

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA**

**Faculté de Technologie**

Département de Chimie Industrielle

**MEMOIRE DE MAGISTER**

Spécialité : Génie des Procédés

**Analyse des conditions de roulage par GPS d'une  
cohorte de véhicules routiers particuliers**

Par

**Atika SOUALILI**

Soutenu devant le jury composé de :

Mr AOUABED Ali	Professeur	Univ. Blida	Président
Mr KERBACHI Rabah	Professeur	ENP. Alger	Examineur
M <sup>me</sup> ZBOUDJ Saliha	MCA	ENP. Alger	Examinatrice
Mr GHERNAOUT Djamel	MCA	Univ. Blida	Examineur
Mr BENAÏSSA Mohamed Lazhar	MCB	ENST. Alger	Invité
Mr BOUGHEDAOUI Ménouèr	MCA	Univ. Blida	Rapporteur

Blida, Mai 2012

## RÉSUMÉ

Ce travail concerne la typologie des voies routières empruntées par les véhicules dans la zone centre d'Alger. L'étude a examiné l'influence des différentes caractéristiques des véhicules, des carburants, et des conducteurs sur la part de kilométrage ainsi que la vitesse. On a enregistré la vitesse pratiquée lors de l'utilisation du véhicule en usage normal sur un échantillon de 14 véhicules légers équipés de récepteur GPS intégrant un datalogger. On a pu définir les quatre types de voies empruntés (Autoroute, Urbain, Route Nationale, Chemin de Wilaya) grâce à la carte du réseau routier construite sur mapinfo. Les résultats obtenus montrent que la part de kilométrage de l'autoroute est supérieure à celles des trois autres voies. La vitesse empruntée en autoroute est inférieure à 100 km/h pour une part de kilométrage de 90 %. Pour la voie urbaine et chemin de wilaya, la vitesse est de 25 km/h pour une part de kilométrage de 50 %. Concernant la route nationale, les vitesses varient entre 20 et 90 km/h avec la part de kilométrages de 10 et 93 % respectivement. Les résultats contribuent à l'amélioration des inventaires d'émissions polluantes des véhicules en réduisant l'incertitude par la désagrégation des distances parcourues par type de voie et classe de vitesse.

**Mots-clefs:** kilométrage, vitesse, GPS, véhicule particulier, inventaire, émissions

## ABSTRACT

The aim of this work is to assess the road typology used by vehicles in the region of Algiers and to determine the share of mileage travelled by vehicles as well as the corresponding vehicle speed. A sample of 14 personal vehicles was equipped with GPS receiver coupled with a datalogger to record vehicle speed in normal use. Influence of various parameters such as vehicle characteristics, fuel type, and driver gender were examined. We were able to define four types of roads where cars were driven (Highway, Urban, National, and Wilaya) based on the road network map built with mapinfo software. The speed used on highway is lower than 100 km/h for a mileage share of 90 %. For urban and wilaya roads, the speed is of 25 km/h for a share of mileage of 50 %. In the case of national roads, speed varies between 20 to 90 km/h with a mileage share of 10 to

93 % respectively. The results of this work can improve pollutant emission inventory development by disaggregating mileage by road type and speed class. This will lead to emission uncertainty enhance the inventory quality.

**Keywords:** Mileage, speed, GPS, personal vehicle, inventory, emissions

### ملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة نموذجية الطرق للسيارات في ضواحي الجزائر العاصمة؛ حيث قمنا بدراسة تأثير مختلف الخصائص؛ للسيارات، الوقود، والسائقين على النسبة المنجزة من الكيلومترات و السرعة. وقد تم قياس السرعة لعينة من 14 سيارة خفيفة مزودة بجهاز استقبال GPS مع مسجل، و تحديد أربعة أنواع من الطرق المستخدمة (الطريق السريع في المناطق الحضرية، الطريق الوطني، و الطريق الولائي) باستخدام شبكة الطرقات المبنية على mapinfo. أظهرت النتائج أن نسبة الكيلومترات المنجزة في الطريق السريع أكبر من الطرق الثلاث الأخرى؛ و أن السرعة في الطريق السريع أقل من 100 كم / الساعة بنسبة تقدر بـ 90 % من الكيلومترات المنجزة؛ وتقدر السرعة في المناطق الحضرية والطرق الولائية بـ 25 كم/سا من أجل حصة من الكيلومترات قيمتها 50%، أما فيما يخص الطريق الوطني تتراوح السرعة بين 20 و 90 كم/سا من أجل حصة من الكيلومترات 10 و 93 % على التوالي. تساهم هذه النتائج في تحسين تعداد التلوث المنبعث من طرف السيارات، مع تخفيض عدم التأكد بتفكيك المسافات المقطوعة وفقا لنوع الطريق و فئة السرعة.

**كلمات مفتاحية:** الكيلومترات، السرعة، GPS ، السيارات، التعداد، الإنبعثات

## REMERCIEMENTS

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de la recherche de la pollution atmosphérique dans le Laboratoire des sciences et Techniques de l'Environnement à l'école Nationale polytechnique (ENP) d'El-Harrach sous la direction du Docteur Boughedaoui Ménouër avec qui j'ai eu l'honneur et l'immense privilège de travailler. Je tiens à le remercier de la confiance qu'il m'a témoignée, de son soutien, ainsi que de sa générosité sans bornes. Son aide si précieuse tout le long de ce travail, son amabilité ainsi que sa générosité intellectuelle m'ont été d'une grande utilité pour l'enrichissement de mes connaissances.

Je suis honorée de compter parmi les membres du jury M. Aouabed Ali, Professeur au département de chimie industrielle de Blida, qui a été mon enseignant en graduation et en post graduation. Je le remercie de participer à ce jury en tant que président.

Je remercie Dr.Ghernaout Djamel, MCA au département de chimie industrielle de Blida, de participer à ce jury en tant qu'examinateur, ses remarques et ses critiques apporteront un précieux apport à ce travail.

Je remercie aussi M. Kerbachi Rabah, Professeur à l'ENP d'El-Harrach, et Dr. Zeboudj Saliha, MCA à L'ENP d'El-Harrach, de participer à ce jury en tant qu'examineurs et Dr. Benaïssa Mohamed Lazhar, MCB de l'ENST de Rouiba, en tant qu'invité en apportant leurs critiques constructives à ce travail afin de l'améliorer.

Je remercie toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à l'accomplissement de ce travail, tout particulièrement les conducteurs qui ont bien voulu accepter de participer à cette étude, sans elles ce travail n'aurait pas pu être possible. Mes remerciements vont également à M. Chikhi, Enseignant au département de chimie industrielle de Blida et M. Driassa, chercheur.

Je joins à ces remerciements tous mes enseignants qui m'ont orientée et guidée à un moment donné de ma vie, particulièrement Dr. Ouzzane, Enseignant au département de chimie industrielle de Blida et M. Boughedaoui, MCA au département de chimie industrielle de Blida.

Je termine en remerciant ma très chère famille, mes frères et sœurs, de leur soutien, de leur indéfectible amour fraternel si précieux. Je remercie particulièrement ma sœur Dina de son aide et de ses judicieux conseils, sans oublier mon très cher frère Bader. J'adresse mes remerciements les plus tendres à la personne la plus dévouée, la plus aimante, la plus juste, la plus courageuse, aucun qualificatif ne saurait rendre justice à l'incarnation parfaite de la "Mère Courage", ma Mère.

Merci à tous ceux qui me portent dans leur cœur et que je porte dans le mien !

## TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉS	1
REMERCIEMENTS	3
TABLE DES MATIERES	4
LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX	10
LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES	11
INTRODUCTION GÉNÉRALE	14
CHAPITRE1 : ÉMISSIONS POLLUANTES	16
1.1. Introduction	16
1.2. Formation de polluants	16
1.2.1. Polluants non réglementés	17
1.2.2. Polluants réglementés	17
1.3. Impacts des polluants sur l'environnement	24
1.3.1 Impacts sur la qualité de l'air	25
1.3.2. Impacts sur la végétation	25
1.3.3. Impacts sur la santé	26
1.4. Facteurs influents sur les émissions de polluants	26
1.4.1. Facteurs liés aux véhicules	26
1.4.2. Influence des carburants	27
1.4.3. Influence de l'âge de véhicule	29
1.4.4. Facteurs lié à la du véhicule	30
1.5. Evolution des normes	31
1.6. Influence de la vitesse	32
1.7. Emissions totales	35
1.7.1. Emission à froid	35
1.7.2. Emission à chaud	36
1.7.3. Emission par évaporation	37
1.8. Conclusion	37
CHAPITRE 2 : INVENTAIRE D'ÉMISSION DE POLLUANTS	38

2.1. Introduction	38
2.2. Techniques d'inventaires et leurs applications	38
2.3. Méthodologie d'inventaire	39
2.4. Modèles d'inventaires	40
2.4.1. Modèle COPERT3	41
2.4.2. Inventaire d'émission du parc véhicules algérien	46
2.5. Conclusion	48
CHAPITRE 3 : CINÉMATIQUES DES VEHICULES	49
3.1. Notion de cycle cinématique	49
3.2. Différents types de cycles	50
3.2.1. Cycles Inrets	50
3.2.2. Cycles modem	51
3.2.3. Cycle modem Hyzem	52
3.2.4. Autres cycles réglementaires	53
3.3. Conclusion	55
CHAPITRE 4 : SYSTÈME DE POSITIONNEMENT GLOBAL (GPS)	56
4.1. Introduction	56
4.2. Présentation du PGS	57
4.2.1. Définition	57
4.2.2. Description	57
4.2.3. Segment spatial	58
4.2.4. Segment de contrôle	59
4.2.5. Segment utilisateur	59
4.3. Fonctionnement du système GPS	60
4.3.1. Mesures de pseudo-distance	60
4.3.2. Mesures de phase	61
4.3.3. Mesures de Doppler	62
4.4. Positionnement du GPS	62
4.5. GPS Différentiel	63
4.6. Système de coordonnées	65
4.7. Système de projection	65
4.8. Modèles de récepteurs GPS	66
4.9. Conclusion	67

CHAPITRE 5 : METHODOLOGIE EXPERIMENTALE	68
5.1. Objectifs	68
5.2. Méthodologie de travail	68
5.2.1. Echantillon de véhicules	68
5.2.2. Equipement de mesure	70
5.2.3. Campagne de mesures	72
5.2.4. Mesures comparatives : Cinémomètre-GPS	74
5.2.5. Outils informatiques utilisés	77
5.2.6. Analyse des données GPS	79
CHAPITRE 6 : RESULTATS ET DISCUSSION	86
6.1. Répartition du kilométrage parcouru	86
6.1.1. Part de kilométrage par type de voie	86
6.1.2. Part de kilométrage par genre de conducteur	89
6.1.3. Influence de l'âge du véhicule	90
6.1.4. Influence de l'âge du conducteur	90
6.1.5. Influence du type de carburant	91
6.1.6. Part de kilométrage selon la vitesse	91
6.1.7. Comparaison des classes de vitesses pratiquées	94
6.2. Part du kilométrage dans chaque classe de vitesse	96
6.2.1. Part de kilométrage en fonction du genre de conducteur	96
6.2.2. Variation du kilométrage en fonction de l'âge du véhicule	98
6.2.3. Part de kilométrage en fonction de l'âge du conducteur	101
6.3. Conclusion	102
CONCLUSION GÉNÉRALE	103
BIBLIOGRAPHIE	106
ANNEXES	114

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Structure élémentaire d'une particule de combustion automobile	22
Figure 1.2	Emissions unitaires moyennes de polluants par types de véhicules	27
Figure 1.3	Emissions de véhicule (Volvo) par type de carburant	28
Figure 1.4	Emissions de véhicule (Laguna) par type de carburant	29
Figure 1.5	Comparaison des émissions de deux véhicules (Laguna et Volvo)	29
Figure 1.6	Emissions de polluants et consommation de véhicules lourds	30
Figure 1.7	Emissions des particules fines PM par norme	31
Figure 1.8	Emissions de CO et NO <sub>x</sub> en fonction des différentes normes	32
Figure 1.9	Emissions des véhicules à essence et diesel sur cycles Inrets chauds	34
Figure 1.10	Rapport émission froid / émission à chaud d'un véhicule particulier	36
Figure 2.1	Organigramme de la méthodologie générale de l'inventaire des émissions	43
Figure 2.2	Méthode d'inventaire spécifique au trafic routier	44
Figure 2.3	Organigramme de la méthodologie d'inventaire CORINAIR	45
Figure 2.4	Typologie de données d'entrée du modèle COPERT III	46
Figure 2.5	Evolution temporelle des émissions polluantes par type de voie	47
Figure 3.1	Illustration de la variabilité des conditions de circulation	49
Figure 3.2	Cycle cinématique représentatif Inrets urbain lent 2	51
Figure 3.3	Cycle cinématique représentatif modem urbain n°1	51
Figure 3.4	Cycle cinématique représentatif urbain modem Hyzem	52
Figure 3.5	Cycle cinématique européen NEDC urbain et extra-urbain	53
Figure 3.6	Cycles cinématiques américains FTP 75 (urbain)	



	et US Highway (interurbain)	54
Figure 3.7	Cycle cinématique japonais de 10-15 modes	55
Figure 4.1	Segments du GPS	58
Figure 4.2	Constellation des satellites du système GPS	58
Figure 4.3	Principe de la trilatération	63
Figure 4.5	Positionnement absolu	63
Figure 4.6	Positionnement relatif	64
Figure 4.7	Représentation du système WGS84 sur une sphère	65
Figure 4.8	Représentation des systèmes de projections	66
Figure 5.1	Récepteur GPS RBT-2300 Bluetooth	71
Figure 5.2	Cinémomètre à effet Doppler	75
Figure 5.3	Bluetooth GPS RBT-2300	75
Figure 5.4	Circuit des mesures cinématiques en pente sur la route de Chréa	75
Figure 5.5	Mesure des vitesses en altitude par GPS et cinémomètre sur route de Chréa en montée	76
Figure 5.6	Mesure des vitesses en altitude par GPS et cinémomètre sur route de Chréa en descente	76
Figure 5.7	Comparaison des pentes avec le cinémomètre et le GPS sur le trajet de la route de Chréa.....	77
Figure 5.8	Interface du logiciel Google Maps Downloader	78
Figure 5.9	Interface du logiciel de MapInfo	80
Figure 5.10	Carte du réseau routier sur MapInfo	80
Figure 5.11	Superposition carte image et carte du réseau routier sur MapInfo	81
Figure 5.12	Table MapInfo du réseau routier	81

Figure 5.13	Table de données des enregistrements de véhicules sous MapInfo	82
Figure 5.14	Image de parcours d'un véhicule obtenue lors de la projection	83
Figure 5.15	Projection d'un trajet	83
Figure 5.16	Matrice de calcul	84
Figure 5.17	Matrice de calcul de la part de kilométrage journalier par classe de vitesse	85
Figure 6.1	Répartition des parts du kilométrage par type de voie	86
Figure 6.2	Moyenne des parts du kilométrage par type de voie	89
Figure 6.3	Répartition des parts de kilométrage par genre de conducteur	89
Figure 6.4	Répartition des parts de kilométrage par âge de véhicule	90
Figure 6.5	Répartition des parts de kilométrage par âge de conducteur	90
Figure 6.6	Répartition des parts de kilométrage par type de carburant	91
Figure 6.7	Part du kilométrage en fonction des classes de vitesses	92
Figure 6.8	Part de kilométrage en fonction des classes de vitesses par type de voie	93
Figure 6.9	Comparaison des données de l'étude et les résultats de Bacha	95
Figure 6.10	Répartition des parts de kilométrage par genre et par classe de vitesse	97
Figure 6.11	Répartition des parts de kilométrage par âge véhicule et classes de vitesses	99
Figure 6.12	Répartition des parts de kilométrage par âge du conducteur et classes de vitesses	101

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1.1	Liste des 16 principaux HAP couramment mesurés et leurs poids moléculaire	19
Tableau 1.2	Émissions de CO <sub>2</sub> sur l'ensemble de la filière énergétique	20
Tableau 1.3	Normes des particules (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> )	24
Tableau 1.4	Normes algériennes pour les véhicules particuliers	32
Tableau 5.1	Caractéristiques des véhicules utilisés dans la campagne de mesures	69
Tableau 5.2	Caractéristiques des conducteurs	70
Tableau 5.3	Données de la campagne d'enregistrement	73
Tableau 6.1	Tendance moyenne du kilométrage par type de voie	87

## LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

A : kilométrage de véhicules légers

ARTEMIS: Assessment and Reliability of Transport Emission Modelling and Inventory Systems

