8 | 9,4 | 111 |
| 216 | | Citroen | 2001 | 6 | 0,07 | 0,09 | 11 | 112 |
| 217 | 800 | Maruti | 2006 | 4 | 0,16 | 0,22 | 10,8 | 362 |
| 218 | | Peugeot | 1985 | 4 | 0,16 | 0,22 | 10,9 | 379 |
| 219 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,16 | 0,22 | 10,8 | 311 |
| 220 | | Dacia | 2006 | 6 | 0,16 | 0,22 | 10,8 | 378 |
| 221 | | Renault | 1987 | 4 | 0,16 | 0,22 | 11 | 390 |
| 222 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,13 | 0,17 | 11,5 | 247 |
| 223 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,2 | 0,25 | 11,9 | 240 |
| 224 | | Renault | 2007 | 7 | 0,07 | 0,1 | 10,3 | 146 |
| 225 | | Toyota | 2006 | 6 | 1,04 | 1,14 | 12,7 | 143 |
| 226 | | Hyundai | 2004 | 7 | 0,38 | 0,48 | 11,6 | 137 |
| 227 | | Renault | 2007 | 7 | 0,02 | 0,02 | 15,6 | 68 |
| 228 | | Renault | 2007 | 7 | 0,53 | 0,68 | 11,2 | 333 |
| 229 | | Mazda | 1990 | 8 | 0,26 | 0,29 | 13,1 | 240 |
| 230 | | Hyundai | 2007 | 4 | 0,24 | 0,28 | 12,7 | 210 |
| 231 | | Renault | 1994 | 8 | 0,22 | 0,32 | 10 | 190 |
| 232 | | Renault | 2007 | 7 | 0,21 | 0,21 | 14,6 | 119 |
| 233 | | Renault | 2007 | 5 | 0,57 | 0,57 | 15 | 179 |

| | | | | | | | | |
|-----|-----|------------|------|----|------|-------|------|-----|
| 234 | | Fiat | 1990 | 8 | 0,01 | 0,01 | 15,6 | 80 |
| 235 | | Chevrolet | 2006 | 6 | 1,94 | 1,94 | 13,9 | 161 |
| 236 | | Chevrolet | 2005 | 6 | 0,02 | 0,04 | 7,1 | 10 |
| 237 | | Dacia | 2006 | 6 | 0,2 | 0,2 | 15,3 | 60 |
| 238 | | Peugeot | 2006 | 5 | 0,01 | 0,01 | 15,5 | 68 |
| 239 | | Fiat | 1985 | 4 | 0,4 | 0,4 | 15,1 | 142 |
| 240 | | Daewoo | 1999 | 7 | 0,04 | 0,26 | 2,3 | 0 |
| 241 | | Renault | 2006 | 5 | 0,38 | 0,38 | 14,9 | 328 |
| 242 | | Volkswagen | 1992 | 7 | 0,4 | 0,44 | 13,2 | 294 |
| 243 | | Hyundai | 1998 | 4 | 0,17 | 0,24 | 10,6 | 514 |
| 244 | | Hyundai | 2007 | 4 | 0,16 | 0,23 | 10,5 | 522 |
| 245 | | Hyundai | 2006 | 7 | 0,06 | 0,23 | 3,8 | 251 |
| 246 | | Renault | 2006 | 5 | 0,22 | 0,31 | 10,5 | 142 |
| 247 | | Renault | 2006 | 7 | 0,17 | 0,24 | 10,4 | 533 |
| 248 | | Renault | 1990 | 7 | 2,02 | 1,36 | 0,2 | 0 |
| 249 | | Chevrolet | 2008 | 6 | 0,19 | 0,23 | 12 | 246 |
| 250 | | Peugeot | 1990 | 7 | 0,38 | 0,53 | 10,3 | 250 |
| 251 | | Chevrolet | 2007 | 6 | 0,76 | 0,76 | 14,8 | 88 |
| 252 | | Peugeot | 2000 | 4 | 0,39 | 0,55 | 1,3 | 233 |
| 253 | | Peugeot | 1992 | 9 | 0,7 | 0,7 | 14,7 | 102 |
| 254 | | Renault | 2006 | 7 | 0,08 | 0,08 | 14,1 | 98 |
| 255 | 800 | Maruti | 2004 | 4 | 0,1 | 0,11 | 14 | 84 |
| 256 | | Chevrolet | 2006 | 6 | 1,21 | 1,28 | 13 | 203 |
| 257 | | Renault | 1985 | 7 | 0,64 | 0,64 | 14,6 | 113 |
| 258 | | Suzuki | 2006 | 6 | 0,48 | 0,48 | 14,7 | 88 |
| 259 | | Peugeot | 1986 | 10 | 0,53 | 0,53 | 14,6 | 118 |
| 260 | | Fiat | 2000 | 6 | 1,99 | 1,34 | 13,2 | 174 |
| 261 | | Renault | 1984 | 4 | 0,18 | 0,22 | 12,2 | 477 |
| 262 | | Lancia | 1991 | 4 | 0,26 | 0,3 | 12,8 | 384 |
| 263 | | Peugeot | 2006 | 6 | 0,02 | 0,02 | 15,4 | 65 |
| 264 | | Renault | 2000 | 4 | 1,31 | 2,445 | 6,7 | 322 |
| 265 | | Skoda | 2006 | 5 | 0,06 | 0,16 | 5,7 | 62 |
| 266 | | Renault | 2006 | 7 | 0,09 | 0,09 | 14,7 | 79 |
| 267 | | Kia | 2006 | 5 | 0,14 | 0,23 | 9,1 | 134 |
| 268 | | Renault | 2006 | 7 | 0,55 | 0,85 | 9,2 | 123 |
| 269 | | Daewoo | 2000 | 7 | 0,82 | 0,89 | 13 | 110 |
| 270 | | Renault | 2006 | 7 | 0,19 | 0,19 | 15,7 | 170 |
| 271 | | Maruti | 2006 | 4 | 2,13 | 2,14 | 12,8 | 147 |
| 272 | | Daewoo | 1999 | 7 | 0,01 | 0,02 | 8,2 | 67 |
| 273 | | Peugeot | 2006 | 5 | 0,69 | 1,89 | 4,8 | 74 |
| 274 | | Renault | 2006 | 6 | 0,18 | 0,51 | 5,1 | 95 |

| | | | | | | | | |
|-----|--|------------|------|----|------|------|------|------|
| 275 | | Maruti | 2004 | 4 | 0,07 | 0,18 | 5,8 | 76 |
| 276 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,3 | 0,87 | 4,9 | 117 |
| 277 | | Dacia | 2006 | 6 | 0,01 | 0,01 | 15,2 | 43 |
| 278 | | Renault | 1989 | 7 | 0,28 | 0,29 | 14,3 | 196 |
| 279 | | Renault | 1992 | 5 | 1,41 | 1,41 | 14 | 273 |
| 280 | | Peugeot | 1996 | 6 | 1,35 | 1,35 | 14 | 270 |
| 281 | | Renault | 1990 | 10 | 0,28 | 0,29 | 14,2 | 215 |
| 282 | | Renault | 1991 | 6 | 0,8 | 0,8 | 14,3 | 85 |
| 283 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,15 | 0,18 | 12,4 | 191 |
| 284 | | Peugeot | 1985 | 11 | 2,5 | 2,6 | 11,9 | 367 |
| 285 | | Volkswagen | 1988 | 6 | 0,14 | 0,16 | 12,6 | 186 |
| 286 | | Fiat | 2001 | 4 | 0,15 | 0,16 | 13,7 | 291 |
| 287 | | Toyota | 2006 | 6 | 0,03 | 0,23 | 1,9 | 1 |
| 288 | | Daihatsu | 2004 | 4 | 0,02 | 0,03 | 9,3 | 85 |
| 289 | | Renault | 2000 | 6 | 0,08 | 0,08 | 15 | 274 |
| 290 | | Fiat | 1999 | 4 | 0,47 | 0,47 | 14,7 | 90 |