Auto: Autoroute

BaP : Benzo (a)Pyrène

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>: Benzene

CCNUCC : Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

CH<sub>4</sub> : Méthane

CO: Monoxyde de carbone

CO<sub>2</sub> : Dioxyde de carbone

COPERT: Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport

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

COV : Composé organique volatil

COVNM : Composé organique volatil non méthanique

CW : Chemin de wilaya

Datalogger: Boite d'enregistrement de données

DGPS: Differential Global Positioning System

E : émission des polluants

EGNOS: European Geostationnmary Navigation Overlay System

EHighway: émission en milieu autoroutier

EPA : Environmental Protection Agency US

ERural: émission en milieu rural

EUrban: émission en milieu urbain

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

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

FAP : Filtre à particule

Fe : Facteur d'émission

FTP 75: Federal Test Procedure US

GIEC : Groupe intergouvernemental d'étude du climat  
GLONASS: Global Navigation Satellite System  
GNC : Gaz Naturel Comprimé  
GNSS : Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites  
GPL : Gaz de Pétrole Liquifié  
GPS: Global Position System  
H<sub>2</sub>O : Eau  
H<sub>2</sub>S: Hydrogen sulfide  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : Acide sulfurique  
HAP : Hydrocarbures Aromatique Polycyclique  
HC : Hydrocarbures  
HCNM : Hydrocarbures non méthanique  
HCT : Hydrocarbures totaux  
HFC : Hydrofluorocarbures  
IEA : International Energy Agency  
IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change  
MCS : Master Control Station  
Meet: Methodology of emission estimation from transport  
N<sub>2</sub>O : Oxydes Nitreux (protoxyde d'azote)  
NEDC: New Extra-Urban driving cycle  
NH<sub>3</sub> : Ammoniac  
NMEA: National Marine Electronics Association  
NO: Monoxyde d'azote  
NO<sub>2</sub>: Dioxyde d'azote  
NO<sub>x</sub> : Oxydes d'azotes NO<sub>x</sub>  
O<sub>2</sub>: Oxygène  
O<sub>3</sub>: Ozone  
OMS : Organisation Mondiale de la Santé  
PAN : Peroxyacetylnitrate  
Pb : Plomb  
PFC : Perfluorocarbure  
PL : Poids lourds  
PM<sub>10</sub>: Particules fines de diamètre inférieur à 10 µm  
PM<sub>2,5</sub>: Particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm  
PSA : Société Peugeot Citroën  
RN : Route nationale

RVP : Pression de Vapeur Reid (volatilité du carburant)

S : Soufre

SA : selective availability

SF6 : Hexafluorure de soufre

SIG : Système d'Informations Géographiques

SO<sub>2</sub>: Dioxyde de soufre

SO<sub>3</sub> : Anhydride sulfurique

SPS : Standardd Positioning Service

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change

US : United States

UV : Rayons ultraviolet

VP : Véhicule particulier

VU : Véhicule utilitaire

WGS84: World Geodetic System 1984

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le transport routier fait partie des secteurs clefs du développement d'un pays visant une croissance économique. Il permet la liberté de déplacement des personnes et des marchandises qui est considéré aussi comme un facteur déterminant du développement économique. Cependant, le trafic routier constitue une source anthropique majeure de la pollution atmosphérique, à l'échelle mondiale. Tous les pays sont concernés par ce type de pollution à des degrés variables. L'accroissement des gaz à effet de serre ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CH}_4$ , etc.), et des polluants de l'air, connaît une croissance rapide en raison du développement du secteur des transports routiers. Généralement, dans les pays en développement, le développement des infrastructures routières, du parc routier et du trafic ne s'accompagnent pas d'une réglementation efficace pour la réduction des émissions polluantes. En conséquence, les niveaux de pollution de l'air et d'émissions de gaz, à effet de serre, émis sont supérieurs aux véhicules équivalents roulant dans les pays développés où les pays disposent d'émission de véhicules. L'Algérie, à l'image de tous les pays en développement, connaît cette problématique avec une forte croissance du parc véhicules, une croissance du réseau routier et du trafic. Ceci a généré des émissions polluantes qui altèrent la qualité de l'air en ville, dont Alger pour laquelle des mesures ont été effectuées [1]. Afin d'identifier l'évolution des émissions polluantes, il est nécessaire d'utiliser l'inventaire d'émission qui est un outil de quantification des substances polluantes par une source émettrice donnée sur une zone géographique et pour une période de temps donnée. Cet inventaire utilise une base de données établie grâce à des enquêtes et des mesures. La qualité de l'inventaire dépend de la précision des données d'entrée pour le calcul de cet inventaire. Elle est source de sous-estimation des émissions polluantes, notamment lorsque des données utilisées ne sont pas représentatives du pays en question [2]. Pour remédier à cette incertitude, il est utile de développer des données propres au pays d'activité (part de kilométrage des véhicules) qui tiennent compte des différentes caractéristiques

des véhicules en circulation tels que la catégorie, le type de carburant, l'âge, la puissance, etc. Par ailleurs, il y a lieu de tenir compte parallèlement des conditions d'utilisation des véhicules (vitesse, accélération, pente, charge, etc.), les conditions de roulage des véhicules (démarrage à froid et à chaud) ainsi que la typologie des voies empruntées par les véhicules (autoroute, milieu urbain, interurbain, route rurale). C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui concerne la typologie des voies routières empruntées par une cohorte de véhicules légers par GPS dans la région centre. L'objectif est de déterminer la part de kilométrage parcourue par type de voie et les vitesses correspondantes.

Le mémoire est composé de six chapitres :

- Le premier chapitre est une synthèse bibliographique des principaux polluants caractérisant le trafic routier ainsi que leurs impacts sur l'environnement, et les différents paramètres influençant ces émissions. L'influence de la vitesse sur les émissions est aussi mise en évidence.
- Le deuxième chapitre aborde la technique d'inventaire des émissions de polluants des véhicules routiers. La définition et le principe de calcul d'inventaire est présenté ainsi que les principaux modèles d'inventaire.
- Le troisième chapitre concerne les différents cycles cinématiques, où on présente les différents cycles existant avec leurs utilisations.
- Dans le quatrième chapitre, on a décrit le système GPS, son principe de fonctionnement et les paramètres mesurés.
- Le cinquième chapitre décrit la méthodologie du travail effectué sur l'échantillon de véhicule considéré.
- Les résultats et leurs discussions sont présentés au chapitre six. La variation de la part du kilométrage en fonction des différentes caractéristiques des véhicules, carburants, conducteurs et vitesse est discutée.



## CHAPITRE 1

### EMISSIONS POLLUANTES

#### **1.1. Introduction**

La progression continue du transport routier est nécessaire à l'essor d'une société moderne, mais cela ne va pas sans conséquence sur l'environnement.

Le transport routier contribue majoritairement à la pollution atmosphérique; l'estimation des émissions dues au trafic routier est plus ou moins complexe du fait de la diversité des véhicules, de leurs âges, de leurs types de carburants, de la vitesse, ainsi que d'autres paramètres [3].

Les principaux polluants émis directement par les véhicules dans l'atmosphère sont le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), les oxydes d'azotes (NO<sub>x</sub>), les particules, les hydrocarbures totaux, ainsi que d'autres polluants tels que : les métaux émanant de l'échappement lors de la combustion (carburant, lubrifiant) ou de l'usure du moteur [4]. D'autres polluants comme l'ozone (O<sub>3</sub>) peuvent se former à partir des précurseurs tels que les NO<sub>x</sub> et les COV, qui sous l'effet des rayons solaires (UV), le CO et les NO<sub>x</sub> réagissent entre eux pour la formation de l'ozone (O<sub>3</sub>).

#### **1.2. Formation de polluants**

Les polluants majoritaires formés dans un cas idéal de combustion complète sont: le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et l'eau (H<sub>2</sub>O) ; néanmoins, ce cas idéal est difficile à atteindre en raison des temps très courts laissés aux différents processus chimiques d'oxydation, et l'hétérogénéité des mélanges carburés, mais aussi à cause de la différence de température dans les chambres de combustion constituant le moteur. Ceci implique la formation des polluants issus de la combustion incomplète. Parmi ces polluants on distingue deux types, des polluants réglementés et non réglementés [5].

### 1.2.1. Polluants non réglementés

Les polluants non réglementés sont des polluants instables émis avec de faibles concentrations dans l'air. Cependant, malgré leurs faibles quantités ils sont persistants et difficiles à éliminer par réduction ou par réactions chimiques. Ces polluants peuvent s'accumuler pendant des années ce qui accroît leur nocivité.

Parmi ces polluants, les métaux lourds issus notamment des moteurs (Cadmium, Cuivre, Chrome, Nickel, Sélénium, Zinc, etc.) et d'autres métaux sont issus de la dégradation des pots catalytiques (Platine, Palladium, Rhodium). Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), des composés organiques chlorés, Chloro Fluoro Carbone CFC, les Oxydes Nitreux ( $N_2O$ ), les halocarbures et autres gaz fluorés (HFC, PFC, SF6) sont engendrés par la climatisation des véhicules [4-6].

### 1.2.2. Polluants réglementés

Les polluants réglementés sont émis dans l'atmosphère en plus grande intensité que les polluants non réglementés. Parmi ces polluants, le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les hydrocarbures totaux, le benzène, l'ozone, le plomb, etc.

#### 1.2.2.1. Monoxyde de carbone (CO)

C'est un polluant nocif [7] issu de la combustion incomplète, il provient de la combustion du carbone en présence d'une quantité d' $O_2$  (l'air) insuffisante [8-10]. Si un carburateur est mal réglé, le manque de comburant (oxygène) donne lieu à la production et l'émission de gaz d'échappement plus riche en CO. C'est-à-dire que le  $CO_2$  est émis lorsqu'il y a combustion complète d'hydrocarbures, cela dit le CO est émis essentiellement quand la combustion est incomplète [7].

#### 1.2.2.2. Hydrocarbures totaux (HCT)

On peut distinguer deux types: le méthane et les hydrocarbures non méthaniques

##### a. HCNM

Les hydrocarbures imbrûlés représentent une famille de polluants contenant différents composés d'hydrocarbures, les proportions de chaque espèce variant

de manière considérable entre les émissions des voitures à essence et celles des moteurs diesel [11].

Les composés organiques volatiles sont émis [7] :

- Par évaporation à la pompe, au niveau du carburateur et du réservoir.
- Par perte (éclaboussure à la pompe ou au niveau du réservoir)
- Dans les gaz d'échappement [7]
- De la combustion incomplète des combustibles [8];

Les HAP sont détectés en phase gazeuse et tout particulièrement dans les gaz d'échappement des moteurs à essence. Ces HAP ayant une masse moléculaire très faible sont nommés HAP légers. Pour les émissions Diesel les HAP ont une masse moléculaire plus conséquente et sont nommées HAP lourds [4].

Le HAP le plus étudié, en raison de sa nocivité dont la teneur obtenue par les véhicules essence et Diesel sont comparables, est le Benzo (a)Pyrène (BaP) [4]. Le Tableau 1.1 montre le partage des HAP récupérés sous formes gazeuses ou particulières [4].

#### a. Méthane (CH<sub>4</sub>)

Le méthane dans le domaine du trafic routier provient principalement du gaz naturel comprimé (GNC), il est de l'ordre de 90 % . Il prend une place à part parmi les hydrocarbures imbrulés (HCT), mais il est émis en quantités négligables [12]. C'est un gaz à effet de serre qui est néfaste à notre environnement en ayant un potentiel de réchauffement atmosphérique 21 fois plus élevé que le CO<sub>2</sub> [9].

Tableau 1.1 : Liste des 16 principaux HAP couramment mesurés et leurs poids moléculaires [4]

HAP	Masse moléculaire (g/mole)
Naphtalène	128
Acenaphtylène	152
Acenaphtène	154
Fluorène	166
Phénanthrène	178
Anthracène	
Fluoranthène	202
Pyrène (P)	
Chrysène	228
Benzo (a) anthracène (BaA)	
Benzo (a) Pyrène (BaP)	252
Benzo (b) Fluoranthène (BbF)	
Benzo (k) Fluoranthène (BkF)	
Dibenzo anthracène	276
Indéno (1, 2, 3) Pyrène (IP)	278
Benzo (g, h, i) Pérylène (BghiP)	

HAP Légers : La récupération sous forme gazeuse est la plus importante

HAP Lourds : La récupération sous forme particulaire est la plus importante

### 1.2.2.3. Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Le CO<sub>2</sub> est un gaz à effet de serre produit par les véhicules. Le CO<sub>2</sub> est émis lors de la combustion de l'oxygène et du carburant. En réaction, l'oxygène se lie avec des molécules de carbone et forme des oxydes de carbone. Ces oxydes se transforment ensuite, dès leur contact avec l'air ambiant, en composé chimique le plus stable à savoir le CO<sub>2</sub> [9]. Les véhicules Diesel contribuent à l'effet de serre exprimé en CO<sub>2</sub> équivalent, qui est inférieure d'environ 20 % à celui des voitures à essence équipées de catalyseurs [11]. Le Tableau 1.2 est un récapitulatif des émissions de CO<sub>2</sub>.

Tableau 1.2 : Émissions de CO<sub>2</sub> sur l'ensemble de la filière énergétique [13]

Carburants	Origine	CO <sub>2</sub> (g/MJ)	Conso d'énergie véhicule (MJ/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	CO <sub>2</sub> relatif
Diesel	Pétrole	84	1,944	166	1
Essence	Pétrole	84	2,376	200	1,20
Gaz Naturel	Gaz naturel	62	1,944	121	0,73

Les constructeurs automobiles s'étaient engagés à faire baisser les émissions de CO<sub>2</sub> au kilomètre parcouru pour les nouveaux modèles. Ces progrès ont été réalisés avec une réduction des émissions de 200 g en moyenne en 1990 à moins de 140 g de CO<sub>2</sub> en 2008. Cependant, le Grenelle de l'environnement prévoit d'atteindre 130 g/km en 2020 pour l'ensemble du parc français. Or en 2008, ce parc a émis en moyenne 165 g/km [6].

L'étude faite par Joumard [14] a montré que l'origine de ces émissions de CO<sub>2</sub> ont augmenté de 75 % de 1973 à 2000, et d'ici 2020 les émissions augmenteront de 50%. Quant à la Suède, ce pays a réalisé une meilleure progression dans la réduction de CO<sub>2</sub> avec 41,7 g de CO<sub>2</sub>/ km [15].

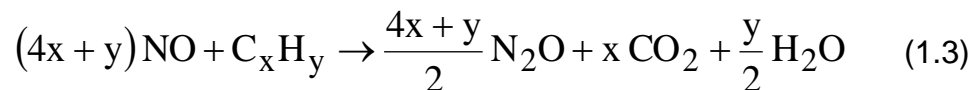
#### 1.2.2.4. Oxydes d'azotes (NO<sub>x</sub>)

Les oxydes d'azotes proviennent de réactions chimiques à chaud entre l'oxygène et l'azote de l'air, liées aux conditions de combustions [10]. Ils comprennent principalement le NO et NO<sub>2</sub> en milieu urbain. En effectuant la combustion, le moteur dégage de l'oxygène qui se joint à l'azote contenu dans l'air ambiant créant ainsi les molécules de NO. Il est émis directement à la sortie du pot d'échappement et sa formation dépend de la température. Plus cette dernière est élevée, plus la quantité de NO générée est importante. Cette molécule s'oxyde rapidement pour former le NO<sub>2</sub>. Il est le principal gaz contributeur au smog photochimique, et c'est souvent un bon traceur des émissions du trafic routier [9,16].

Le N<sub>2</sub>O est émis principalement par les véhicules équipés de pots catalytiques [11]. Le protoxyde d'azote contribue fortement à l'effet de serre, il est considéré comme le quatrième gaz après le H<sub>2</sub>O vapeur, le CO<sub>2</sub> et le CH<sub>4</sub> responsables de

l'effet de serre, représentant près de 3 % de ces émissions dues au transport routier qui est en perpétuelle progression [17,18].

Les pots catalytiques sont très performants à chaud à partir d'une gamme de température de fonctionnement de 300 à 900°C et une stabilité thermique d'environ 1400°C [12]. Dans le cas d'un démarrage à froid ou pendant les courts trajets parcourus, pour lesquels les catalyseurs n'ont pas atteint leurs gammes de température de fonctionnement, ces pots catalytiques manquent d'efficacité. Cependant, des réactions parasites peuvent survenir durant l'oxydation des monoxydes de carbone et des hydrocarbures ainsi que la réduction des oxydes d'azote régissant ces pots catalytiques en formant des protoxydes d'azote N<sub>2</sub>O [18] :



Les NO<sub>x</sub> participent, sous l'effet du rayonnement solaire, à la formation de l'ozone dont ils sont l'un des précurseurs.

#### 1.2.2.5. Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Le dioxyde de soufre est un gaz émis principalement dans l'atmosphère par les industries, suivies par le secteur automobile, notamment par les véhicules diesels [9,10,19]. Lors de la combustion, les composés organiques soufrés présents dans le carburant Diesel sont dégradés en molécules et radicaux tels que H<sub>2</sub>S, HS, S ou S<sub>2</sub> qui ensuite sont oxydés en SO<sub>2</sub>. Ces réactions sont très rapides et ont pour résultat la conversion quasi complète du soufre du carburant en SO<sub>2</sub> [20].

Le gaz naturel, le GPL, le bois sont des combustibles très peu soufrés. Le dioxyde de soufre est précurseur de pluies acides [21]. La teneur en soufre dépend de la nature du gaz. Le taux d'émission des dioxydes [10] de soufre pour les moteurs d'essence est de l'ordre de 0 à 80 ppm. Quant aux moteurs diesel, le taux est de 100 à 200 ppm. Les émissions de SO<sub>2</sub> ont augmenté régulièrement depuis les années 80 en raison de l'accroissement du parc automobile pour les véhicules munis d'un moteur diesel. A partir des années 2000, le taux de soufre dans ces

carburants est divisé par cinq [12]. Par ailleurs, le taux de soufre dans le gazole dans les années 2000 était de l'ordre de 350 ppm, à partir de 2005 le taux a baissé jusqu'à 50 ppm. En 2009, le taux a chuté jusqu'à 10 ppm [22].

Concernant, les carburants essence, le taux maximum de soufre admis était de l'ordre de 150 ppm dans les années 2000 et 50 ppm à partir de 2005. Le taux était de 10 ppm en 2009 [22]. Le niveau de soufre dans le diesel algérien est de 900 ppm [23], qui comparé à ceux de l'Europe, est drastique, vu que le taux de soufre des carburants diesel et essence occidentaux est inférieur à 50 ppm en 1995, et inférieur ou égal à 10 ppm en 2009 [24].

#### 1.2.2.6. Particules fines (PM<sub>x</sub>)

Elles sont émises lors de la combustion du carburant, les carburants diesels sont de loin les plus grands émetteurs de particules fines [9].

Les particules diesels sont constituées d'un matériau carboné, la suie, qui est un noyau de carbone produit lors de la combustion. La Figure 1.1 est une représentation d'une particule de combustion automobile [25]

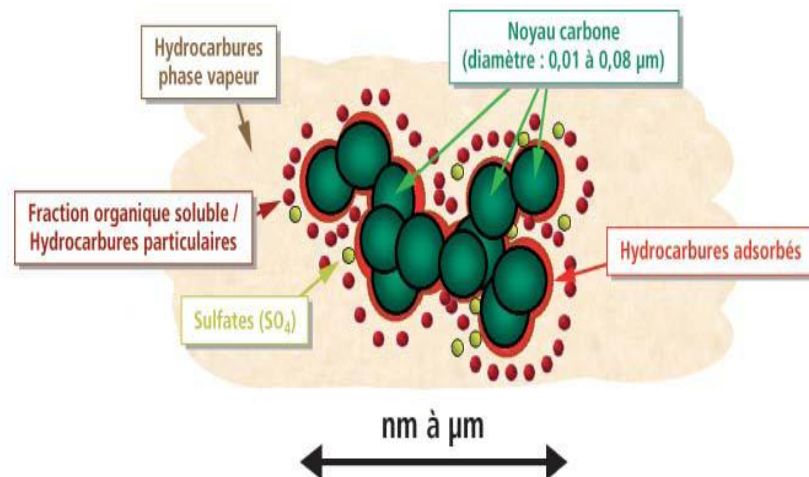


Figure 1.1 : Structure élémentaire d'une particule de combustion automobile [25]

Cette figure montre que sur le noyau carboné, durant les étapes suivant la combustion, diverses espèces organiques peuvent être adsorbées telles que les hydrocarbures imbrûlés, les dérivés oxygénés (cétones, esters, aldéhydes, lactone, éthers, acides organiques) et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et leurs dérivés nitrés, etc., avec aussi des dérivés minéraux

(SO<sub>2</sub>, sulfate,...) ainsi que les dérivés métalliques. Il n'y a pas de particules en deçà de 30 nm, mais il peut y avoir au-delà de 500 nm [25].

La particule se forme dans la chambre de combustion dans des zones localement trop riches en carburant [25]. Pour les moteurs diesel la combustion consiste en l'auto-inflammation sous l'effet de la compression d'un milieu hétérogène.

L'effet du carburant sur les émissions des particules est considérable car plus la densité du carburant est importante plus les émissions des particules augmentent; la réduction des composés polyaromatiques diminuent plus fortement les émissions des particules et les HAP; les composés condensés et hautement insaturés augmentent les émissions des particules.

Les émissions de particules des motorisations essence conventionnelles (réglage stœchiométrique et catalyseur à 3 voies) sont de tailles majoritairement inférieures à celles émises par la motorisation diesel et même si la masse reste faible, leur nombre peut être plus important que dans le cas du diesel. Afin de réduire ces émissions, des filtres à particules couplés avec un catalyseur d'oxydation ont été placés dans le cas de la motorisation diesel. Ce procédé consiste à oxyder au maximum les phases vapeurs et les fractions solubles à l'aide d'un pot catalytique d'oxydation, puis à piéger les particules restantes à l'aide d'un filtre, ce dernier est régénéré périodiquement par brûlage des suies qui y ont été piégées. Cependant le gazole utilisé au préalable doit être à faible teneur en soufre. La société PSA Peugeot Citroën a commercialisé les filtres à particule (FAP) à partir de l'année 2000 pour les modèles 607 [13,25]. Les filtres à particules réduisent significativement les particules fines émises près de 95 % à l'échappement quelque soit la taille des particules mais éliminent également les HAP [25].

La majorité des émissions de particules des véhicules diesels proviennent des émissions de gaz d'échappement qui est de l'ordre de 84% et 16% émanant de l'usure des pneus, de la chaussée des freins [26]. Le Tableau 1.3 présente les normes Algériennes, Américaines (US), Européennes et de l'OMS pour les particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> en µg/m<sup>3</sup>.



Tableau 1.3 : Normes des particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) [27]

Normes	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Algériennes	80	/
Américaines (USA)	50	≈ 19
Européennes	≈ 39	≈ 16
OMS	20	≈ 9

La ville d'Alger atteint un taux important en teneurs de PM<sub>10</sub> (27 à 80,4) µg/m<sup>3</sup> en comparaison avec le taux obtenu par les villes européennes comme Paris, Lyon ou Marseille qui est de (22 à 40) µg/m<sup>3</sup>. Par ailleurs, les émissions de PM<sub>10</sub> de la ville d'Alger sont beaucoup moins importantes que celles obtenus par les villes des pays émergents comme Pékin (135 µg/m<sup>3</sup>) et le Caire (130 à 250 µg/m<sup>3</sup>) [27].

#### 1.2.2.7. Plomb (Pb)

Le plomb est essentiellement émis par les véhicules en raison de l'ajout d'antidétonants dans les carburants [11], avec une concentration de 0,15 g/l. 75 à 85% des teneurs en plomb émis dans l'atmosphère proviennent des émissions des tuyaux d'échappement [7,10]. Il est en net régression depuis l'introduction de l'essence sans plomb et du diesel, c'est un polluant persistant et constitue un traceur de la pollution automobile [7].

En Algérie, les émissions de plomb rejetées dans l'atmosphère sont de plus de 800 tonnes en raison de la maigre consommation de l'essence sans plomb [28]. Ces émissions sont rejetées avec des teneurs en plomb atmosphérique s'élevant en moyenne à plus de 0,6 µg/m<sup>3</sup> avec des maxima d'un microgramme par mètre cube (µg/m<sup>3</sup>) dépassant largement les recommandations de l'O.M.S [28].

### **1.3. Impacts des polluants sur l'environnement**

Les hydrocarbures, les oxydes d'azote et les oxydes de carbone sont appelés polluants précurseurs car ils participent à la formation de polluants photochimiques.

Les polluants engendrés de cette synthèse photochimique ont un effet néfaste sur l'environnement et sur la qualité de l'air. Etant donné que ces polluants ne sont pas émis directement par les véhicules, il est difficile de les contrôler, seule la réduction des polluants précurseurs en amont permet de les caractériser.

### 1.3.1. Impacts sur la qualité de l'air

Les polluants précurseurs ont un impact important sur la qualité de l'air en formant des polluants dit secondaires tels que (l'ozone, PAN, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, etc). Certains de ces polluants participent au smog photochimique, aux pluies acides et à l'effet de serre.

Les précurseurs de la pollution photochimique [21] sont : CO, NO<sub>x</sub>, COV (les plus réactifs des hydrocarbures sont : formaldéhyde, éthylène et Xylène) [7]. Les plus forts niveaux d'ozone sont atteints aux heures d'ensoleillement intense, et les plus faibles la nuit (consommation de l'ozone) [21].

L'équation générale pour la formation de l'ozone troposphérique est comme suit :



En général, les niveaux des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) dans l'air ont surtout une influence sur les quantités d'ozone formé, les composés organiques volatiles agissent plutôt sur la vitesse des réactions [4].

Avec 60 % des émissions d'hydrocarbures, 35% des émissions de NO<sub>x</sub>, 65% des émissions de monoxyde de carbone (CO) sont impliquées dans la formation de l'ozone. Les véhicules particuliers sont la principale source de la pollution photochimique. L'ozone est détruit par l'oxyde d'azote (NO) car ce dernier consomme l'ozone.

### 1.3.2. Impacts sur la végétation

Tous les polluants émis dans l'atmosphère ont un impact sur la végétation, (les plantes, les légumes et autres), tels que les dioxydes d'azote participant aux phénomènes des pluies acides ainsi qu'aux phénomènes d'eutrophisation

(modification et la dégradation d'un milieu aquatique liée généralement à un apport exagéré de substances nutritives, qui augmente la production d'algues et de plantes aquatiques. Les dioxydes de soufre se transforment en anhydride sulfurique ( $\text{SO}_3$ ), ce dernier est responsable d'actions chimiques sur les plantes, bâtiments ainsi que sur divers matériaux [6,11].

### 1.3.3. Impacts sur la santé

L'incidence des polluants sur la santé humaine est colossale, la majorité des polluants sont la cause de plusieurs maladies respiratoires, allergisantes, de cancer, des maladies cardiovasculaires et autres. On peut citer quelques exemples : les particules en suspension les plus fines pénètrent dans les voies respiratoires provoquant ainsi la toux, irritation, gêne respiratoire avec des risques allergènes ou cancérigènes pour certaines particules. Le dioxyde de soufre provoque l'irritation oculaire, toux, sensation de gêne respiratoire, diminution de l'endurance. Pour les COV, on a une gêne olfactive, une gêne respiratoire, un effet cancérigène comme pour le benzène. Les métaux (plomb, mercure, cadmium, cuivre, etc.) affectent les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires, ainsi que l'altération du système nerveux avec trouble du développement cérébral des enfants [6, 29].

## 1.4. Facteurs influants sur les émissions de polluants

Plusieurs facteurs influent sur les émissions issues de la pollution due au trafic routier. Parmi ces facteurs, on trouve les facteurs liés aux véhicules, aux conducteurs, à la circulation ainsi qu'à d'autres facteurs tels que la température, la charge du véhicule, l'usure des pneus, etc. [6].

### 1.4.1. Facteurs liés aux véhicules

Les caractéristiques des véhicules ont un rôle central sur les émissions unitaires. Les véhicules sont classés en véhicules particuliers (VP), véhicules utilitaires (VU), poids lourds (PL), deux roues (2R).

Les émissions dépendent de la capacité des moteurs et de leur puissance, car plus on augmente dans le poids d'un véhicule plus le véhicule consomme de l'énergie donc du carburant, et de ce fait les émissions sont plus conséquentes. La cylindrée a une influence sur les émissions de certains polluants, malgré que les

émissions des deux roues ou trois roues puissent atteindre des niveaux de pollution importants comparés à certains véhicules pour les polluants COVNM [7]. La figure 1.2 représente les niveaux d'émissions de polluants de chaque catégorie de véhicules motorisés:

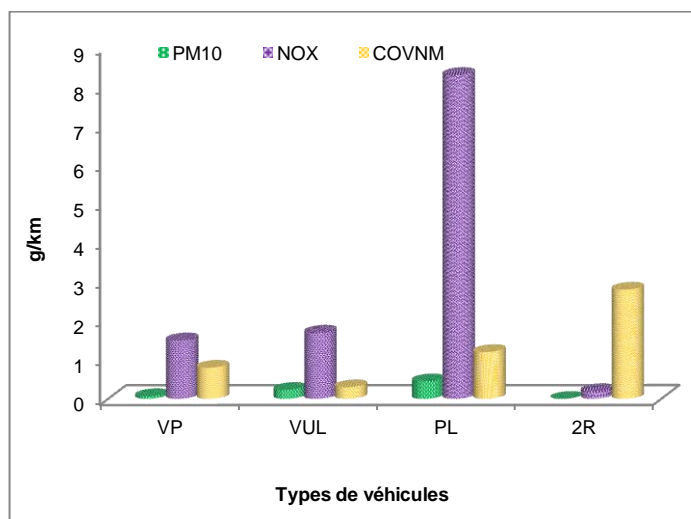


Figure 1.2: Emissions unitaires moyennes de polluants par type de véhicules [30]

#### 1.4.2. Influence des carburants

Les véhicules à essence et les véhicules diesel rejettent plus ou moins les mêmes polluants, mais dans des proportions différentes : les véhicules légers (VL) diesel émettent moins de polluants gazeux primaires que les véhicules à essences. Particulièrement, pour le CO, les HC et, à froid, pour les HAP. La pollution des diesels est d'une autre nature: particule, NO<sub>x</sub>, et pollution acide soufrée [7]. La diésélisation des véhicules permet probablement une baisse des émissions de dioxyde de carbone de 10 à 20 % [14]. En outre, on obtient en conséquence une forte augmentation des émissions d'oxyde d'azote.

L'utilisation du GPL réduit de 40 à 75 % les émissions de CO, de 15 à 90 % les émissions d'hydrocarbures imbrûlés (surtout les HAP) et NO<sub>x</sub> par rapport à l'essence et au gazole [31]. L'utilisation du GPL et du gaz naturel comprimé permettrait une réduction en CO<sub>2</sub> de 10 à 25 % [14]. La combustion des biocarburants produit plus de NO<sub>x</sub> et d'aldéhydes que les carburants fossiles [31]. Une étude a démontré que la composition du combustible a un impact substantiel sur les gaz d'échappement des véhicules et des émissions par évaporation [32].

La Figure 1.3 représente une comparaison des émissions polluantes d'un véhicule [33] avec 4 types de carburants (Essence, Diesel, GPL, GNC):

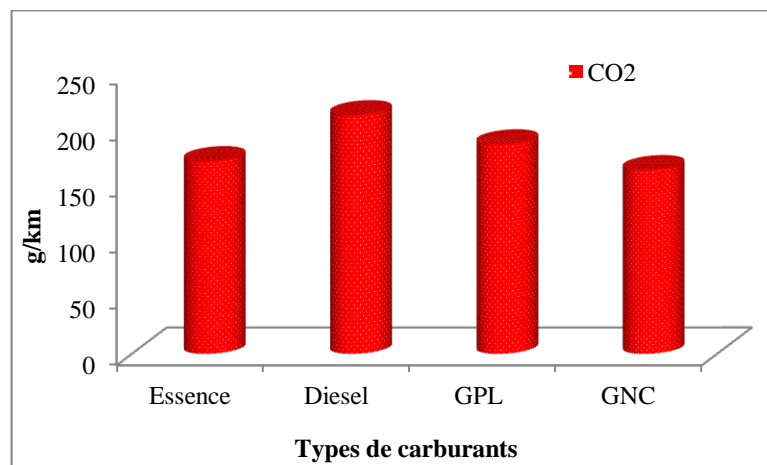
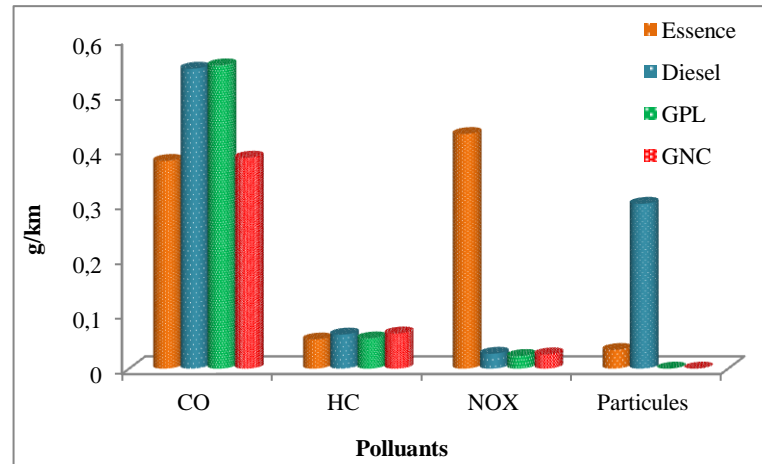


Figure 1.3: Comparaison de véhicules (Volvo) par type de carburant [33]

Les émissions de CO<sub>2</sub> du Diesel sont 1,2 fois environ supérieures aux autres types de carburants. Par contre, le GNC est le carburant qui émet le moins de CO<sub>2</sub>.