| 291 | | Mercedes | 1982 | 10 | 0,47 | 0,47 | 14,8 | 93 |
| 292 | | Volkswagen | 1993 | 4 | 0,47 | 0,48 | 13,8 | 125 |
| 293 | | Volkswagen | 1994 | 9 | 0,82 | 0,88 | 13,2 | 125 |
| 294 | | Renault | 1992 | 4 | 0,86 | 0,91 | 13,3 | 142 |
| 295 | | Renault | 1994 | 6 | 1,13 | 1,13 | 14,1 | 358 |
| 296 | | Renault | 1997 | 5 | 1,13 | 1,13 | 14,1 | 317 |
| 297 | | Hyundai | 1999 | 4 | 0,78 | 1,22 | 8,8 | 281 |
| 298 | | Hyundai | 2005 | 6 | 0,23 | 0,23 | 14,6 | 74 |
| 299 | | Renault | 1992 | 5 | 0,1 | 0,17 | 8,8 | 1749 |
| 300 | | Fiat | 2006 | 6 | 0,8 | 0,81 | 14,1 | 149 |
| 301 | | Peugeot | 1998 | 9 | 0,4 | 0,51 | 11,4 | 81 |
| 302 | | Renault | 2000 | 8 | 0,86 | 0,89 | 13,7 | 164 |
| 303 | | Renault | 2005 | 5 | 1,71 | 1,96 | 11,4 | 433 |
| 304 | | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,33 | 0,4 | 11,9 | 482 |
| 305 | | Hyundai | 2002 | 4 | 1,63 | 1,63 | 14,2 | 210 |
| 306 | | Renault | 2006 | 5 | 1,3 | 1,34 | 13,3 | 292 |
| 307 | | Hyundai | 2000 | 4 | 0,12 | 0,14 | 12,3 | 201 |
| 308 | | Maruti | 2006 | 5 | 0,15 | 0,18 | 12,2 | 128 |
| 309 | | Seat | 1997 | 4 | 0,14 | 0,17 | 12,1 | 97 |
| 310 | | Renault | 2006 | 5 | 0,02 | 0,25 | 10 | 40 |
| 311 | | Peugeot | 2006 | 5 | 0,49 | 0,49 | 14,8 | 114 |
| 312 | | Renault | 1987 | 4 | 1,07 | 1,07 | 14,2 | 356 |
| 313 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,89 | 0,93 | 13,5 | 135 |
| 314 | | Volkswagen | 1999 | 6 | 1,18 | 1,18 | 14,1 | 367 |
| 315 | | Renault | 2000 | 8 | 0,76 | 0,82 | 13,2 | 134 |

| | | | | | | | | |
|-----|--|------------|------|---|------|------|------|-----|
| 316 | | Maruti | 2006 | 4 | 0,15 | 0,18 | 12,6 | 194 |
| 317 | | Seat | 1992 | 7 | 0,14 | 0,17 | 12,3 | 219 |
| 318 | | Renault | 2007 | 7 | 0,07 | 0,07 | 15,3 | 66 |
| 319 | | Chevrolet | 2005 | 6 | 0,15 | 0,18 | 12,5 | 110 |
| 320 | | Maruti | 2006 | 5 | 1,88 | 1,88 | 14,4 | 334 |
| 321 | | Daewoo | 1997 | 6 | 1,07 | 1,07 | 14,1 | 163 |
| 322 | | Renault | 2007 | 5 | 0,07 | 0,07 | 15,3 | 95 |
| 323 | | Volkswagen | 2006 | 7 | 0,79 | 0,79 | 144 | 153 |
| 324 | | Renault | 2007 | 5 | 0,01 | 0,01 | 15,6 | 105 |
| 325 | | Renault | 2004 | 5 | 0,26 | 0,27 | 14,4 | 132 |
| 326 | | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,98 | 0,98 | 14,3 | 178 |
| 327 | | Hyundai | 2006 | 7 | 0,91 | 0,91 | 14,1 | 227 |
| 328 | | Hyundai | 2008 | 7 | 0,19 | 0,21 | 13,6 | 153 |
| 329 | | Peugeot | 2006 | 5 | 1,1 | 1,1 | 15,1 | 112 |
| 330 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,13 | 0,4 | 4,7 | 89 |
| 331 | | Citroën | 2000 | 6 | 0,15 | 0,16 | 12,2 | 115 |
| 332 | | Hyundai | 1999 | 6 | 0,85 | 0,86 | 13,9 | 237 |
| 333 | | Daewoo | 1999 | 7 | 1,88 | 2,41 | 9,8 | 217 |
| 334 | | Renault | 2006 | 7 | 2,96 | 3,2 | 10,9 | 203 |
| 335 | | Renault | 1998 | 4 | 1,65 | 2,12 | 10 | 192 |
| 336 | | Renault | 1995 | 8 | 3,44 | 3,44 | 13,4 | 452 |
| 337 | | Fiat | 1991 | 6 | 0,17 | 0,18 | 13,7 | 132 |
| 338 | | Fiat | 2006 | 5 | 0,16 | 0,19 | 12,6 | 114 |
| 339 | | Toyota | 2006 | 6 | 1,04 | 1,14 | 12,7 | 143 |
| 340 | | Renault | 2007 | 4 | 0,07 | 0,1 | 10,3 | 146 |
| 341 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,2 | 0,25 | 11,9 | 240 |
| 342 | | Hyundai | 2006 | 7 | 0,45 | 0,45 | 14,4 | 190 |
| 343 | | Renalut | 2001 | 4 | 0,38 | 0,39 | 14,3 | 237 |
| 344 | | Opel | 2006 | 6 | 0,25 | 0,29 | 10,7 | 141 |
| 345 | | Honda | 1986 | 9 | 1,16 | 1,16 | 14,5 | 183 |
| 346 | | Chevrolet | 2006 | 5 | 0,19 | 1,21 | 13,4 | 200 |
| 347 | | Dacia | 2006 | 6 | 0,11 | 0,11 | 15,4 | 78 |
| 348 | | Renault | 1980 | 5 | 1,67 | 1,78 | 12,4 | 491 |
| 349 | | Peugeot | 1985 | 7 | 0,63 | 0,63 | 14,3 | 222 |
| 350 | | Volkswagen | 1995 | 7 | 0,45 | 0,45 | 14,4 | 132 |
| 351 | | Toyota | 1999 | 6 | 0,46 | 0,46 | 15,1 | 149 |
| 352 | | Toyota | 2006 | 5 | 0,21 | 0,21 | 14,7 | 93 |
| 353 | | Peugeot | 2000 | 4 | 0,32 | 0,33 | 14,2 | 234 |
| 354 | | Renault | 2006 | 5 | 0,25 | 0,25 | 15,2 | 54 |
| 355 | | Renault | 1999 | 8 | 0,59 | 0,59 | 14,8 | 129 |
| 356 | | Peugeot | 2006 | 6 | 65 | 0,65 | 12,6 | 126 |

| | | | | | | | | |
|-----|--|------------|------|----|------|------|------|------|
| 357 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,56 | 0,56 | 14,9 | 127 |
| 358 | | Opel | 1996 | 9 | 0,72 | 0,72 | 14,3 | 175 |
| 359 | | Daewoo | 1996 | 5 | 0,62 | 0,62 | 14,8 | 135 |
| 360 | | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,69 | 0,69 | 14,5 | 1369 |
| 361 | | Dacia | 2006 | 6 | 0,11 | 0,11 | 13,3 | 78 |
| 362 | | Peugeot | 2000 | 5 | 0,17 | 0,17 | 14,5 | 91 |
| 363 | | Peugeot | 1988 | 9 | 0,2 | 0,2 | 14,6 | 96 |
| 364 | | Renault | 2007 | 7 | 0,16 | 0,18 | 13,2 | 220 |
| 365 | | Renault | 1984 | 5 | 0,04 | 0,04 | 15,7 | 48 |
| 366 | | Kia | 2006 | 5 | 0,02 | 0,02 | 14,7 | 113 |
| 367 | | Chevrolet | 2007 | 6 | 2,14 | 2,48 | 10,8 | 162 |
| 368 | | Daewoo | 1999 | 7 | 1,6 | 2,38 | 8,5 | 161 |
| 369 | | Peugeot | 2006 | 6 | 2,34 | 2,59 | 11,2 | 212 |
| 370 | | Dacai | 2006 | 6 | 0,32 | 0,32 | 15,7 | 58 |
| 371 | | Renault | 2006 | 7 | 0,17 | 0,17 | 15,3 | 124 |
| 372 | | Volkswagen | 1991 | 6 | 2,18 | 2,34 | 11,8 | 181 |
| 373 | | Renault | 1986 | 4 | 0,1 | 0,1 | 13,5 | 220 |
| 374 | | Chevrolet | 2007 | 6 | 1,59 | 1,72 | 12,3 | 168 |
| 375 | | Peugeot | 2006 | 6 | 0,04 | 0,04 | 15,5 | 104 |
| 376 | | Renault | 1996 | 5 | 0,17 | 0,17 | 15,3 | 208 |
| 377 | | Renault | 1999 | 7 | 0,51 | 0,51 | 14,9 | 132 |
| 378 | | Kia | 2007 | 5 | 0,01 | 0,01 | 15,2 | 314 |
| 379 | | Renault | 1999 | 6 | 0,96 | 0,96 | 14,3 | 156 |
| 380 | | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,46 | 0,55 | 12,1 | 74 |
| 381 | | Kia | 2003 | 5 | 0,44 | 0,91 | 6,8 | 101 |
| 382 | | Fiat | 1995 | 4 | 0,94 | 0,94 | 14,5 | 204 |
| 383 | | Kia | 2007 | 5 | 0,05 | 0,05 | 14,8 | 147 |
| 384 | | Peugeot | 2004 | 5 | 1,03 | 1,09 | 13,2 | 202 |
| 385 | | Maruti | 2006 | 5 | 1,07 | 1,07 | 14,4 | 218 |
| 386 | | Peugeot | 1990 | 10 | 1,49 | 1,49 | 14,3 | 199 |
| 387 | | Hyundai | 1999 | 4 | 0,09 | 0,4 | 3,3 | 0 |
| 388 | | Renault | 2006 | 7 | 0,53 | 0,53 | 13,2 | 120 |
| 389 | | Peugeot | 2006 | 5 | 0,4 | 0,4 | 14,9 | 89 |
| 390 | | Dacia | 2006 | 6 | 0,07 | 0,07 | 14,7 | 159 |
| 391 | | Renault | 2002 | 7 | 0,88 | 1,07 | 11,5 | 154 |
| 392 | | Kia | 2007 | 5 | 0,41 | 0,42 | 14,1 | 227 |
| 393 | | Renault | 2001 | 4 | 0,38 | 0,39 | 14,3 | 237 |
| 394 | | Hyundai | 2006 | 7 | 0,45 | 0,45 | 14,4 | 190 |
| 395 | | Citreon | 2001 | 6 | 0,07 | 0,09 | 11 | 112 |
| 396 | | Peugeot | 1996 | 6 | 0,02 | 0,02 | 15,6 | 68 |
| 397 | | Hyundai | 2004 | 7 | 0,38 | 0,48 | 11,6 | 137 |

| | | | | | | | | |
|-----|--|------------|------|---|-------|-------|------|------|
| 398 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,13 | 0,17 | 11,5 | 247 |
| 399 | | Renault | 1987 | 4 | 0,16 | 0,22 | 11 | 390 |
| 400 | | Dacia | 2006 | 6 | 0,16 | 0,22 | 10,8 | 378 |
| 401 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,16 | 0,22 | 10,8 | 311 |
| 402 | | Peugeot | 1985 | 4 | 0,16 | 0,22 | 10,9 | 379 |
| 403 | | Maruti | 2006 | 4 | 0,16 | 0,22 | 10,8 | 362 |
| 404 | | Renault | 2006 | 7 | 0,53 | 0,68 | 11,2 | 333 |
| 405 | | Mazda | 1990 | 8 | 0,26 | 0,29 | 13,1 | 240 |
| 406 | | Hyundai | 2007 | 4 | 0,24 | 0,28 | 11,7 | 210 |
| 407 | | Renault | 1990 | 7 | 0,02 | 1,36 | 0,2 | 0 |
| 408 | | Chevrolet | 2008 | 6 | 0,19 | 0,23 | 12 | 246 |
| 409 | | Toyota | 2006 | 6 | 1,04 | 1,14 | 12,7 | 143 |
| 410 | | Renault | 2007 | 7 | 0,07 | 0,1 | 10,3 | 146 |
| 411 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,2 | 0,25 | 11,9 | 240 |
| 412 | | Fiat | 2006 | 7 | 0,53 | 0,53 | 14,7 | 142 |
| 413 | | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,42 | 0,43 | 14,2 | 128 |
| 414 | | Dacia | 2006 | 6 | 1,02 | 1,02 | 14,7 | 362 |
| 415 | | Fiat | 206 | 6 | 0,79 | 0,8 | 14,1 | 137 |
| 416 | | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,174 | 0,28 | 8 | 133 |
| 417 | | Renault | 1993 | 4 | 0,07 | 0,17 | 6,2 | 79 |
| 418 | | Maruti | 2007 | 4 | 0,13 | 0,22 | 8,7 | 142 |
| 419 | | Renault | 2006 | 7 | 0,03 | 0,03 | 15,6 | 26 |
| 420 | | Volkswagen | 2006 | 6 | 0,02 | 0,02 | 13,5 | 117 |
| 421 | | Peugeot | 2006 | 5 | 0,2 | 0,2 | 15,2 | 140 |
| 422 | | Renault | 1982 | 4 | 0,01 | 0,01 | 15,1 | 153 |
| 423 | | Peugeot | 2006 | 5 | 0,27 | 0,3 | 13,2 | 252 |
| 424 | | Citreon | 2006 | 5 | 1,96 | 2,2 | 11,4 | 430 |
| 425 | | Renault | 2000 | 7 | 0,07 | 0,07 | 15,3 | 69 |
| 426 | | Renault | 2000 | 4 | 0,02 | 0,48 | 0,6 | 13 |
| 427 | | Dacia | 2007 | 6 | 0,02 | 0,012 | 13,5 | 24 |
| 428 | | Hyundai | 2007 | 4 | 0,09 | 0,21 | 6,3 | 62 |
| 429 | | Peugeot | 2006 | 5 | 0,1 | 0,14 | 10,8 | 115 |
| 430 | | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,14 | 0,26 | 7,8 | 1169 |
| 431 | | Daewoo | 2006 | 7 | 0,08 | 0,13 | 8,9 | 236 |
| 432 | | Renault | 2004 | 5 | 0,25 | 0,41 | 8,8 | 135 |
| 433 | | Renault | 2006 | 7 | 0,22 | 0,25 | 12,9 | 270 |
| 434 | | Renault | 2000 | 4 | 0,06 | 0,06 | 15,3 | 59 |
| 435 | | Dacia | 2006 | 6 | 0,05 | 0,05 | 15,3 | 60 |
| 436 | | Daewoo | 2000 | 7 | 0,21 | 0,41 | 8,9 | 137 |
| 437 | | Honda | 2006 | 5 | 0,1 | 0,11 | 13,6 | 93 |
| 438 | | Hyundai | 2006 | 4 | 0,2 | 0,22 | 13,6 | 171 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|------------|------|----|------|------|-------|------|