La Figure 1.4 représente une comparaison, établie pour un Cycle MVEG/A, des émissions d'une voiture Laguna pour les carburants: Essence et GPL pour un moteur 1,8 l et Diesel pour un moteur 2,2 l.

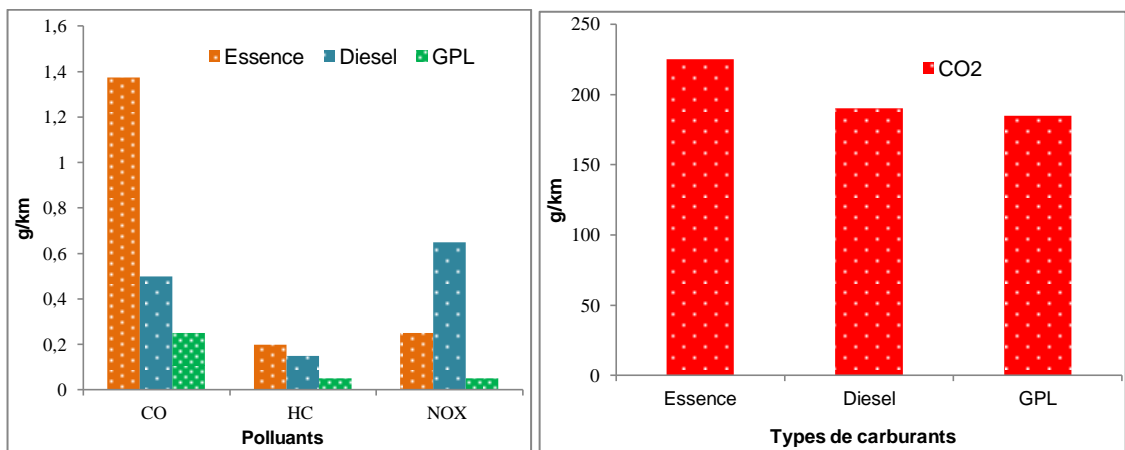


Figure 1.4 : Emissions de véhicules (Laguna) par type de carburant [29]

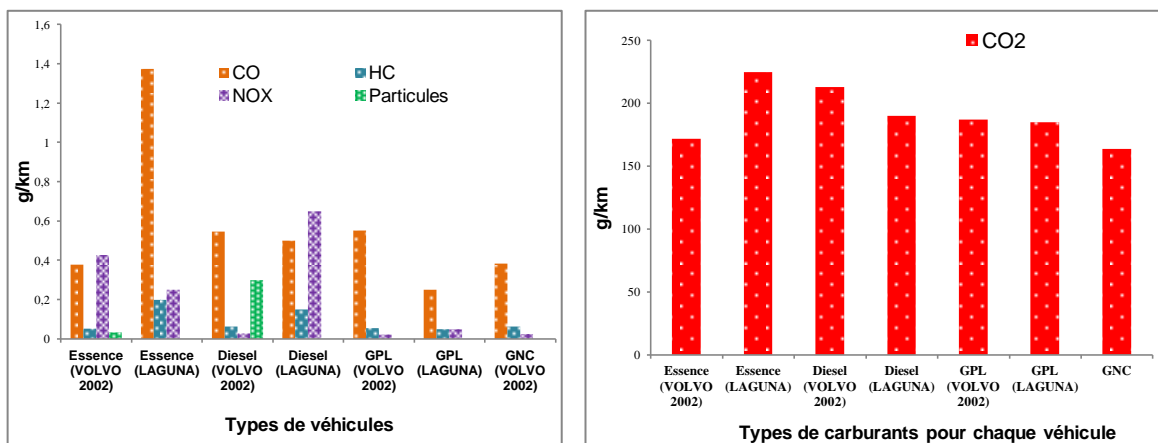


Figure 1.5 : Comparaison des émissions de deux véhicules (Laguna et Volvo) [29,33]

La Figure 1.5 nous montre que les émissions de la Laguna essence sont supérieures à celles des autres carburants pour les deux véhicules. Concernant le véhicule Volvo, son taux maximal d'émission de CO<sub>2</sub> est obtenu avec le carburant Diesel.

#### 1.4.3. Influence de l'âge de véhicule

Les émissions polluantes varient également selon l'âge du véhicule associé au kilométrage parcouru. Les plus anciens véhicules produisent des taux d'émissions beaucoup plus importantes que les nouveaux véhicules à injection de carburant pendant le fonctionnement normal et au démarrage du véhicule [34]. L'effet de l'âge du véhicule a été analysé et signalé par Pandian, et al, [32]. Ces derniers ont constaté que l'âge moyen influe sur les émissions. Aussi, Pandian, et al, [32] ont

signalé que l'économie du carburant affecte aussi les émissions, l'effet devient plus fort quand les véhicules sont plus âgés. L'âge des véhicules est un facteur très important. En France, 20% du parc était responsable de 80% de la pollution [7], l'entretien des véhicules joue également un rôle très important dans les rejets. Un moteur mal entretenu peut produire jusqu'à 10 à 15 fois plus de particules et de HC qu'un moteur correctement entretenu [7].

#### 1.4.4. Facteur lié à la charge du véhicule

Un véhicule en charge, conduira ce dernier à émettre une plus grande quantité de polluants, car son moteur aura consommé plus d'énergie et de ce fait plus de carburant donc, plus de puissance en comparaison à un véhicule à vide. Ainsi, il est démontré qu'une galerie vide sur le toit entraîne une surconsommation de 10 % ; des pneus sous-gonflés de 0,3 bar seulement se paient par une surconsommation de 3 % [26].

Globalement sur l'ensemble des catégories de véhicules, la charge conduit à une diminution de CO, HC et particules, et à une augmentation des émissions de NO<sub>x</sub> et CO<sub>2</sub> [35]. La figure 1.6, est une représentation de l'effet de la charge sur les différents polluants ainsi que la consommation [7].

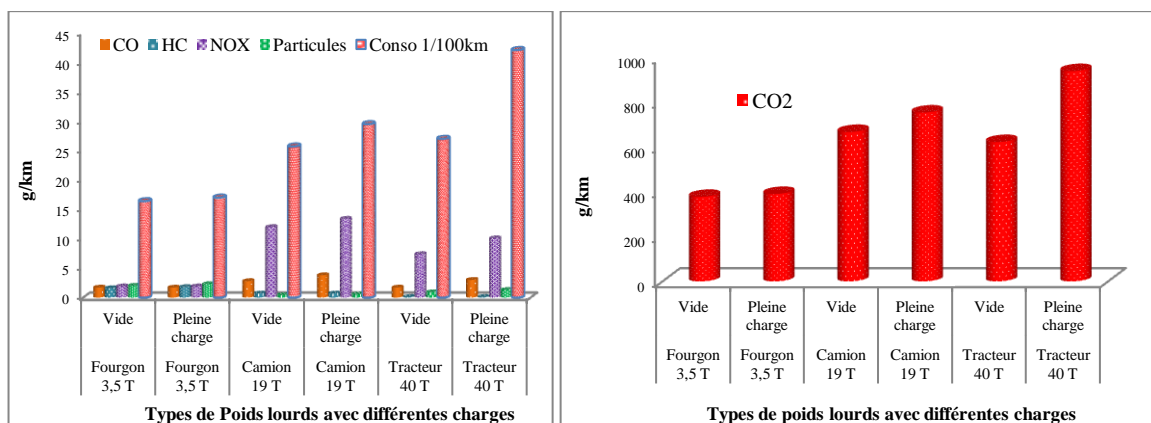


Figure 1.6 : Emissions de polluants et consommation de véhicules lourds [7]

La Figure 1.6 permet de montrer l'effet de la charge sur les émissions polluantes; les émissions de CO<sub>2</sub> sont plus conséquentes avec des véhicules chargés, et plus on augmente dans la cylindrée plus le véhicule consomme. On constate que les véhicules poids lourds émettent moins d'hydrocarbures, particules polluantes et de monoxyde de carbone. L'effet du poids des véhicules sur les émissions a été

identifié comme la caractéristique la plus influente dans le cas des véhicules à moteur Diesel, en particulier pour les dioxydes d'azote [32].

Cependant, il est à noter que le poids du véhicule ainsi que les pneus et l'usure des freins ont un effet similaire sur la non-évacuation des émissions de particules des véhicules [32].

### 1.5. Evolution des normes

Les Figures 1.7 et 1.8 montrent la tendance des niveaux d'émissions des polluants vers la baisse depuis 1990 jusqu'à 2005.

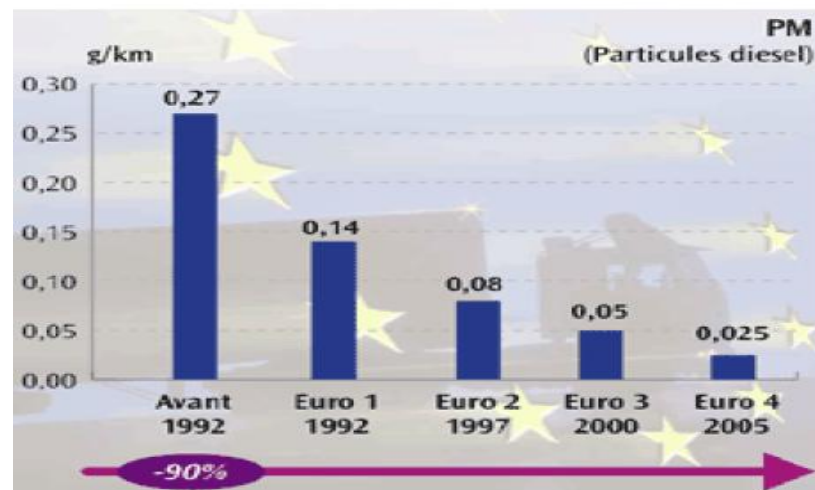


Figure 1.7 : Emissions des particules fines PM par norme [36]

On remarque que la diminution du taux de particules fines des véhicules particuliers diesels est conséquente, elle est beaucoup plus visible lorsqu'on passe de l'Euro 3 à l'Euro 4, la diminution est de moitié. La Figure 1.8 représente les limites des émissions de CO et NO<sub>x</sub>.



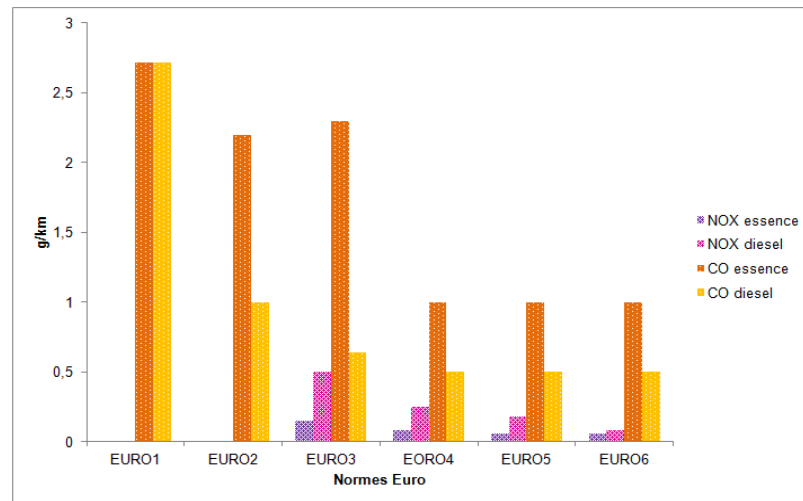


Figure 1.8 : Emissions de CO et NO<sub>x</sub> en fonction des différentes normes [36]

Les normes algériennes spécifiques aux véhicules particuliers sont résumées dans le Tableau 1.4. Les normes algériennes s'apparentent aux normes Euro 2 et Euro 3.

Tableau 1.4 : Normes algériennes pour les véhicules particuliers [37]

	CO	HC	NOX	PM
Essence- GPL- GNC	2,3 g/km	0,2 g/km	0,15 g/km	-
Diesel	1 g/km	-	0,5 g/km	0,05 g/ km

### 1.6. Influence de la vitesse

La vitesse accentue les effets des émissions polluantes sur l'environnement, car plus la vitesse est importante plus la consommation du carburant augmente, de ce fait on a un accroissement des émissions de gaz à effet de serre plus particulièrement le CO<sub>2</sub> ainsi que d'autres polluants tels que le CO, NO<sub>x</sub>, HC et les particules. Le niveau des émissions, de la consommation de carburant ainsi que les nuisances sonores et accidents des véhicules sont étroitement liés à la vitesse [38]. La formation des polluants est due à plusieurs facteurs, mais la vitesse a un rôle dans ce processus. Si on prend l'exemple des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), leur formation se fait sous hautes températures avec une conduite constante et une vitesse élevée. Une diminution de la vitesse emmènera une réduction significative

de ces émissions. Pour les émissions des hydrocarbures (HC), elles diminuent lorsque la vitesse est moins élevée. Concernant les monoxydes de carbone (CO) et les particules, ils sont moins importants lorsqu'on a une vitesse modérée.

La Figure 1.9 compare les émissions unitaires des véhicules à essence et des véhicules diesel sur cycles Inrets chauds, véhicules non réglementés [11].

D'après la Figure 1.9, les émissions des oxydes d'azote augmentent avec l'accroissement de la vitesse pour les véhicules essence; par contre, pour les émissions des oxydes d'azotes des véhicules diesel, elles diminuent avec l'accroissement de la vitesse. Il est à noter aussi que la vitesse optimale, qui est définie comme la vitesse à laquelle les émissions sont réduites au minimum, varie selon le type d'émissions. L'allure des courbes est relativement similaire car elles ont une forme plus ou moins exponentielle où les plus fortes émissions sont observées lors des basses vitesses caractérisant des trajets urbains. Puis, on note une diminution des émissions aux alentours de 40 à 80 km/h, et enfin une légère remontée de ces dernières observées pour les émissions de CO<sub>2</sub> et pour la consommation et les émissions de CO pour l'essence. Pour les émissions des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), on note une baisse de ces dernières à de faibles vitesses pour les deux types de carburants, puis on note un accroissement de ces émissions à de grandes vitesses.

Concernant les véhicules particuliers essence, leurs émissions sont quatre fois plus importantes que celles des véhicules diesels en 1970 [39] ; cette première tendance s'inverse à partir des années 2000 suite à l'introduction du pot catalytique. L'introduction des véhicules essence catalysés contribue à la réduction de la pollution atmosphérique, mais il faut noter que même si le catalyseur réduit d'un facteur d'environ 5 les émissions de NO<sub>x</sub> et de 10 celles des émissions de CO et HCNM. Le moteur diesel reste compétitif car il consomme environ 5 fois moins d'émissions de CO et ses émissions de HCNM sont sensiblement très proches des véhicules avec catalyseurs, et sa contribution à l'effet de serre s'exprime par le CO<sub>2</sub> équivalent qui est inférieur d'environ 20 % par rapport à celui des véhicules essence avec catalyseurs, mais les émissions de NO<sub>x</sub> des véhicules diesels sont deux fois plus importantes que celles des véhicules essence avec catalyseurs [11].