| 439 | | Renault | 2006 | 5 | 0,2 | 0,2 | 15,4 | 110 |
| 440 | | Peugeot | 1998 | 5 | 0,24 | 0,39 | 9 | 137 |
| 441 | | Hyundai | 2004 | 7 | 0,25 | 0,41 | 8,9 | 137 |
| 442 | | Renault | 2006 | 7 | 0,31 | 0,31 | 14,5 | 109 |
| 443 | | Hyundai | 1999 | 10 | 1,14 | 1,2 | 13,1 | 227 |
| 444 | | Renault | 2000 | 6 | 0,25 | 0,26 | 14,2 | 131 |
| 445 | | Renault | 2006 | 5 | 0,73 | 1,88 | 5,1 | 70 |
| 446 | | Chevrolet | 2007 | 6 | 0,29 | 0,3 | 14,3 | 118 |
| 447 | R19 | Renault | 1990 | 6 | 1,97 | 3,06 | 7,7 | 166 |
| 448 | R19 | Renault | 1989 | 6 | 3,32 | 3,44 | 7,8 | 993 |
| 449 | Celio | Daewoo | 2000 | 6 | 2,51 | 2,51 | 12,8 | 422 |
| 450 | R12 | Renault | 1989 | 7 | 3,1 | 3,1 | 12,1 | 416 |
| 451 | Clio | Renault | 1996 | 4 | 1,05 | 1,15 | 12,7 | 365 |
| 452 | Golf | Volkswagen | 1991 | 6 | 3,28 | 3,42 | 11,1 | 589 |
| 453 | 205 | Peugeot | 1987 | 4 | 3,28 | 3,42 | 11,1 | 589 |
| 454 | Twingo | Renault | 1998 | 7 | 0,92 | 2,7 | 4,2 | 114 |
| 455 | Logan | Dacia | 2006 | 6 | 0,21 | 0,21 | 15,1 | 70 |
| 456 | R4 | Renault | 1984 | 6 | 0,17 | 0,27 | 9,3 | 431 |
| 457 | Golf | Volkswagen | 1991 | 6 | 0,5 | 0,57 | 12,6 | 150 |
| 458 | Polo | Volkswagen | 1999 | 5 | 0,73 | 0,77 | 13,5 | 0,8 |
| 459 | R4 | Renault | 1986 | 4 | 1,28 | 1,48 | 11,7 | 598 |
| 460 | R25 | Renault | 1989 | 9 | 0,09 | 0,12 | 11,5 | 42 |
| 461 | Clio | Renault | 2006 | 7 | 0,22 | 0,22 | 14,6 | 132 |
| 462 | 207 | Peugeot | 2006 | 6 | 0,06 | 0,06 | 15,3 | 153 |
| 463 | R4 | Renault | 1985 | 4 | 0,09 | 0,11 | 11,9 | 54 |
| 464 | 305 | Peugeot | 1987 | 7 | 0,08 | 0,23 | 5,2 | 643 |
| 465 | Clio | Renault | 2003 | 7 | 0,64 | 0,64 | 14,5 | 95 |
| 466 | | Hyundai | 1996 | 7 | 1,77 | 1,93 | 12 | 635 |
| 467 | Accent | Hyundai | 2005 | 7 | 1,94 | 2,42 | 10,1 | 315 |
| 468 | R19 | Renault | 1995 | 6 | 2,41 | 2,84 | 10,3 | 1004 |
| 469 | Clio | Renault | 2003 | 5 | 0,37 | 0,37 | 14,69 | 294 |
| 470 | R18 | Renault | 1985 | 7 | 1,49 | 2,09 | 9,2 | 959 |
| 471 | Clio | Renault | 1999 | 4 | 1,17 | 1,57 | 10 | 133 |
| 472 | Golf | Volkswagen | 1985 | 6 | 1,32 | 1,34 | 13,5 | 296 |
| 473 | Cielo | Daewoo | 1999 | 6 | 3,46 | 3,46 | 13 | 156 |
| 474 | Golf | Volkswagen | 1993 | 9 | 3,23 | 3,23 | 1,8 | 351 |
| 475 | R4 | Renault | 1985 | 4 | 0,08 | 0,23 | 5,2 | 643 |
| 476 | | Daihatsu | 2007 | 4 | 4,32 | 4,32 | 11,6 | 381 |
| 477 | Nubira | Daewoo | 1998 | 7 | 0,11 | 0,13 | 13 | 76 |
| 478 | Logan | dacia | 2006 | 6 | 0,43 | 0,43 | 15 | 184 |
| 479 | clio | Renault | 2006 | 7 | 0,42 | 0,52 | 11,7 | 118 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|------------|------|----|------|------|------|------|
| 480 | | Renault | 1993 | 5 | 0,42 | 0,52 | 11,7 | 118 |
| 481 | R4 | Renault | 1986 | 4 | 2,43 | 2,82 | 10,5 | 272 |
| 482 | Aveo | Chevrolet | 2007 | 6 | 0,06 | 0,09 | 10,2 | 185 |
| 483 | R18 | Renault | 1985 | 6 | 1,07 | 2,48 | 5,4 | 269 |
| 484 | Nubira | Daewoo | 2000 | 7 | 0,15 | 0,23 | 9,6 | 744 |
| 485 | R12 | Renault | 1980 | 7 | 3,38 | 4,46 | 8 | 3440 |
| 486 | 206 | Peugeot | 2006 | 5 | 0,59 | 0,59 | 14,6 | 159 |
| 487 | R4 | Renault | 1985 | 4 | 3,08 | 3,43 | 10,4 | 455 |
| 488 | TT | Audi | 2002 | 14 | 1 | 1 | 14 | 151 |
| 489 | Clio | Renault | 1998 | 5 | 0,5 | 0,62 | 11,6 | 130 |
| 490 | Cielo | Daewoo | 1999 | 6 | 3,05 | 3,35 | 10,6 | 312 |
| 491 | | Daihatsu | 2007 | 7 | 0,01 | 0,01 | 15,1 | 84 |
| 492 | | Renault | 1990 | 5 | 2,02 | 2,8 | 8,8 | 3379 |
| 493 | clio | Renault | 2001 | 7 | 0,22 | 0,23 | 14,3 | 159 |
| 494 | Jetta | Volkswagen | 1989 | 7 | 2,42 | 2,9 | 10 | 0,91 |
| 495 | Polo | Volkswagen | 2000 | 5 | 0,64 | 0,66 | 14 | 233 |
| 496 | 309 | Peugeot | 1987 | 6 | 0,31 | 0,46 | 9,7 | 1660 |
| 497 | R5 | Renault | 1990 | 6 | 0,33 | 0,34 | 14,2 | 393 |
| 498 | 305 | Peugeot | 1987 | 7 | 0,12 | 0,19 | 9,6 | 524 |
| 499 | R19 | Renault | 1999 | 8 | 0,16 | 0,19 | 12,2 | 231 |
| 500 | | Volkswagen | 1986 | 6 | 3,2 | 3,2 | 12,3 | 271 |
| 501 | R4 | Renault | 1985 | 4 | 3,76 | 4,01 | 10,3 | 154 |
| 502 | Logan | Dacia | 2007 | 6 | 0,09 | 0,09 | 15,3 | 67 |
| 503 | | Citroen | 1993 | 10 | 0,05 | 0,1 | 7,7 | 131 |
| 504 | Atos | Hyundai | 1999 | 4 | 2,29 | 2,66 | 10,6 | 146 |
| 505 | Yaris | Toyota | 2007 | 5 | 2,35 | 2,35 | 14 | 273 |
| 506 | Twingo | Renault | 1997 | 5 | 0,22 | 0,52 | 6,1 | 45 |
| 507 | | Chevrolet | 2006 | 4 | 0,51 | 0,53 | 14 | 150 |
| 508 | | Chevrolet | 2005 | 4 | 0,18 | 0,19 | 13,7 | 124 |
| 509 | R19 | Renault | 1993 | 6 | 0,1 | 0,15 | 9,8 | 222 |
| 510 | | Daewoo | 1993 | 6 | 0,09 | 0,15 | 9,1 | 116 |
| 511 | | Daewoo | 1998 | 6 | 0,17 | 0,19 | 13,5 | 83 |