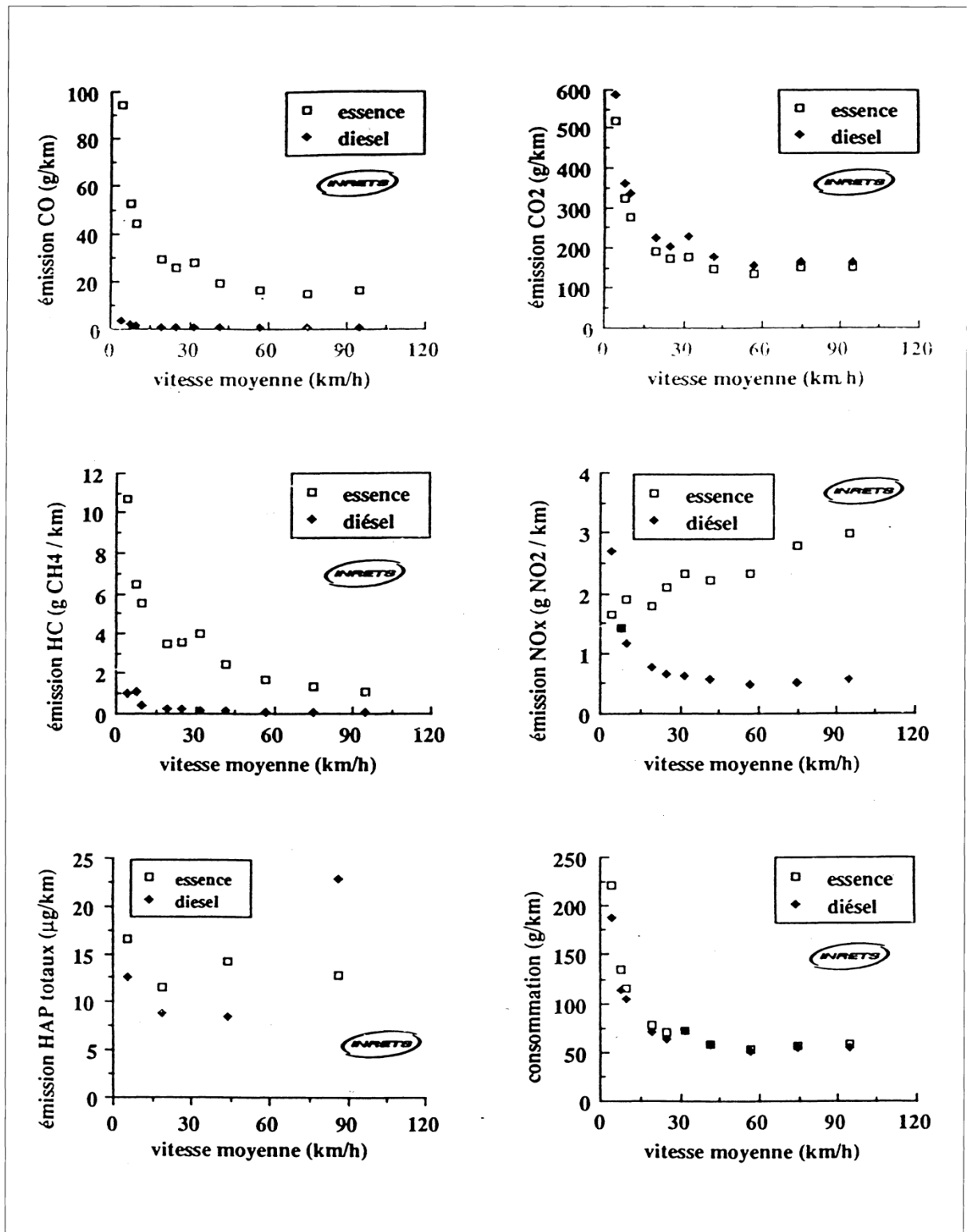


Figure 1.9: Emission des véhicules sur cycle Inrets chauds [11]

En général, les émissions sont optimisées à une vitesse constante de 40 à 90 km/h, lors d'une conduite stabilisée. Les émissions de monoxyde de carbone et de

dioxyde de carbone en g/km parcourus sont plus élevées à une vitesse de circulation très faible (15 km/h ou moins).

### **1.7. Emissions totales**

Pour un véhicule donné, les émissions totales comprennent les émissions à chaud, les émissions à froid et les évaporations. Dans l'étude ARTEMIS [40] a établi la relation suivante :

$$E_{\text{Total}} = E_{\text{à froid}} + E_{\text{à chaud}} + E_{\text{évaporation}} \quad (1.8)$$

#### **1.7.1. Emissions à froid**

La notion de distance à froid est définie comme la distance après départ à froid nécessaire pour que l'émission se stabilise autour de sa valeur à chaud [41]. Le phénomène de démarrage à froid désigne les surémissions produites juste après le démarrage du véhicule lorsque les organes du véhicule sont encore froids et ne fonctionnent pas « normalement » [42]. La surémission absolue à froid correspond à la masse de polluant émise après un démarrage à froid en excès par rapport au niveau d'émission que l'on aurait atteint dans les mêmes conditions cinématiques à chaud [41]. Les émissions sont plus conséquentes durant la phase d'échauffement des véhicules [43] ; la durée de cette phase ainsi que les émissions produites dépendent notamment de la température ambiante et de la température initiale du démarrage du véhicule. La majorité des émissions de dioxyde de carbone et d'hydrocarbures sont dues au démarrage à froid des émissions supplémentaires au cours d'une phase d'échauffement [43] connue sous le nom « cold-start extrat emission » (CSEE). D'autre part, les émissions de démarrage à froid augmentent considérablement à basse température ambiante. L'étude de [43] constate que les émissions émises lors des démarrages à froid par les véhicules Diesel sont considérablement moindres en comparaison avec les émissions émises par les véhicules Essence. Malgré le passage de l'Euro 3 vers l'Euro 4 des véhicules Essence, cette étude montre une baisse significative lors des démarrages à froid des émissions supplémentaires.

### 1.7.2. Emission à chaud

On parle d'émissions de gaz d'échappement à chaud, quand le moteur a atteint sa température d'équilibre qui se situe pour les véhicules routiers aux alentours de 80°C. Les émissions à chaud sont produites quand le moteur et les systèmes antipollution des véhicules ont atteint leur température normale de fonctionnement [44].

Globalement, la diminution des émissions à chaud avec une température croissante caractérise beaucoup plus les véhicules diesel que les voitures à essence. Entre 10 et 20 °C, les émissions de CO et HC varient de 15-20 %, les émissions de NO<sub>x</sub> et de CO<sub>2</sub> de 2 %, et les PM sont constantes.

La Figure 1.10, représente les émissions à chaud et à froid pour un véhicule particulier.

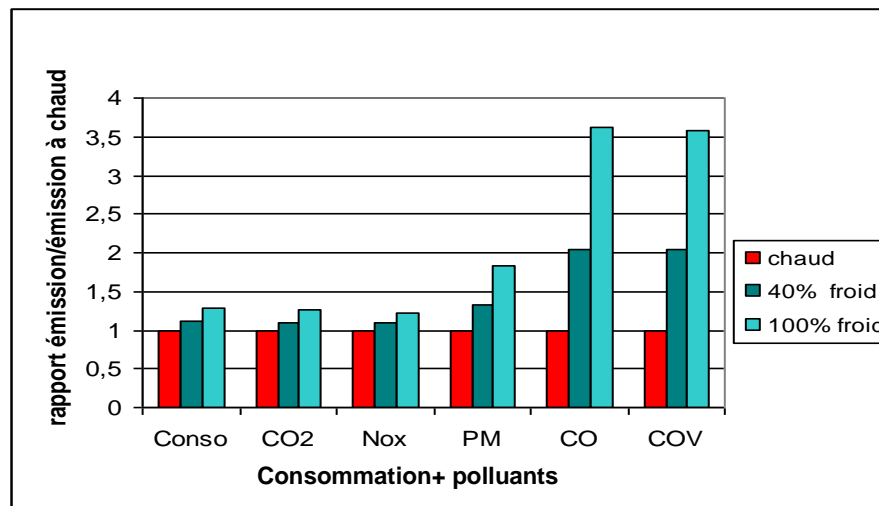


Figure 1.10 : Rapport émissions froid/ chaud d'un véhicule particulier [42]

Les émissions de monoxyde de carbone (CO) et de composés organiques volatiles (COV) pour un trajet 100 % à froid sont environ 3,5 fois plus importantes que les émissions avec moteurs chauds en prenant une vitesse moyenne de 30 km/h.

En général, les émissions sont plus importantes avec des trajets parcourus à 100 % à froid et à 40 % à froid en comparaison avec les démarrages à chaud qui sont atteints au bout de dix minutes.

Les démarrages à froid ou à chaud sont en fonction de l'état du moteur, les émissions en cours d'exécution sont émis lors d'un mode chaud stabilisé. Ces

derniers comprennent des pertes d'exploitation et d'imprégnation à chaud, les émissions émises par l'évaporation du carburant lorsque le moteur est encore chaud à la fin d'un voyage. Les émissions diurnes résultent de l'évaporation du réservoir d'essence, cela ce produit lorsqu'on utilise le véhicule ou non [34].

### 1.7.3. Emission par évaporation

Les émissions par évaporation surviennent particulièrement lors des changements de température ambiante pendant une période de 24 heures du circuit de carburant du véhicule associé à la volatilité du carburant [45, 40], qui se produit au cours d'une procédure normale de conduite. Les émissions par évaporation des véhicules à moteur Diesel [40] peuvent être négligées en comparaison avec celles des moteurs à essence en raison de la quasi non volatilité du carburant Diesel qui est due au point d'ébullition beaucoup plus conséquent que celui de l'essence (entre 180°et 360°C environ pour le Diesel contre les environs de 30° et 190°C pour l'essence) [46,12]. On distingue 3 types d'émissions dues à l'évaporation [34, 46]:

- Evaporation du carburant dans le réservoir, ces pertes dues à l'évaporation surgissent lorsque le véhicule se trouve en position d'arrêt (comme lors d'un stationnement), influencé par les variations de température (fluctuation journalière, notamment entre le jour et la nuit) ;
- Evaporation suite à l'arrêt du véhicule chaud ou très chaud, ces émissions sont produites lorsque la température fluctue pendant le refroidissement du véhicule ;
- Pertes appelées « running losses » obtenues pendant le trajet, causées par une température ambiante élevée.

## 1.8. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons défini les polluants réglementés et non réglementés issus de la circulation automobile, et leurs impacts sur l'environnement. On a spécifié les facteurs influençant les émissions polluantes sans oublier le paramètre fondamental qui est la vitesse du véhicule. On a formulé l'équation de l'émission totale qui servira pour les études d'inventaire.

## CHAPITRE 2

### INVENTAIRE D'ÉMISSIONS DE POLLUANTS

#### **2.1. Introduction**

On définit un inventaire d'émission de polluants comme une analyse des différents types de polluants émis par toute source émettrice pour une période et sur une zone géographique donnée. L'inventaire d'émission utilisant un cadastre, est dit inventaire d'émission spatialisé, ce qui signifie que la détermination des émissions polluantes se fait soit pour des entités administratives et/ou des entités géographiques (commune, daïra, wilaya, national, région, continent, global,...) [47,48, 49].

#### **2.2. Techniques d'inventaires et leurs applications**

L'inventaire des émissions de polluants est essentiel à la réalisation des différentes évaluations d'impacts des sources sur la qualité de l'air et sur l'environnement. On distingue deux types d'inventaires, l'inventaire absolu et l'inventaire relatif. L'inventaire absolu exprime l'inventaire en masse des polluants émis qui détermine les quantités massiques de polluants émis d'un pays (ou région ou autre entité administrative) pour se positionner soit par rapport à des engagements nationaux ou internationaux, ou à une quelconque réglementation ou normes d'émissions. Il sert aussi à alimenter en données d'entrée de modèles de qualité de l'air et estimer dans la zone d'étude les niveaux de pollution atteints, les taux de dépassements des normes de qualité de l'air ou autres normes environnementales. Quant à l'inventaire relatif, il permet de suivre l'évolution dans le temps des émissions de polluants à partir d'une source, ou de tester des scénarios ou variantes d'un projet susceptibles d'affecter les niveaux d'émissions tel que dans la réaffectation de la voirie dans la gestion du trafic routier, le tracé de nouvelles voies, gestion des flux, etc. [50].

L'inventaire est un outil de prise de décision relative aux émissions polluantes. Il permet d'éclairer les décideurs sur les impacts de chaque projet ou les décisions à prendre.

Le calcul de l'émission est le produit de l'activité par le facteur d'émission unitaire. Dans le cas du trafic routier l'activité est représentée par le kilométrage parcouru par les véhicules. L'équation est formulée par :

$$E = A * Fe \quad (2.1)$$

Où :

E : émission des polluants

A : Activité : kilométrage de véhicules légers

Fe : facteur d'émission

Dans le cas des véhicules, le facteur d'émission est influencé par les caractéristiques des véhicules et des moteurs, types de carburants, des conditions de roulage de ces véhicules, et conditions environnementales.

### **2.3. Méthodologie d'inventaire**

On peut qualifier l'inventaire d'émission de polluants comme étant une description qualitative et quantitative des émissions de polluants dans l'air provenant de toute source, fixe ou mobile, naturelle ou anthropique.

Afin d'établir l'inventaire, on calcule les émissions de chaque polluant en ayant recours à toutes les données disponibles relatives à l'activité et au facteur d'émission unitaire. Les données d'activité sont obtenues à partir des différentes bases de données sectorielles selon le secteur d'activité (industrie, agriculture, eaux usées, forêts, énergie, transports, etc.) ou à partir de système d'informations géographiques (SIG) [47,49]. Les facteurs d'émissions unitaires sont disponibles selon le procédé ou l'activité au niveau de la source, ce qui est qualifié de facteur d'émission spécifique ou au niveau des bases de données internationales (IPCC, IEA, EPA, CORINAIR) pour avoir des facteurs d'émissions par défaut. La qualité des résultats de l'inventaire dépend étroitement de la qualité des données d'activités (données statistiques, comptage de véhicules, enquêtes, énergie, etc.), et des facteurs d'émissions unitaires utilisés (déterminés par mesure expérimentale, par modélisation, ou par calcul théorique, etc.).



Il existe deux approches afin de déterminer les données d'activités : approche top-down et approche bottom-up. Ces deux approches s'appliquent selon le niveau d'agrégation des données d'activité. A titre illustratif, les inventaires d'émissions de polluants issus du trafic routier en Ile de France de type régional instruisent des données communales, par entreprise, par maille, par tronçon routier, etc. afin d'aboutir au niveau régional (bottom-up). L'approche top-down, utilise une base de données globale (agrégée) pour les répartir à un niveau communal, national à l'aide de clés de répartition reposant sur des paramètres locaux [48,51].

Cependant, toute la difficulté d'élaboration des inventaires réside dans la collecte des données fiables et la représentativité des facteurs d'émissions unitaires.

On peut schématiser d'une manière générale les méthodes d'inventaire qui sont complexes. A travers la Figure 2.1, on montre les données qui doivent être récoltées, toutes les sources polluantes qui peuvent exister et les types d'inventaires qui peuvent être utilisés.

#### **2.4. Modèles d'inventaires**

Les principaux inventaires sont les inventaires des émissions de polluants atmosphériques, inventaires des émissions de gaz à effet de serre, inventaires des grandes installations de combustions et de centrales thermiques.

L'inventaire national, régional, continental et global s'applique pour tous types de sources et polluants (réglementés et non réglementés). Il permet d'évaluer des masses annuelles d'émission de polluants sur l'ensemble du territoire considéré à différentes échelles et temporelle. Il existe plusieurs modèles d'inventaire utilisés pour l'estimation des émissions dont certains sont globaux incluant toutes les sources émettrices et d'autres spécifiques à certaines sources dont les sources mobiles.

Corinair est le modèle d'inventaire européen des émissions de polluants. La première version de la méthodologie de calcul des émissions du trafic routier établie par le groupe de travail Corinair est le Copert 1, mais depuis la méthodologie a évolué grâce à un projet de recherche Européen (Meet, 1999) en établissant une meilleure version qui est Copert 3 [47].

Le GIEC<sup>1</sup> est la première organisation mondiale dont leurs membres sont représentés par des gouvernements, produisant des rapports méthodologiques de portée globale. Ces rapports décrivent les méthodologies d'inventaires des émissions polluantes nationales de gaz à effet de serre utilisées par les pays signataires à l'UNFCCC (Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques CCNUCC) [52, 53].

#### 2.4.1. Modèle COPERT 3

La méthodologie du logiciel Copert 3 s'applique sous certaines conditions à des réseaux de routes ou de petites villes, et à des échelles temporelles et spatiales. Cette méthode est basée sur le calcul de trois types d'émissions :

- Emissions à chaud
- Surémission à froid
- Emission par évaporation

La méthodologie de calcul du logiciel Copert 3 diffère selon le polluant étudié ainsi que la nature des émissions. Concernant les émissions à chaud, les facteurs d'émissions dépendent de la vitesse du véhicule sur un trajet et/ ou d'un indicateur du mode de conduite (CO, NO<sub>x</sub>, PM, CO<sub>2</sub>, COV, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>) ; d'autres sont dérivés des calculs précédents par un bilan massique ou par une répartition donnée (consommation, composition des HCNM et des HAP pour le cas du benzène) ; et il y en a qui sont directement proportionnels au kilométrage parcouru [47].

Pour les surémissions à froid, leurs facteurs d'émissions ne sont évalués que pour les polluants classiques (CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> et COV). Par ailleurs, les pertes par évaporation ne prennent en compte que les composés organiques volatiles COV [47]. La figure 2.2 est une représentation simplifiée de l'inventaire des émissions de polluants issus du transport routier où de nombreux paramètres sont pris en considération tels que les types de véhicules, types de carburants, types de motorisations, les types de voies empruntées, etc.

---

<sup>1</sup> [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

Les émissions polluantes des véhicules dépendent des conditions de roulage de ces derniers, suivant la gamme de vitesse pratiquée et selon le type de voirie empruntée (urbain, rural, autoroute). Donc des différents états d'opération des moteurs des véhicules résultent des émissions distinctes. Par conséquent, les facteurs d'émission varient selon chaque situation motrice. L'équation (2.2) représente la variation de l'émission selon les types de routes :

$$E_{\text{Total}} = E_{\text{Urban}} + E_{\text{Rural}} + E_{\text{Highway}} \quad (2.2)$$

Où :

- $E_{\text{Urban}}$  : émission en milieu urbain
- $E_{\text{Rural}}$  : émission en milieu rural
- $E_{\text{Highway}}$  : émission en milieu autoroutier

Le calcul des émissions polluantes totales est effectué en combinant des données d'activité pour chaque catégorie de véhicule avec des facteurs d'émission appropriés, qui varient selon des données d'entrée (conditions de roulage, conditions climatiques) fournies par l'utilisateur. L'organigramme de la figure 2.3 montre les différentes données nécessaires en entrée et les différentes étapes intermédiaires avant d'arriver à la phase calcul (spécifique à la méthodologie de Corinair).

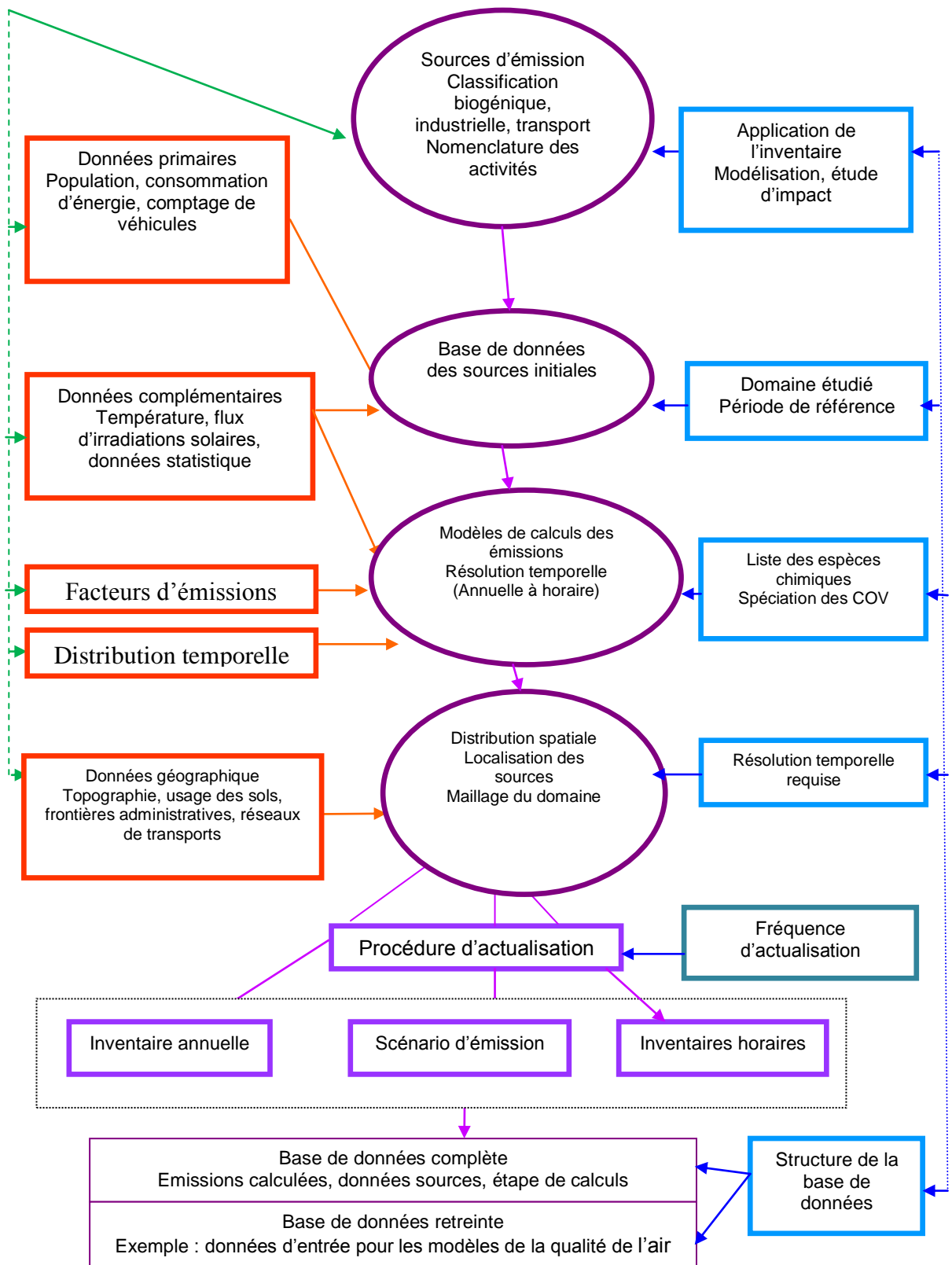
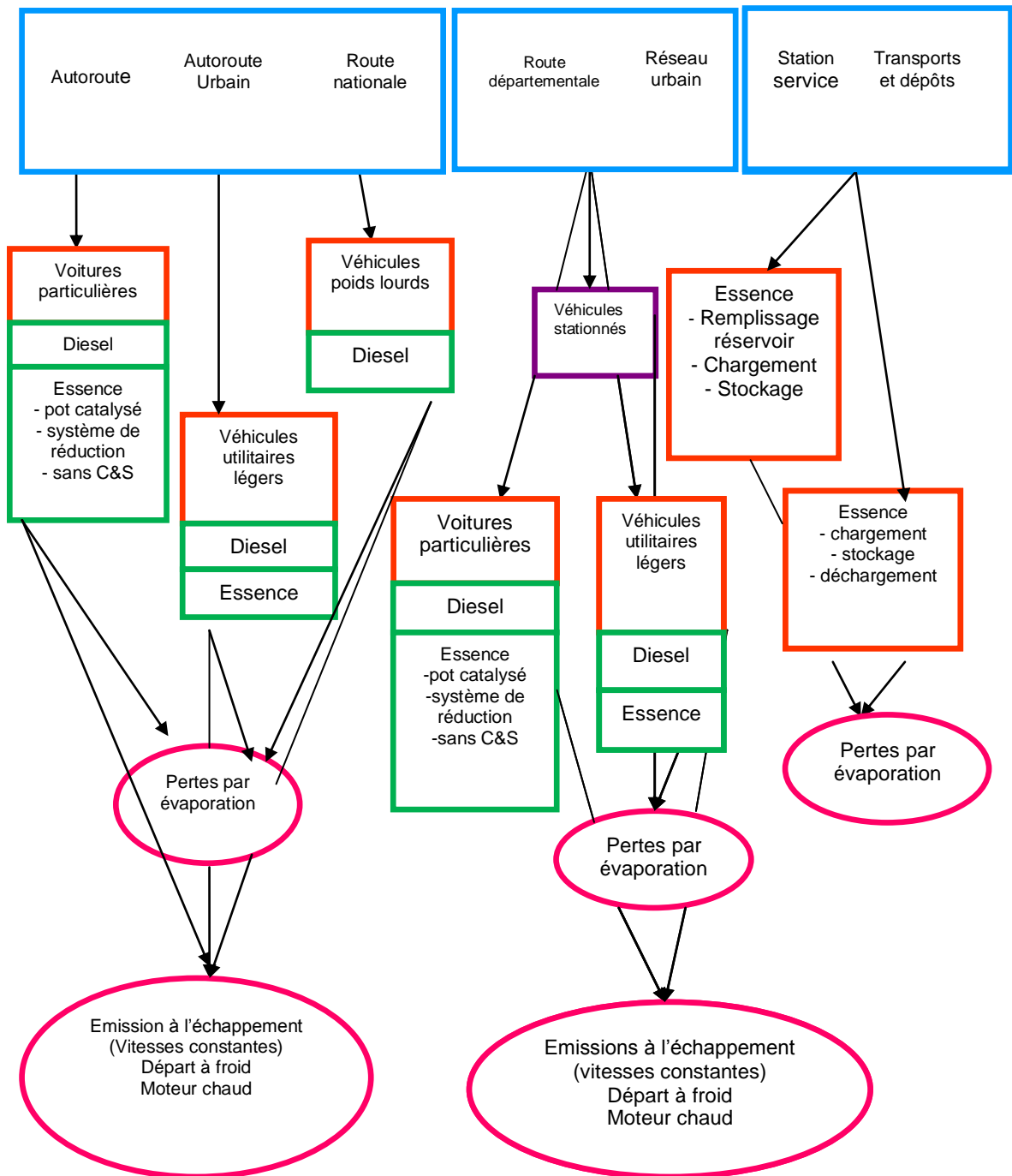


Figure 2.1 : Organigramme de la méthodologie générale d'inventaire d'émissions [49]



Pot catalytique : véhicule d'un pot d'échappement catalysé

Système de réduction : véhicule équipé d'un autre système de réduction d'émissions polluantes

Sans C&S : véhicules sans pots catalytiques ni autres systèmes de réductions des émissions polluantes.

Figure 2.2 : Méthode d'inventaire spécifique au trafic routier [49]

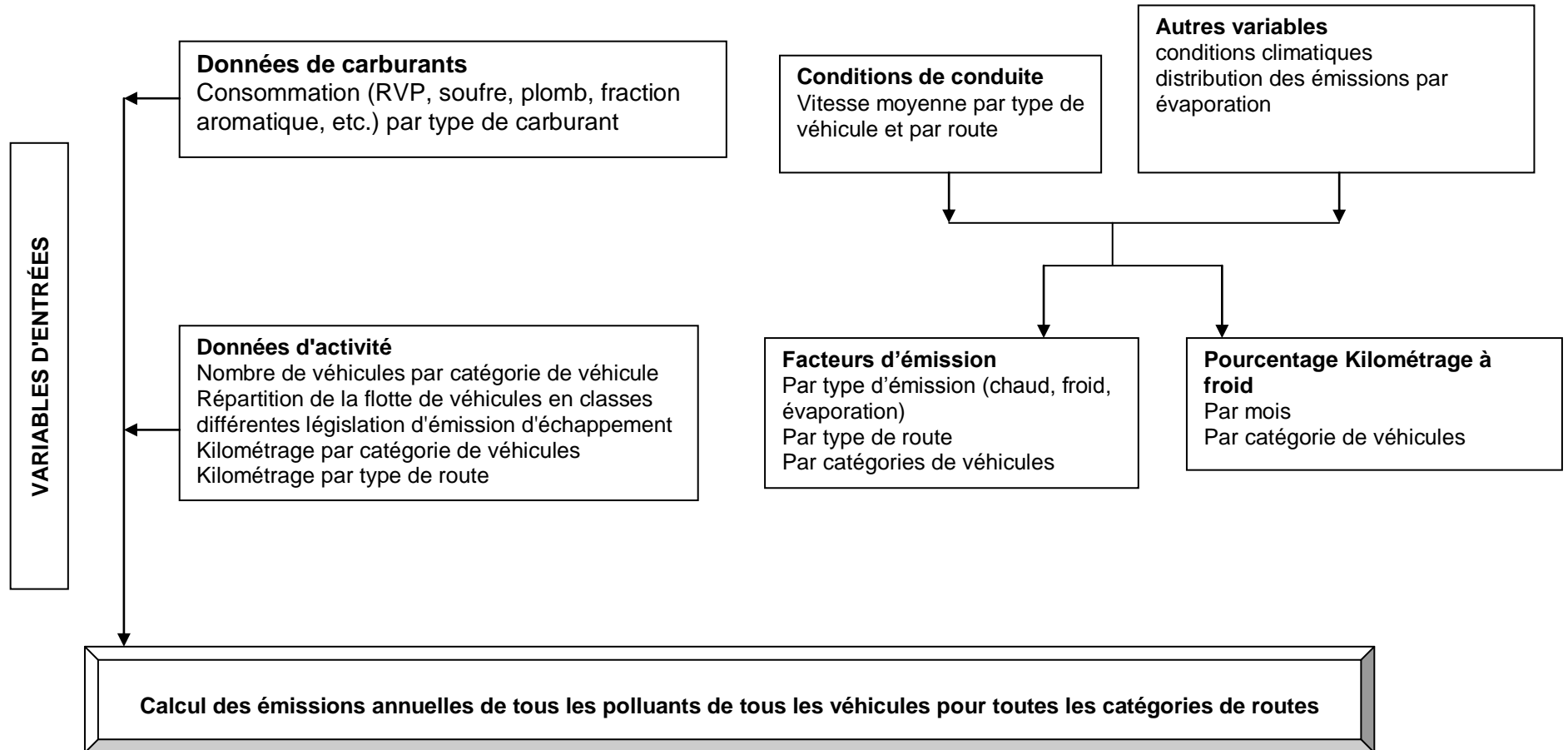


Figure 2.3 : Organigramme de la méthodologie d'inventaire CORINAIR [54]

Le modèle d'inventaire, tel qu'illustré en figure 2.4, montre l'importance des vitesses pratiquées par type de voie pour le calcul des émissions polluantes, soit dans une région donnée au niveau local ou à travers tout le territoire au niveau national.

	Subsector	Technology	Speed (km/h)			Driving Share		
			Urban	Rural	Highway	Urban	Rural	Highway
▶	Gasoline <1,4 l	PRE ECE	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	ECE 15/00-01	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	ECE 15/02	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	ECE 15/03	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	ECE 15/04	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	Improved Conventional	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	Open Loop	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline <1,4 l	Euro V (post 2005)	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0
	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	50,0	45,0	90,0	30,0	50,0	20,0

Figure 2.4 : Typologie de données d'entrée du modèle COPERT 3 [55]

#### 2.4.2. Inventaire d'émission du parc véhicules algérien

Les résultats d'inventaire, établi pour l'estimation des différents types d'émissions polluantes issues du trafic routier en Algérie suivant trois types de routes (urbain, rural, autoroute), est représenté dans la Figure 2.5 [56].

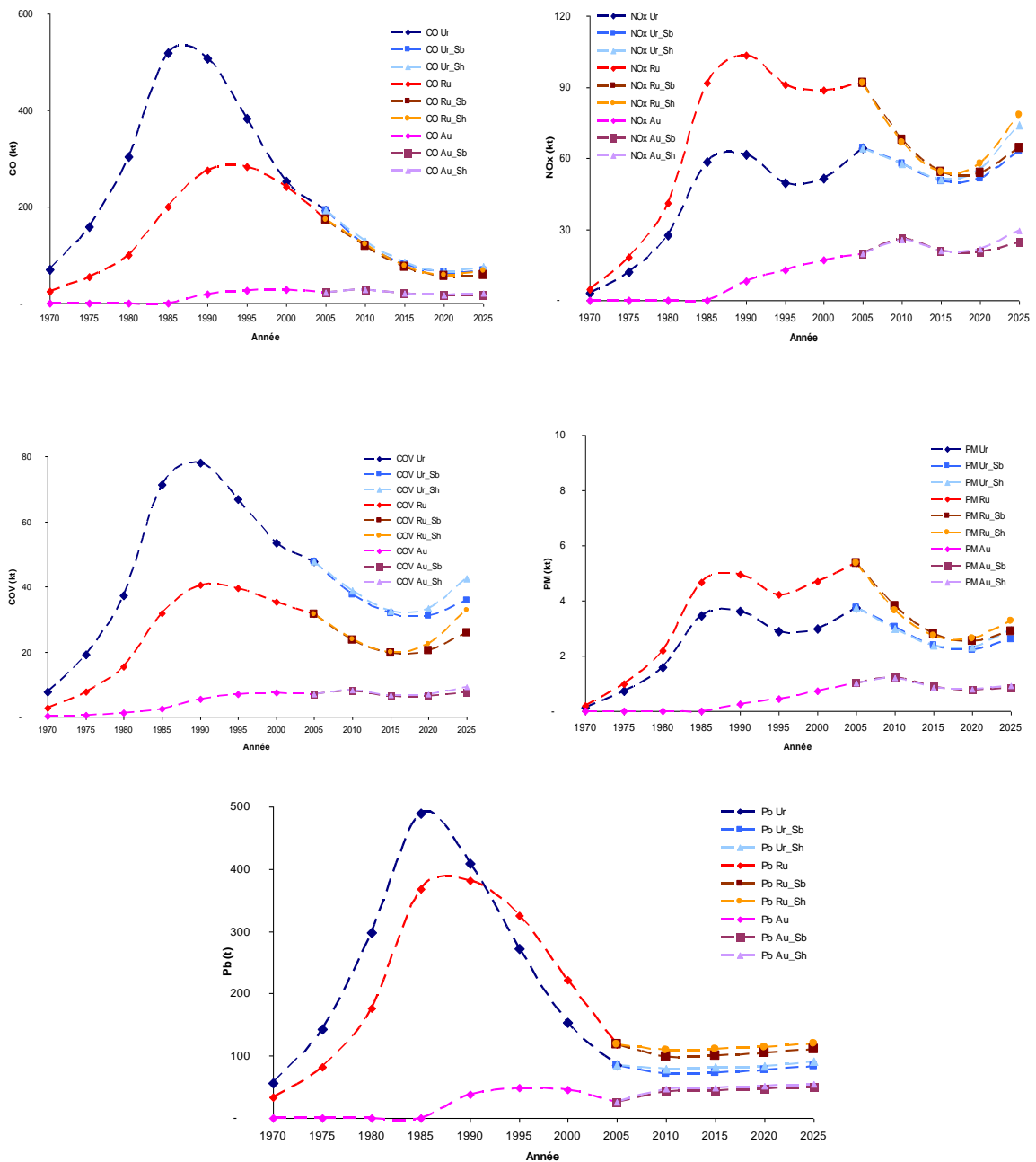


Figure 2.5 : Evolution temporelle des émissions polluantes par types de voies [56]

Cet inventaire permet de connaître l'évolution des polluants (CO, NO<sub>x</sub>, COV, PM) au fil des années pour chaque type de route. Ces estimations sont obtenues grâce à des bases de données et à des enquêtes effectuées en amont de cette étude.