| 512 | | Renault | 1985 | 4 | 3,38 | 4,46 | 8 | 3440 |
| 513 | Clio | Renault | 2007 | 5 | 0,32 | 0,49 | 9,5 | 132 |
| 514 | | Mercedes | 1988 | 10 | 2,12 | 3,24 | 7,7 | 833 |
| 515 | R5 | Renault | 1988 | 5 | 0,78 | 0,87 | 12,6 | 166 |
| 516 | Aveo | Chevrolet | 2007 | 6 | 0,33 | 0,34 | 14,3 | 106 |
| 517 | | Seat | 1998 | 4 | 0,57 | 0,57 | 14,3 | 136 |
| 518 | Twingo | Renault | 1996 | 5 | 0,22 | 0,29 | 11,2 | 621 |
| 519 | | Suzuki | 2006 | 6 | 0,18 | 0,24 | 11,1 | 411 |
| 520 | | Chevrolet | 2007 | 5 | 2,42 | 2,42 | 13,7 | 181 |

| | | | | | | | | |
|-----|---------|------------|------|----|------|------|------|------|
| 521 | | Hyundai | 2005 | 7 | 1,11 | 3,46 | 3,7 | 210 |
| 522 | Megane | Renault | 2000 | 6 | 2,26 | 2,56 | 11 | 174 |
| 523 | Twingo | Renault | 1994 | 5 | 1,56 | 3,18 | 5,8 | 223 |
| 524 | R4 | Renault | 1984 | 4 | 0,08 | 0,23 | 5,2 | 1077 |
| 525 | Polo | Volkswagen | 2008 | 5 | 0,05 | 0,05 | 15,1 | 26 |
| 526 | Accent | Hyundai | 2006 | 7 | 2,53 | 3,03 | 10 | 249 |
| 527 | 505 | Peugeot | 505 | 9 | 1,49 | 3,44 | 5 | 97 |
| 528 | | Daihatsu | 2007 | 8 | 0,14 | 0,24 | 8,7 | 59 |
| 529 | R4 | Renault | 1986 | 4 | 3,22 | 3,22 | 12,3 | 427 |
| 530 | R4 | Renault | 1984 | 4 | 2,48 | 2,76 | 11 | 837 |
| 531 | Lanos | Daewoo | 1999 | 7 | 1,18 | 1,33 | 12,1 | 103 |
| 532 | | Fiat | 1990 | 4 | 2,16 | 3,5 | 7,1 | 509 |
| 533 | R9 | Renault | 1985 | 7 | 1,54 | 1,58 | 13,1 | 150 |
| 534 | | Chery | 2007 | 4 | 0,03 | 0,03 | 15,3 | 80 |
| 535 | Saxo | Citroen | 2000 | 5 | 1,86 | 2,75 | 8,3 | 169 |
| 536 | Uno | Fiat | 1986 | 5 | 0,31 | 0,84 | 5,2 | 1224 |
| 537 | Alto | Maruti | 2007 | 5 | 0 | 0 | 15,7 | 68 |
| 538 | Shuma | Kia | 2000 | 9 | 3,18 | 3,18 | 12,6 | 229 |
| 539 | | Saab | 1991 | 10 | 1,67 | 1,67 | 13,8 | 375 |
| 540 | Cielo | Daewoo | 1997 | 6 | 2,98 | 3,11 | 11,4 | 91 |
| 541 | R4 | Renault | 1989 | 4 | 1,37 | 3,04 | 5,4 | 179 |
| 542 | clio | Renault | 2001 | 5 | 0,15 | 0,16 | 14 | 162 |
| 543 | Aveo | Chevrolet | 2007 | 6 | 0,91 | 0,91 | 14,6 | 80 |
| 544 | Clio | Renault | 2001 | 10 | 1,14 | 1,2 | 13,1 | 242 |
| 545 | Golf | Volkswagen | 1987 | 6 | 0,15 | 0,21 | 10,4 | 1123 |
| 546 | 205 | Peugeot | 1987 | 5 | 1,21 | 1,23 | 13,5 | 229 |
| 547 | R5 | Renault | 1986 | 4 | 1,56 | 1,75 | 11,8 | 256 |
| 548 | 406 | Peugeot | 2000 | 7 | 0,12 | 0,2 | 9,1 | 312 |
| 549 | R5 | Renault | 1986 | 4 | 0,07 | 0,19 | 5,5 | 1122 |
| 550 | Sunny | Nissan | 2007 | 7 | 0 | 0 | 15 | 52 |
| 551 | Clio | Renault | 2001 | 7 | 2,84 | 3,48 | 9,4 | 445 |
| 552 | R4 | Renault | 1986 | 4 | 2,35 | 2,74 | 10,5 | 449 |
| 553 | | Chevrolet | 2005 | 6 | 0,92 | 0,92 | 14,4 | 124 |
| 554 | Saxo | Citroen | 1999 | 5 | 0,92 | 0,92 | 14,4 | 124 |
| 555 | Picanto | Kia | 2007 | 5 | 0 | 0 | 14,8 | 36 |
| 556 | R19 | Renault | 1992 | 7 | 0,31 | 1,13 | 3,8 | 207 |
| 557 | 505 | Peugeot | 1993 | 10 | 2,87 | 3,48 | 9,5 | 253 |
| 558 | Accord | Honda | 1982 | 9 | 2,39 | 3,94 | 6,7 | 230 |
| 559 | | Daewoo | 1999 | 7 | 0,19 | 0,23 | 12,2 | 944 |
| 560 | | Fiat | 1999 | 7 | 1,86 | 2,75 | 8,3 | 169 |
| 561 | Accord | Honda | 1981 | 9 | 0,96 | 0,97 | 13,9 | 234 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|------------|------|----|------|------|------|------|
| 562 | R18 | Renault | 1984 | 7 | 3,3 | 3,56 | 10,6 | 237 |
| 563 | 504 | Renault | 1983 | 9 | 0,82 | 0,92 | 12,6 | 249 |
| 564 | Atos | Hyundai | 1999 | 4 | 2,26 | 2,41 | 11,8 | 219 |
| 565 | Scenic | Renault | 2001 | 7 | 0,54 | 2,96 | 2,2 | 57 |
| 566 | | Renault | 1985 | 7 | 0,33 | 0,38 | 12,8 | 332 |
| 567 | | Volkswagen | 1993 | 7 | 1,13 | 1,82 | 8,2 | 88 |
| 568 | Clio | Renault | 2004 | 7 | 3,04 | 3,22 | 11,1 | 212 |
| 569 | R19 | Renault | 1992 | 6 | 1,02 | 3,24 | 3,7 | 268 |
| 570 | R18 | Renault | 1985 | 7 | 0,26 | 0,31 | 12,5 | 220 |
| 571 | 206 | Peugeot | 2007 | 5 | 0,01 | 0,01 | 15,5 | 126 |
| 572 | Clio | Renault | 2007 | 5 | 0,05 | 0,05 | 15,5 | 111 |
| 573 | Megane | Renault | 2000 | 6 | 3,09 | 3,41 | 10,5 | 187 |
| 574 | R4 | Renault | 1986 | 4 | 2,56 | 4,43 | 6,1 | 334 |
| 575 | Clio | Renault | 1998 | 4 | 1,81 | 3,82 | 5,3 | 116 |
| 576 | Jetta | Volkswagen | 1987 | 7 | 2,22 | 2,22 | 13,3 | 336 |
| 577 | R5 | Renault | 1985 | 4 | 1,16 | 4,39 | 2,8 | 1476 |
| 578 | 206 | Peugeot | 2000 | 5 | 0,12 | 0,24 | 7,5 | 80 |
| 579 | Atos | Hyundai | 2007 | 4 | 0,17 | 0,2 | 12,3 | 203 |
| 580 | R4 | Renault | 1984 | 4 | 1,22 | 1,65 | 9,9 | 664 |
| 581 | Clio | Renault | 2000 | 4 | 1,56 | 1,89 | 10,8 | 356 |
| 582 | | Lada | 1987 | 6 | 0,22 | 0,28 | 11,6 | 83 |
| 583 | R4 | Renault | 1988 | 4 | 0,17 | 0,2 | 12,3 | 203 |
| 584 | | Volkswagen | 1982 | 6 | 0,57 | 0,57 | 14,4 | 225 |
| 585 | Palio | Fiat | 2007 | 7 | 0,7 | 0,7 | 14,7 | 134 |
| 586 | | Dacia | 1998 | 7 | 2,56 | 2,64 | 12 | 236 |
| 587 | Clio | Renault | 2007 | 7 | 0,15 | 0,16 | 13,6 | 79 |
| 588 | R9 | Renault | 1986 | 7 | 0,75 | 0,77 | 13,8 | 131 |
| 589 | | BMW | 1985 | 8 | 3,2 | 3,69 | 9,8 | 442 |
| 590 | Clio | Renault | 2001 | 5 | 1,26 | 1,26 | 14,5 | 134 |
| 591 | 505 | Peugeot | 1984 | 9 | 2,97 | 4,47 | 7 | 972 |
| 592 | R19 | Renault | 1995 | 8 | 1,1 | 3,17 | 4,1 | 385 |
| 593 | Clio | Renault | 2006 | 7 | 0,02 | 0,11 | 2,6 | 36 |
| 594 | Golf | Volkswagen | 1989 | 6 | 2,6 | 2,06 | 12,8 | 936 |
| 595 | | Daihatsu | 2007 | 6 | 0 | 0 | 15,8 | 21 |
| 596 | R5 | Renault | 1987 | 4 | 3,46 | 3,46 | 12,8 | 418 |
| 597 | Jetta | Volkswagen | 985 | 6 | 0,17 | 0,27 | 9,4 | 1110 |
| 598 | R4 | Renault | 1985 | 4 | 0,18 | 0,28 | 9,3 | 589 |
| 599 | 504 | Peugeot | 1980 | 10 | 1,18 | 1,48 | 10,8 | 444 |
| 600 | 929 | Mazda | 1990 | 9 | 0,96 | 0,97 | 13,9 | 422 |
| 601 | R5 | Renault | 1985 | 4 | 0,1 | 0,23 | 6,4 | 569 |
| 602 | R5 | Renault | 1986 | 4 | 3,01 | 3,01 | 12 | 579 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|------------|------|---|------|------|------|------|
| 603 | R19 | Renault | 1989 | 7 | 0,5 | 0,5 | 14,9 | 89 |
| 604 | Aveo | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,29 | 0,29 | 14,5 | 132 |
| 605 | | Volkswagen | 2006 | 8 | 0 | 0 | 14,3 | 120 |
| 606 | | Volkswagen | 1997 | 6 | 0,34 | 0,48 | 10,3 | 69 |
| 607 | R4 | Renault | 1986 | 4 | 1,34 | 4,33 | 3,3 | 540 |
| 608 | Jetta | Volkswagen | 1984 | 5 | 3,63 | 4,28 | 9,1 | 481 |
| 609 | Clio | Renault | 1993 | 6 | 2,65 | 2,65 | 12,8 | 235 |
| 610 | R9 | Renault | 1985 | 7 | 3,57 | 3,57 | 12,5 | 481 |
| 611 | | Dacia | 2007 | 6 | 0,25 | 0,25 | 12,5 | 68 |
| 612 | Clio | Renault | 1999 | 5 | 1 | 1,07 | 13 | 137 |
| 613 | 505 | Peugeot | 1989 | 7 | 2,79 | 2,79 | 13 | 287 |
| 614 | R11 | Renault | 1985 | 7 | 0,44 | 1,56 | 3,8 | 155 |
| 615 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 0,06 | 0,12 | 7,5 | 100 |
| 616 | | Maruti | 2007 | 4 | 2,66 | 3,07 | 10,5 | 729 |
| 617 | R5 | Renault | 1988 | 4 | 0,9 | 1,13 | 11 | 374 |
| 618 | R5 | Renault | 1986 | 4 | 2,89 | 2,89 | 12,8 | 346 |
| 619 | Aveo | Chevrolet | 2005 | 6 | 1,59 | 2,06 | 10 | 98 |
| 620 | 126 | Fiat | 1996 | 6 | 0,18 | 0,26 | 10,1 | 855 |
| 621 | | Dacia | 2006 | 6 | 0,05 | 0,05 | 13,8 | 48 |
| 622 | 106 | Peugeot | 1993 | 4 | 0,12 | 0,25 | 7,2 | 704 |
| 623 | | Dacia | 1988 | 7 | 0,07 | 0,07 | 15,4 | 66 |
| 624 | Clio | Renault | 2007 | 7 | 1,16 | 1,3 | 12,2 | 265 |
| 625 | 205 | Peugeot | 1986 | 4 | 1,04 | 1,32 | 10,8 | 376 |
| 626 | | Renault | 1984 | 7 | 1,94 | 3,05 | 7,6 | 471 |
| 627 | Nubira | Daewoo | 2000 | 7 | 0,07 | 0,11 | 9,7 | 160 |
| 628 | R18 | Renault | 1981 | 7 | 0,6 | 0,78 | 11 | 1149 |
| 629 | Aveo | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,31 | 0,31 | 14,5 | 97 |
| 630 | 505 | Peugeot | 1988 | 7 | 0,05 | 0,07 | 11,3 | 72 |
| 631 | R4 | Renault | 1986 | 4 | 1,22 | 1,31 | 12,7 | 348 |
| 632 | R4 | Renault | 1982 | 4 | 1,49 | 2,09 | 9,2 | 959 |
| 633 | | Daewoo | 1995 | 7 | 0,65 | 0,65 | 14,4 | 289 |
| 634 | R19 | Renault | 1990 | 6 | 3,44 | 3,44 | 11,7 | 422 |
| 635 | | Faw | 2006 | 7 | 1,62 | 1,62 | 13,4 | 358 |
| 636 | 205 | Peugeot | 1985 | 7 | 3,14 | 3,14 | 12 | 385 |
| 637 | R5 | Renault | 1990 | 6 | 2,07 | 3,11 | 7,9 | 129 |
| 638 | Atos | Hyundai | 2007 | 4 | 3,3 | 3,56 | 10,6 | 237 |
| 639 | Twingo | Renault | 2001 | 5 | 0 | 0 | 15,7 | 68 |
| 640 | R9 | Renault | 1985 | 7 | 3,55 | 6,96 | 4,1 | 300 |
| 641 | Civic | Honda | 1981 | 5 | 4,48 | 4,48 | 12,3 | 290 |
| 642 | Civic | Honda | 1982 | 5 | 0,05 | 0,27 | 2,7 | 717 |
| 643 | | Faw | 2007 | 5 | 0,24 | 0,24 | 14,9 | 73 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|-----------|------|----|------|------|------|------|
| 644 | | Lada | 1986 | 7 | 1,34 | 1,34 | 14 | 308 |
| 645 | 405 | Peugeot | 1989 | 7 | 3,5 | 6,65 | 4,4 | 523 |
| 646 | Aveo | Chevrolet | 2006 | 6 | 0,48 | 0,48 | 14,6 | 126 |
| 647 | 106 | Peugeot | 1999 | 5 | 2,84 | 3,4 | 9,7 | 249 |
| 648 | Clio | Renault | 2007 | 5 | 0,02 | 0,02 | 15,3 | 99 |
| 649 | | Peugeot | 1986 | 6 | 1,68 | 1,91 | 11,5 | 311 |
| 650 | Clio | Renault | 1999 | 7 | 0,31 | 0,34 | 13,5 | 51 |
| 651 | Logan | Dacia | 2007 | 7 | 0,01 | 0,01 | 15,6 | 59 |
| 652 | Accent | Hyundai | 1999 | 6 | 3,33 | 3,33 | 11,9 | 247 |
| 653 | Accent | Hyundai | 2006 | 7 | 0,37 | 0,38 | 14,4 | 114 |
| 654 | | Renault | 1988 | 4 | 0,15 | 0,22 | 9,9 | 484 |
| 655 | Nubira | Daewoo | 1991 | 5 | 1,69 | 3,21 | 6,2 | 376 |