## **2.5. Conclusion**

Ce chapitre contient les différents types d'inventaires, leur méthodologie ainsi que leur intérêt. On a constaté toute l'ampleur et la difficulté pour élaborer un inventaire en raison de la diversité des paramètres qui doivent être pris en considération, mais aussi le choix des facteurs d'émissions. La méthodologie de l'inventaire la plus utilisée est CORINAIR/ COPERT3.

## CHAPITRE 3

### CINÉMATIQUES DES VÉHICULES

#### 3.1. Notion de cycle cinématique

De nombreux cycles de conduite représentatifs des conditions normales d'utilisation et de fonctionnement des véhicules ont été développés par plusieurs organismes. L'objectif de ces cycles est la description représentative des conditions d'utilisation des véhicules dans leurs diversités, en utilisant un ensemble de cycles (urbain, routiers et autoroutiers, etc.). En plus des cycles représentatifs, des cycles réglementaires sont utilisés [41, 57]

La caractérisation des différentes familles de cycles se base principalement sur les conditions de fonctionnement des véhicules comme le nombre d'arrêts, les vitesses moyennes, vitesses instantanées, vitesses hors arrêt (sans compter les vitesses nulles correspondantes aux arrêts du véhicules), accélération, régime du moteur, l'enregistrement des profils de vitesse, la description des trajets, les conditions de démarrage, etc. L'ensemble de toutes ces données est représentatif de l'usage des véhicules et des conditions de circulation. Ceci est représenté en Figure 3.1, montrant la variabilité des conditions de circulation et les positions des 12 centres des classes décrivant le nuage d'observations, obtenues par classification automatique (cas des cycles modem Hyzem) :

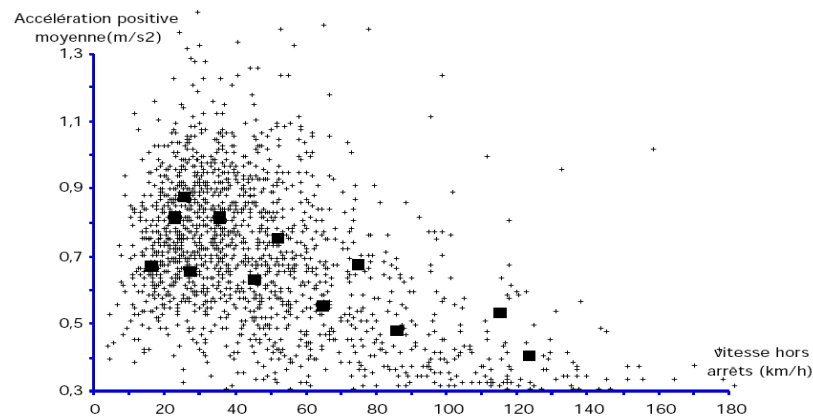


Figure 3.1 : Illustration de la variabilité des conditions de circulation [41]

### **3.2. Différents types de cycles**

De nombreux types de cycles existent tels que les cycles représentatifs comme les cycles Inrets, les cycles Artemis (les cycles modém, les cycles modém Hyzem (mH)) et les cycles réglementaires Européen et américains.

#### **3.2.1. Cycles Inrets**

Ce sont des cycles tirés de l'expérimentation française sur la conduite réelle de l'Institut national de la recherche sur les transports et leur sécurité. Ces travaux s'appuient sur une base d'enregistrements effectués à bord de 35 voitures privées françaises et représentant 3100 trajets et 23000 km parcourus [41]. A cet effet, il en ressort dix cycles construits déclinant 4 types de circulation [41] :

- Urbain lent (2 cycles de 4 et 7 km/h, en tout 1% du kilométrage),
- Urbain fluide (3 cycles de 10 à 24 km/h, 16% du kilométrage),
- Route (3 cycles de 32 à 57 km/h, 42% du kilométrage),
- Autoroute (2 cycles de 74 et 95 km/h, 41% des distances).

Aussi, ces travaux ont permis d'élaborer les principes méthodologiques de l'analyse des cinématiques en vue d'une connaissance précise de la structure des déplacements des véhicules et devant permettre « une reconstruction des effets additifs engendrés par un déplacement » en particulier la consommation de carburant [41].

Les « séquences cinématiques » sont étudiées entre arrêts, constituées d'une phase de ralenti suivie d'une phase de roulage, et décrites par les variables suivantes : durée de la séquence, durée au ralenti, distance parcourue, vitesse moyenne et maximale, nombre de mini-maxi au cours de la séquence, durée à vitesse stabilisée et histogramme en 4 classes des vitesses instantanées. Une Analyse en composantes Principales (A.C.P) suivie d'une classification des séquences a permis d'établir une typologie caractérisant des comportements cinématiques contrastés. La Figure 3.2 est une représentation d'un cycle représentatif en mode urbain lent de l'Inrets :

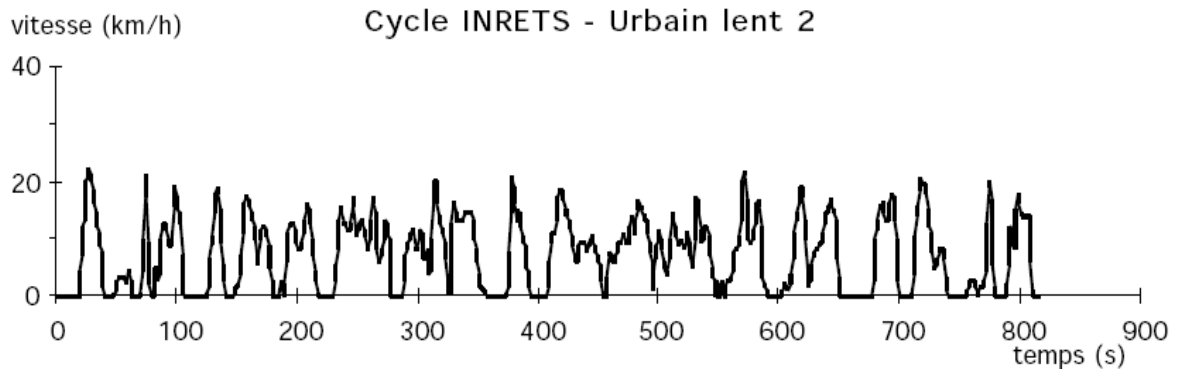


Figure 3.2 : Cycle représentatif Inrets urbain lent 2 [41]

### 3.2.2. Cycles modem

Ce sont des cycles tirés de l'expérimentation européenne utilisant la même méthodologie que celle de l'Inrets. Leurs données concernent 58 véhicules privés instrumentés en France, Grande Bretagne et Allemagne. Au total, 8200 trajets et 73000 km ont été enregistrés [58]. On considère des paramètres descriptifs plus spécifiques des vitesses et des accélérations (coefficients de forme des distributions des vitesses et accélérations instantanées). Ces cycles se résument en 14 cycles construits représentatifs des trajets urbains dans leur diversité et des conditions de circulation spécifique.

Cette typologie des trajets et des conditions de circulation permet une description détaillée des conditions de conduites européennes. [41]

La Figure 3.3 représente un cycle modem représentatif d'un mode urbain :

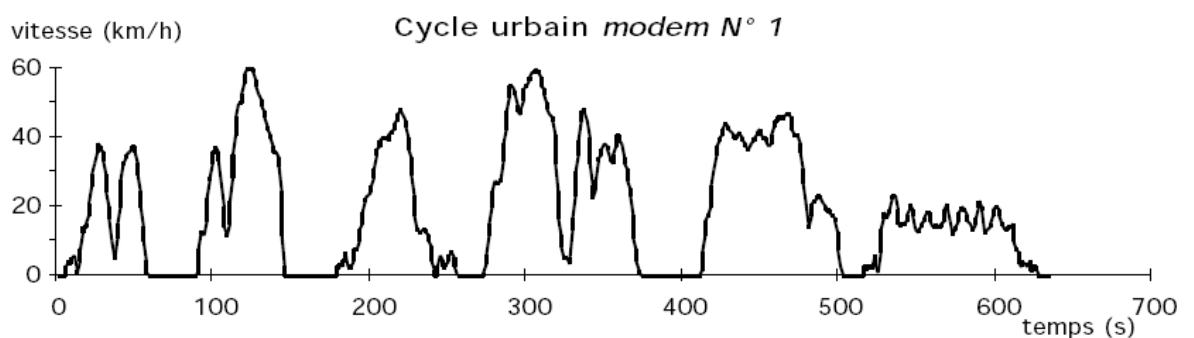


Figure 3.3 : Cycle représentatif modem urbain n°1 [41]

Il existe d'autres cycles contenant la même base de données et les mêmes principes que les cycles modem tels que : les cycles modem IM, où 4 cycles couvrent la conduite urbaine encombrée, la conduite libre urbaine, rurale et la conduite d'autoroute et d'un cycle court pour une application de type contrôle technique [41,57].

### 3.2.3. Cycles modem Hyzem (mH)

C'est un modèle plus élaboré que le précédent, utilisant 19 véhicules, instrumentés en Grèce, soit au total 77 véhicules privés européens, utilisés par leur conducteur durant une période d'un mois. La totalité des données représente 10400 trajets et 90000 kilomètre parcourus.

La Figure 3.4 est une représentation d'un cycle représentatif urbain modem Hyzem.

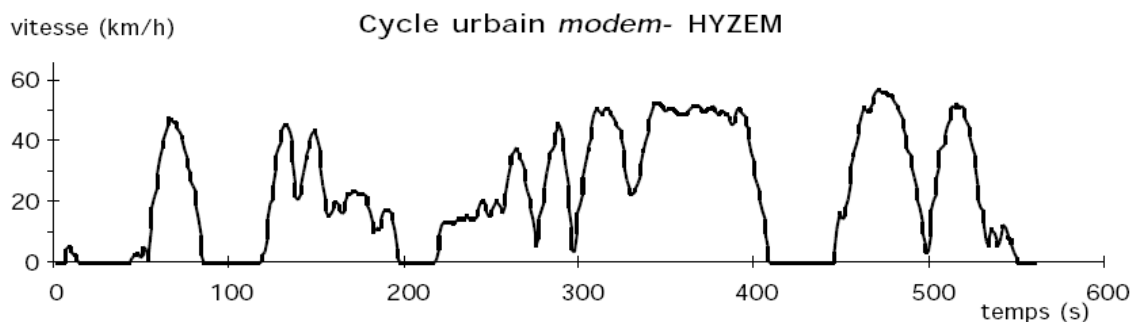


Figure 3.4 : Cycle représentatif urbain modem Hyzem [41]

Les 12 classes se composent en 2 partitions imbriquées des trajets, en 3 et 8 classes, la seconde permettant une description plus fine des 3 principaux types de trajets (un trajet urbain de 3,5 km à 22 km/h et 25 % de la durée à l'arrêt, un trajet routier de 11 km à 48 km/h et 10 % d'arrêt, et un trajet autoroutier de 46 km à une vitesse moyenne de 92 km/h). Les cinq cycles complémentaires sont respectivement : un cycle urbain à 21 km/h avec une forte durée à l'arrêt (27 %), un cycle urbain à faible vitesse (18 km/h) et avec une fréquence d'arrêt élevée (4,1 arrêt au kilomètre), un cycle routier- suburbain de 8 km à 40 km/h avec une faible fréquence d'arrêt (moins d'un arrêt pour 2 km), un cycle routier de longue distance (27 km, vitesse moyenne : 66 km/h), un cycle autoroutier de vitesse moyenne 82 km/h et qui diffère du premier par un profil de vitesse plus perturbé.

### 3.2.4. Autres cycles réglementaires

Les cycles réglementaires sont plus courts et plus simplifiés vu qu'ils sont construits pour reproduire des conditions réelles de circulation, et non pas pour décrire l'ensemble des conditions d'utilisation des véhicules. Ces cycles normalisés sont assez éloignés des conditions réelles d'usage des véhicules.

On parle de cycles européens : ECE 15 et EUDC et pour les cycles américains FTP72, FTP75 et Highway comme cycle réglementaires ainsi que des cycles japonais. [41,59]. Ces cycles sont représentés en figures (3.5), (3.6), (3.7) :

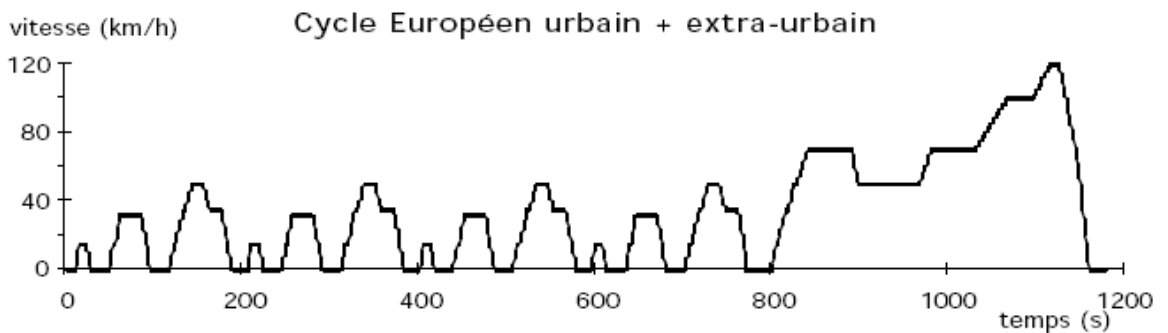


Figure 3.5 : Cycle européen NEDC urbain et extra-urbain [41]

Ce cycle est l'ensemble de cycle ECE15 et EUDC, il est utilisé en Europe et en Turquie, Arabie Saoudite, Chine, Inde, Singapour, etc. il a été construit pour les mesures cinématiques des véhicules en circulation sur Paris pour l'année 1962. Il est composé de 4 km avec une vitesse moyenne de 18,7 km/h pour l'urbain et 7 km pour l'inter urbain moyennant une vitesse de 62,6 km/h [41].