| 656 | 605 | Peugeot | 1990 | 10 | 1,78 | 1,78 | 13,8 | 84 |
| 657 | Megane | Renault | 1999 | 6 | 0,08 | 0,16 | 7,6 | 1655 |
| 658 | | Kia | 2000 | 7 | 2,17 | 3,37 | 7,5 | 951 |
| 659 | Lanos | Daewoo | 2000 | 7 | 3,35 | 3,35 | 13,1 | 160 |
| 660 | | Peugeot | 1987 | 7 | 0,12 | 0,18 | 9,7 | 1095 |
| 661 | Cielo | Daewoo | 1998 | 6 | 1,11 | 2,05 | 7 | 138 |
| 662 | R18 | Peugeot | 1985 | 7 | 2,88 | 3,61 | 9,1 | 420 |
| 663 | 106 | Peugeot | 1997 | 5 | 1,88 | 2,39 | 9,9 | 104 |
| 664 | 205 | Peugeot | 2009 | 4 | 2,48 | 2,76 | 11 | 37 |
| 665 | Accent | Hyundai | 2003 | 7 | 2,72 | 3,13 | 10,3 | 2290 |
| 666 | 206 | Peugeot | 2003 | 6 | 3,44 | 3,44 | 12,9 | 271 |
| 667 | | Seat | 1999 | 4 | 3,35 | 3,35 | 13 | 255 |
| 668 | Clio | Renault | 1998 | 4 | 0,33 | 0,55 | 8,7 | 98 |
| 669 | R5 | Renault | 1987 | 4 | 2 | 2,63 | 9,4 | 282 |
| 670 | 309 | Peugeot | 1994 | 7 | 1 | 1,35 | 10,1 | 72 |
| 671 | Tipo | Fiat | 1999 | 6 | 1,34 | 1,34 | 14 | 308 |
| 672 | Accent | Hyundai | 2007 | 7 | 0,33 | 0,4 | 11,9 | 97 |
| 673 | R9 | Renault | 1985 | 5 | 3,65 | 3,9 | 10,4 | 174 |
| 674 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 2,18 | 2,82 | 9,4 | 641 |
| 675 | Saxo | Citreon | 2000 | 4 | 3,32 | 4,44 | 7,9 | 500 |
| 676 | | Honda | 1982 | 6 | 0,07 | 0,01 | 9,2 | 191 |
| 677 | R4 | Renault | 1984 | 4 | 1,09 | 4,43 | 2,6 | 67 |
| 678 | | Honda | 1982 | 9 | 0,13 | 0,14 | 13,4 | 60 |
| 679 | | Zastava | 1982 | 6 | 4,48 | 4,48 | 12,3 | 253 |
| 680 | Logan | Dacia | 2007 | 6 | 0,46 | 0,46 | 15 | 94 |
| 681 | | Fiat | 1993 | 7 | 2,01 | 3,46 | 6,7 | 214 |
| 682 | | Audi | 2000 | 9 | 0,48 | 0,68 | 10,1 | 60 |
| 683 | 205 | Peugeot | 1989 | 4 | 0,27 | 0,29 | 13,9 | 198 |
| 684 | Accent | Hyundai | 1999 | 7 | 1,34 | 1,34 | 14 | 308 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|------------|------|---|------|------|------|------|
| 685 | | Renault | 1997 | 4 | 2,64 | 3,16 | 9,9 | 4190 |
| 686 | R4 | Renault | 1985 | 4 | 3,52 | 4,47 | 8,3 | 587 |
| 687 | Twingo | Renault | 2000 | 4 | 2,29 | 2,29 | 13,3 | 299 |
| 688 | Atos | Hyundai | 2001 | 4 | 0,94 | 0,96 | 13,7 | 478 |
| 689 | R4 | Renault | 1985 | 4 | 2,91 | 3,63 | 9,1 | 589 |
| 690 | Logan | Dacia | 2006 | 6 | 1,24 | 1,24 | 14,4 | 103 |
| 691 | Nubira | Daewoo | 1998 | 7 | 1,31 | 1,57 | 11,2 | 1700 |
| 692 | 505 | Peugeot | 1989 | 7 | 0,37 | 1,4 | 3,6 | 7,9 |
| 693 | R5 | Renault | 1987 | 6 | 0,25 | 0,29 | 12,9 | 360 |
| 694 | Accent | Hyundai | 2007 | 7 | 0,23 | 0,24 | 14 | 159 |
| 695 | 405 | Peugeot | 1990 | 7 | 2,01 | 3,38 | 6,9 | 145 |
| 696 | Panda | Fiat | 1985 | 4 | 0,46 | 0,55 | 12,1 | 59 |
| 697 | Passat | Volkswagen | 1987 | 7 | 0,03 | 0,11 | 3,9 | 133 |
| 698 | R18 | Renault | 1986 | 7 | 2,56 | 2,66 | 11,9 | 439 |
| 699 | | Volkswagen | 1987 | 6 | 0,04 | 0,14 | 4,2 | 121 |
| 700 | R19 | Renault | 2000 | 7 | 2,58 | 3,26 | 9,3 | 2670 |
| 701 | | Dacia | 1987 | 7 | 0,46 | 3,35 | 1,6 | 428 |
| 702 | Jetta | Volkswagen | 1987 | 6 | 0,16 | 0,19 | 12,6 | 126 |
| 703 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 0,22 | 0,25 | 13 | 111 |
| 704 | | Peugeot | 1989 | 4 | 1,58 | 1,67 | 12,6 | 1114 |
| 705 | Clio | Renault | 1996 | 5 | 2,97 | 2,97 | 12,2 | 538 |
| 706 | R19 | Renault | 2000 | 8 | 0,46 | 2,12 | 2,8 | 136 |
| 707 | Clio | Renault | 2002 | 7 | 3,46 | 3,46 | 11,9 | 309 |
| 708 | Golf | Volkswagen | 1986 | 6 | 1,54 | 3,06 | 6 | 287 |
| 709 | Saxo | Citreon | 2000 | 5 | 3,06 | 3,06 | 12,1 | 334 |
| 710 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 2,9 | 2,9 | 12,9 | 143 |
| 711 | 307 | Peugeot | 2007 | 6 | 0,06 | 0,08 | 11,9 | 102 |
| 712 | 205 | Peugeot | 1990 | 6 | 0,19 | 0,31 | 9,1 | 928 |
| 713 | Accent | Hyundai | 2003 | 7 | 0,04 | 0,14 | 4,2 | 121 |
| 714 | Yaris | Toyota | 2007 | 5 | 3,27 | 3,44 | 11 | 462 |
| 715 | 205 | Peugeot | 1985 | 4 | 2,13 | 3,5 | 7 | 456 |
| 716 | | Renault | 1990 | 4 | 0,1 | 0,19 | 7,9 | 1879 |
| 717 | | Citreon | 1990 | 4 | 0,9 | 1,59 | 7,6 | 487 |
| 718 | Clio | Renault | 1998 | 4 | 0,23 | 0,29 | 11,6 | 150 |
| 719 | Clio | Renault | 1999 | 6 | 0,44 | 0,44 | 14,5 | 88 |
| 720 | | Peugeot | 1998 | 4 | 0,46 | 2,12 | 2,8 | 136 |
| 721 | R18 | Renault | 1985 | 6 | 3,4 | 4,36 | 8,3 | 538 |
| 722 | Panda | Fiat | 2000 | 4 | 0,58 | 0,82 | 10 | 184 |
| 723 | Punto | Fiat | 2007 | 5 | 0,16 | 0,17 | 14,3 | 93 |
| 724 | R5 | Renault | 1987 | 4 | 0,08 | 0,15 | 8,01 | 822 |
| 725 | Logan | Dacia | 2007 | 6 | 0,17 | 0,17 | 15,3 | 103 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|------------|------|----|------|------|------|------|
| 726 | R4 | Renault | 1986 | 4 | 4,13 | 4,13 | 11,2 | 382 |
| 727 | Nubira | Daewoo | 97 | 7 | 1,93 | 3,39 | 6,6 | 460 |
| 728 | Clio | Renault | 1998 | 4 | 3,15 | 3,25 | 11,4 | 218 |
| 729 | | Citreon | 2001 | 5 | 0,52 | 0,55 | 13,7 | 175 |
| 730 | 505 | Peugeot | 1980 | 10 | 0,64 | 1,17 | 7,6 | 2140 |
| 731 | Clio | Renault | 1990 | 4 | 2,53 | 2,65 | 11,8 | 554 |
| 732 | Accent | Hyundai | 1999 | 6 | 0,18 | 0,2 | 13,5 | 245 |
| 733 | | Chevrolet | 2007 | 6 | 2,7 | 2,85 | 11,5 | 202 |
| 734 | R5 | Renault | 1996 | 4 | 0,13 | 0,21 | 9,1 | 818 |
| 735 | | Maruti | 2007 | 4 | 0,15 | 0,17 | 12,9 | 370 |
| 736 | R4 | Renault | 1983 | 4 | 3,8 | 4,13 | 10 | 1085 |
| 737 | R12 | Renault | 1987 | 7 | 3,06 | 3,49 | 10,1 | 455 |
| 738 | R12 | Renault | 1990 | 7 | 3,06 | 3,49 | 10,1 | 455 |
| 739 | Megane | Renault | 2006 | 7 | 0,9 | 0,9 | 14,5 | 204 |
| 740 | Clio | Renault | 1993 | 6 | 1,4 | 1,54 | 12,2 | 820 |
| 741 | R4 | Renault | 1989 | 5 | 0,1 | 0,19 | 7,9 | 1876 |
| 742 | R5 | Renault | 1990 | 5 | 3,49 | 3,49 | 12,7 | 272 |
| 743 | 307 | Peugeot | 2007 | 6 | 0,04 | 0,04 | 15,6 | 89 |
| 744 | Golf | Volkswagen | 1989 | 6 | 3,47 | 3,47 | 13,2 | 211 |
| 745 | Clio | Renault | 2007 | 7 | 0,01 | 0,01 | 14,9 | 92 |
| 746 | Passat | Volkswagen | 1987 | 7 | 0,06 | 0,16 | 5,6 | 2450 |
| 747 | Nubira | Daewoo | 1998 | 7 | 0,4 | 0,43 | 13,6 | 124 |
| 748 | R11 | Renault | 1985 | 7 | 0,67 | 2,67 | 3,1 | 100 |
| 749 | Nubira | Daewoo | 1998 | 7 | 0,58 | 0,65 | 12,9 | 90 |
| 750 | R5 | Renault | 1986 | 4 | 2,3 | 2,74 | 10,3 | 285 |
| 751 | R5 | Renault | 1987 | 4 | 1,99 | 3,4 | 6,8 | 296 |
| 752 | Atos | Hyundai | 2004 | 4 | 0,15 | 0,21 | 10,7 | 336 |
| 753 | | Mazda | 1985 | 7 | 0,4 | 0,66 | 8,7 | 124 |
| 754 | R4 | Renault | 1988 | 4 | 0,77 | 0,78 | 14,1 | 148 |
| 755 | R19 | Renault | 1989 | 6 | 0,17 | 0,23 | 11 | 356 |
| 756 | Clio | Renault | 2007 | 7 | 0 | 0 | 15,4 | 124 |
| 757 | Twingo | Renault | 2000 | 5 | 0,77 | 0,78 | 14,1 | 148 |
| 758 | Clio | Renault | 1996 | 5 | 0,04 | 0,21 | 2,8 | 141 |
| 759 | | Ford | 1999 | 6 | 0,08 | 0,16 | 7,5 | 822 |
| 760 | Alto | Maruti | 2008 | 4 | 0 | 0 | 14,9 | 44 |
| 761 | Golf | Volkswagen | 1993 | 7 | 0,22 | 0,36 | 9 | 612 |
| 762 | Nubira | Daewoo | 1999 | 7 | 2,39 | 3,07 | 9,3 | 212 |
| 763 | Golf | Volkswagen | 1981 | 5 | 0,56 | 0,8 | 9,9 | 1487 |
| 764 | Accent | Hyundai | 2000 | 7 | 0,09 | 0,28 | 4,7 | 31 |
| 765 | | Daewoo | 1997 | 6 | 0,15 | 0,29 | 7,7 | 1285 |
| 766 | R9 | Renault | 1986 | 7 | 0,15 | 0,29 | 7,7 | 1285 |

| | | | | | | | | |
|-----|-------|------------|------|---|------|------|------|------|
| 767 | | Chevrolet | 2006 | 6 | 1,31 | 1,39 | 12,8 | 108 |
| 768 | R18 | Renault | 1984 | 7 | 0,03 | 0,25 | 5,3 | 421 |
| 769 | Golf | Volkswagen | 1992 | 6 | 0,7 | 0,7 | 14,6 | 93 |
| 770 | Clio | Renault | 2004 | 7 | 0,01 | 0,01 | 15,1 | 50 |
| 771 | R5 | Renault | 1986 | 4 | 1,64 | 1,64 | 13,7 | 378 |
| 772 | R5 | Renault | 1986 | 4 | 0,24 | 0,3 | 11,6 | 858 |
| 773 | Clio | Renault | 1993 | 5 | 0,47 | 0,57 | 11,8 | 182 |
| 774 | Atos | Hyundai | 2007 | 4 | 0,18 | 0,28 | 9,5 | 1290 |
| 775 | Clio | Renault | 2007 | 7 | 0,01 | 0,01 | 15,5 | 86 |
| 776 | R11 | Renault | 1988 | 7 | 3,25 | 3,49 | 10,7 | 460 |
| 777 | Celio | Daewoo | 1998 | 6 | 1,56 | 3,27 | 5,6 | 2250 |
| 778 | 106 | Peugeot | 1998 | 4 | 2,95 | 3,17 | 11 | 197 |
| 779 | 205 | Peugeot | 1985 | 6 | 0,12 | 0,14 | 12,4 | 213 |
| 780 | Uno | Fiat | 1993 | 5 | 3,17 | 3,17 | 12,3 | 389 |
| 781 | Clio | Renault | 2006 | 5 | 0,86 | 0,86 | 14,2 | 237 |
| 782 | | Volkswagen | 1988 | 7 | 0,58 | 0,65 | 12,9 | 90 |
| 783 | 305 | Peugeot | 1985 | 7 | 3,72 | 4,49 | 8,7 | 283 |
| 784 | R11 | Renault | 1988 | 7 | 0,13 | 0,24 | 7,9 | 416 |
| 785 | 205 | Peugeot | 1996 | 5 | 0,31 | 0,38 | 11,8 | 137 |
| 786 | R11 | Renault | 1985 | 7 | 4,16 | 4,16 | 11,1 | 283 |
| 787 | 106 | Peugeot | 1997 | 5 | 0,78 | 1,03 | 10,6 | 115 |
| 788 | | Volkswagen | 1988 | 7 | 1,25 | 2,62 | 5,9 | 1965 |
| 789 | | Renault | 1990 | 5 | 2,03 | 2,37 | 10,8 | 1006 |
| 790 | | Peugeot | 1985 | 9 | 1 | 2,38 | 5,3 | 1322 |
| 791 | | Seat | 1993 | 6 | 0,86 | 0,86 | 14,3 | 387 |
| 792 | | renault | 1993 | 5 | 3,09 | 3,46 | 10,3 | 977 |
| 793 | | Peugeot | 1985 | 6 | 0,12 | 0,14 | 12,4 | 213 |
| 794 | | Hyundai | 1999 | 4 | 2,26 | 2,41 | 11,8 | 219 |
| 795 | | Peugeot | 1985 | 7 | 2,88 | 3,61 | 9,1 | 420 |
| 796 | | Chevrolet | 2007 | 6 | 0,91 | 0,91 | 14,6 | 80 |
| 797 | | renault | 1999 | 7 | 1,6 | 2,38 | 8,5 | 161 |
| 798 | | Volkswagen | 1989 | 6 | 3,47 | 3,47 | 13,2 | 211 |
| 799 | | Daewoo | 1999 | 7 | 1,5 | 1,5 | 13,6 | 150 |
| 800 | | Peugeot | 2000 | 7 | 0,12 | 0,2 | 9,1 | 312 |