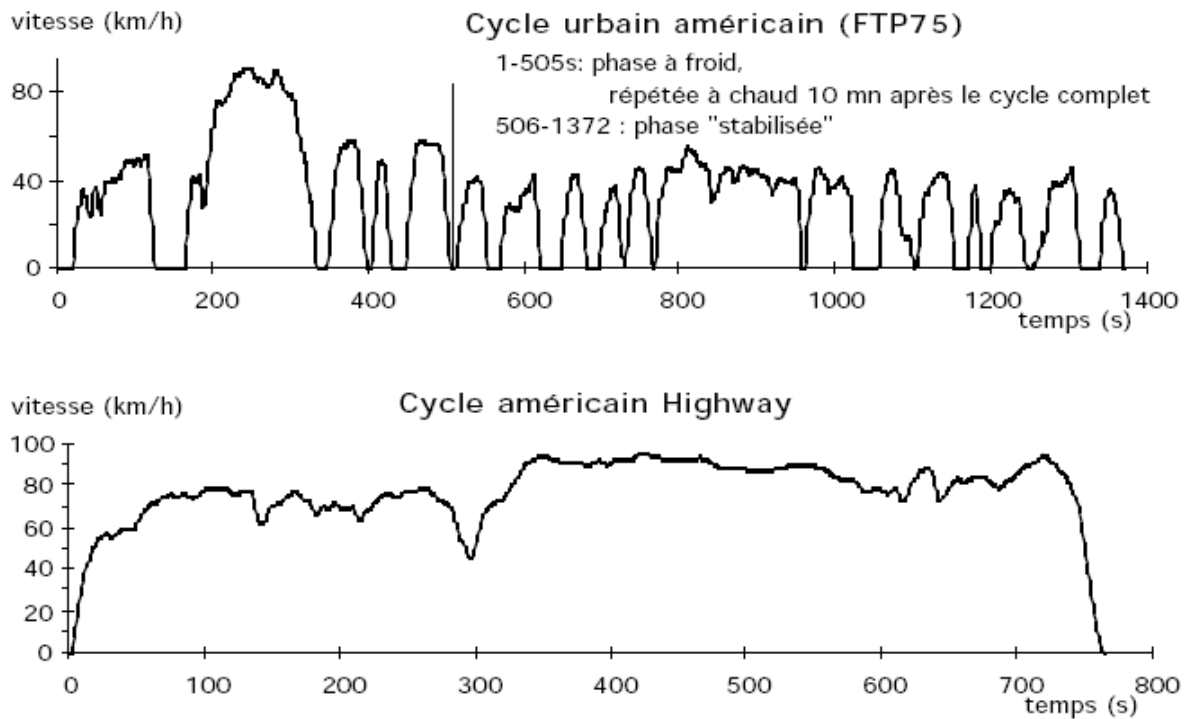


Figure 3.6 : Cycles américains FTP 75 (urbain) et US Highway (interurbain) [41]

Le cycle FTP 75 (Federal Test Procedure) est utilisé aux Etats-Unis, ainsi que dans les nombreux pays de l'Amérique latine, en Corée du sud, Taiwan, etc. Ce cycle est spécifique au circuit de Los Angeles datant de 1972, reproduisant un parcours urbain de 18 km avec une vitesse moyenne de 34 km/h et une vitesse max de 91km/h, avec un arrêt de 20 % de la durée. Le cycle d'US Highway, représente un parcours inter urbain (route rapide, autoroute lente) d'une distance de 16,4 km avec une vitesse moyenne de 77,4 km/h et une vitesse maximale de 96,4 km/h construit initialement pour la mesure de la consommation [41,60].

On remarque que les cycles normalisés Américain sont plus proches des cycles réels que ceux des cycles normalisés Européen.

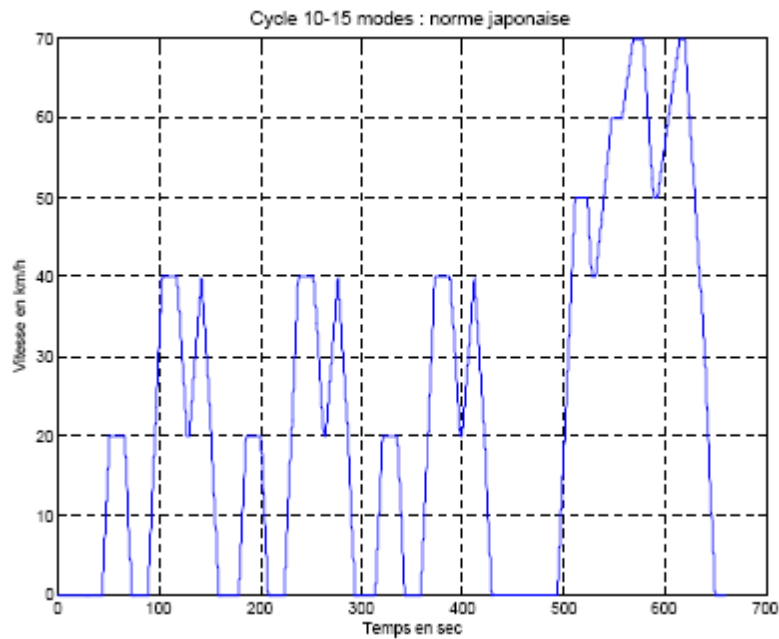


Figure 3.7 : Cycle cinématique japonais de 10-15 modes [59]

Ce cycle est utilisé par les japonais pour la certification des émissions et de l'économie des carburants pour les véhicules légers spécifiques à l'urbain fluide. Le premier cycle de 10 modes représente un parcours de 3 km, réalisé en 675 secondes en ayant répété 5 fois le parcours ; ce cycle conserve trois phases limitées à 40 km/h, prolongées par une extension avec un maximum de 70 km/h. le cycle 15 modes représente une distance de 4,16 km effectuée en 660 secondes, moyennant une vitesse de 22,7 km/h avec 31,4% du temps passé au ralenti [59,60].

### 3.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé les cycles réels, représentatifs et réglementaires, normalisés européens, américains et japonais. Les cycles réels sont une représentation de la conduite des conditions réelles de roulage des véhicules pour décrire l'ensemble des conditions d'utilisation des véhicules. Cependant, les cycles normalisés sont une représentation plus simplifiée des conditions de roulages des véhicules utilisés comme modèle.



## CHAPITRE 4

### SYSTÈME DE POSITIONNEMENT GLOBAL (GPS)

#### 4.1. Introduction

Les systèmes de navigation par satellite (GNSS) ont été développés afin de se repérer dans n'importe quel endroit sur la terre. Les américains et les russes sont les premiers à avoir conçu ces systèmes. Le système de positionnement global (GPS) a été testé dans les années soixante en utilisant une constellation de cinq satellites [61]. Ce système, conçu par le ministère de la défense des Etats-Unis, était initialement destiné aux militaires, afin de répondre à des besoins de navigation et de positionnement. Dans un deuxième temps, à titre restrictif, son usage se généralisa au profit des civils.

L'URSS a développé un système similaire le GLONASS (Global Navigation Satellite System), mais il n'a pas eu un franc succès comparé au GPS. D'autres systèmes sont en cours de développement en Europe et en Chine, respectivement les systèmes GALILEO et COMPASS [62].

La disponibilité sélective a été mise en fonction dans les années quatre-vingt-dix afin de réduire la précision fournie par le système GPS aux utilisateurs civils. La disponibilité sélective a été circonscrite le 1er mai 2000 [63]. La précision horizontale d'un système GPS est aujourd'hui d'environ 10 m.

La généralisation et la modernisation du GPS fait que la recherche se développe de plus en plus pour améliorer les services de ce dernier. Le coût du récepteur GPS est de plus en plus bas, non seulement grâce à sa constante évolution technologique mais aussi grâce à l'immensité des champs d'application et au grand nombre de récepteurs [64]. Les nombreuses applications du GPS couvrent un large éventail de domaines scientifiques tels que la topographie, la géodésie, l'hydrographie, la photogrammétrie, ainsi que le transport et bien d'autres domaines.

Dans le cadre du domaine de transport ces applications peuvent être divisées en quatre catégories principales comme suit [63]:

- La gestion de flotte de véhicules et de surveillance,
- La collecte des données et la cartographie des infrastructures de transport,
- La gestion des incidents et le suivi,
- Systèmes de navigation embarqués.

## **4.2. Présentation du GPS**

### 3.3.1. Définition

Le système de positionnement Global (GPS) est un système satellitaire qui permet d'avoir, en temps réel, la position ainsi que la vitesse de déplacement de tout engin ou tout individu muni d'un récepteur GPS dans n'importe quel endroit de la planète.

Le récepteur GPS a pour principales fonctions de recevoir les signaux radios émis par les satellites et de différencier les signaux issus des différents satellites en vue. Il doit également décoder le message de navigation pour déterminer la position du satellite, sa vitesse et les paramètres d'horloges. En dernier, il doit calculer le temps de propagation du signal et estimer le positionnement de l'utilisateur, sa vitesse et le temps [62]. De ce fait, le récepteur GPS ne peut émettre de signaux, il les reçoit seulement.

### 3.3.2. Description

La Figure 4.1 montre que le système de positionnement global (GPS) se compose de trois segments :

- Un segment représentant un ensemble de constellations de satellites de l'ordre de 24 à 32.
- Un segment de contrôle au sol pour gérer le fonctionnement des satellites.
- Un segment utilisateur où des récepteurs GPS interprètent les signaux satellites reçus dans le but de connaître la localisation exacte d'un individu ou d'un véhicule, etc.

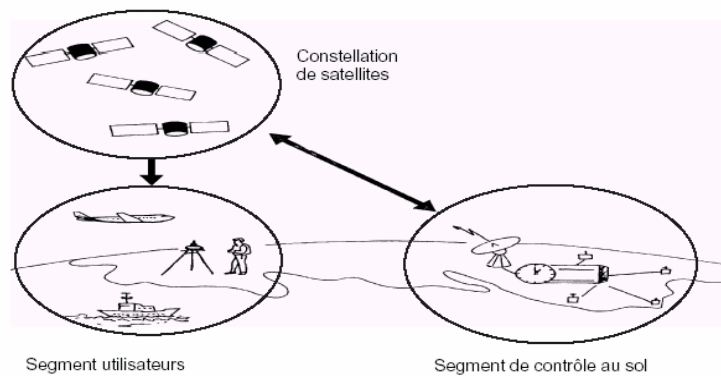


Figure 4.1 : Segments du GPS [65]

#### 4.2.1. Segment spatial

Un segment spatial ou une constellation de satellite comporte entre 24 et 32 satellites répartis sur six plans orbitaux (voir Figure 4.2) autour de la terre. Ces orbites ont une inclinaison de  $55^\circ$  sur l'équateur. Cette inclinaison a été choisie afin d'optimiser la qualité de la constellation au-dessus des Etats-Unis [65, 66]. Les orbites, quasi-circulaires, ont un rayon de 26500 km donc une altitude entre 20000 et 20200 km, en ayant approximativement entre 11h 58 min et 12 heures pour effectuer une rotation autour de la terre [62, 64, 65].



Figure 4.2 : Constellation des satellites du système GPS [64]

#### 4.2.2. Segment de contrôle

Ce segment est composé d'un centre de calcul MCS (Master Control Station) [62,67] situé dans une base américaine à Colorado Springs aux Etats-Unis, de trois émetteurs ainsi que de cinq stations de poursuite réparties à travers le monde [Hawaï (océan Pacifique), Kwajalein (océan Pacifique), les îles d'Ascension (océan Atlantique), Diego Garcia (océan Indien), Colorado Springs], dont celle située au Colorado Springs aux Etats-Unis considérée comme la station maîtresse.

Le segment de contrôle permet de gérer et de piloter le segment spatial en enregistrant leurs données de navigation. Ces informations sont traitées par le centre de calcul MCS, afin de déterminer les orbites des satellites et de mettre à jour les informations utilisées pour corriger les trajectoires des satellites, et d'ajuster l'horloge et les éphémérides de ces dernières.

#### 4.2.3. Segment utilisateur

Ce segment est constitué d'un ensemble de récepteurs GPS qui reçoivent et interprètent les signaux émis par les satellites du système. Ces récepteurs fournissent la position, la vitesse ainsi que le temps et la date avec précision pour l'utilisateur à chaque instant et dans n'importe quel endroit du globe terrestre. L'utilisateur n'a pas le moyen d'émettre de signal pour se positionner, il a donc un rôle de récepteur.

En mode navigation, on distingue deux types de service [65] :

- Le service SPS (Standart Postioning Service):

Tous les utilisateurs possédant un récepteur GPS ont un accès au service, sauf les régions polaires. Chaque satellite GPS transmet donc les informations dans la bande L sur deux fréquences L1 et L2. Le SPS est fourni par l'onde porteuse L1 de 1575,42 MHz, il est modulé par 2 codes C/A (Coarse/ Acquisition) et P (Precise code), ainsi que par un signal contenant les messages de navigations [64, 68]. Le service SPS était dégradé volontairement pour les utilisateurs civils suivant deux types de dégradations [65, 68] :

- ✚ La SA (selective availability) accès sélectif qui consiste à dégrader les performances nominales du système, mais qui a été désactivé depuis mai 2000.

- ✚ L'AS (antispoofing) consiste à rendre indécodable une partie des informations transmises afin qu'elles ne puissent pas être reproduites. Donc le code P originel est remplacé par Y, qui est un code inconnu.

Depuis la suppression de la SA, le SPS fournit une précision de positionnement d'une dizaine de mètres [62].

### **4.3. Fonctionnement du système GPS**

La compréhension du signal GPS peut être résumée par la modulation d'une onde. Moduler une onde signifie une variation d'une de ses grandeurs caractéristiques telles que l'amplitude, la fréquence ou la phase [64] ; on parle d'onde porteuse lorsqu'une de ses grandeurs caractéristiques est amenée à suivre les variations d'un signal dans une modulation. L'intérêt principal de moduler est d'une part le codage d'information et d'autre part la possibilité de manipuler les signaux hautes fréquences. La fréquence d'émission des signaux satellites GPS est très stable grâce à des horloges atomiques embarquées [64].

Les messages de navigation contenus dans le signal modulé dans l'onde porteuse L1 sont constitués de données d'éphémérides de satellites, des données de correction de propagation ainsi que du temps local des satellites [64] ; ces messages permettent aux récepteurs d'identifier les satellites et de connaître précisément leur position dans le référentiel de temps absolu GPS.

La seconde onde L2 est modulée uniquement par le code P mais aussi par les mêmes messages de navigation dans L1. Cette seconde onde est utile lorsque l'onde porteuse L1 est perturbée.

Le récepteur GPS peut identifier 3 types d'observations [62,64,65] :

- des mesures de pseudo-distance ;
- des mesures de phases des ondes porteuses ;
- des mesures de Doppler.

#### **4.3.1. Mesures de pseudo-distance**

La mesure de pseudo-distance est une mesure de temps de propagation d'un signal. Dans un premier temps, le récepteur procède à une phase dite d'accrochage, cette étape permet de rechercher les satellites. Pour cela, le récepteur, générant localement une réplique du code des satellites, effectue une

inter-corrélation avec les codes reçus. De ce fait, le récepteur est capable d'identifier les satellites visibles. Une fois que cette étape d'accrochage se fait, le récepteur poursuit le signal de chaque GPS visible grâce à des boucles de verrouillage de code et de phase [64].

Pour mesurer le temps  $t_{S_i,R}$  de propagation d'un satellite  $S_i$  au récepteur R, le récepteur se sert du code répliqué et du code reçu correspondant. Les codes pseudo-aléatoires permettent de calculer instantanément la distance séparant le satellite du récepteur GPS [62].

Il est à noter que le décalage temporel à appliquer sur le code généré, afin de le faire coïncider avec le code reçu, correspond au temps de propagation du signal  $t_{S_i,R}$  ; ce temps de propagation est perturbé par plusieurs erreurs. L'erreur principale est due à la désynchronisation des horloges des satellites et du récepteur, cela induit un délai d'horloge qui apparaît comme une erreur sur la mesure de distance en satellite [69]. Les codes répliqués pour le récepteur sont issus de l'horloge du récepteur, tandis que le code généré par un satellite est cadencé par une horloge atomique embarquée très précise de l'ordre de la nanoseconde [64].

Le décalage entre le code généré et celui reçu est donc le temps de propagation du signal plus une variable représentant le décalage entre les horloges [64].

#### 4.3.2. Mesures de phase

Ces mesures sont comparables aux mesures de pseudo-distance dans le cas où il s'agit de mesurer le temps de vol. Les mesures de phase sont plus complexes à mettre en œuvre que celles faites sur le code, elles permettent d'obtenir une meilleure précision sur le positionnement qui sera de l'ordre de quelques centimètres par rapport à celles des codes qui est de l'ordre de quelques mètres [64, 65, 69]. Le rôle de ces mesures consiste à déterminer le déphasage entre le satellite et le récepteur sur les ondes porteuses L1 et L2. Les longueurs d'ondes valent respectivement 19 cm pour L1 et 24 cm pour L2, la distance sera multipliée (ambiguïté entière) par 19 cm ou 24 cm plus la quantité observée [64, 69].

La difficulté liée à cette mesure provient des ambiguïtés (nombre de cycles entiers) pour déterminer la différence de phase, cette ambiguïté est due à l'impossibilité de faire la distinction entre les différents cycles des ondes porteuses

[64,65]. De nombreuses méthodes existent pour traiter le problème posé par l'ambiguïté sur la mesure de phase. Généralement, lorsque l'ambiguïté se règle, le récepteur utilise une stratégie lui permettant de garder cette information pour les mesures futures [64, 65].

#### 4.3.3. Mesures de Doppler

La mesure de Doppler est une différence entre la fréquence de la porteuse du signal généré par le récepteur et la fréquence reçue affectée par le mouvement relatif du satellite par rapport au récepteur. La mesure obtenue permet de déterminer la vitesse instantanée du récepteur mobile, elle peut aussi servir à détecter et corriger les sauts de cycles de la mesure de phase [64].

#### 4.4. Positionnement du GPS

Le système GPS nous permet de nous positionner à tout moment et dans n'importe quel endroit de la terre, la position donnée par le GPS est celle de l'antenne du récepteur de l'utilisateur. Le référentiel GPS est le WGS84 (World Geodetic System 1984) [61,64]. Le fondement du positionnement du GPS est la mesure de la distance entre l'utilisateur et un certain nombre de satellites dont la position est connue. Des sphères centrées se forment sur des satellites dont l'intersection permet de reconstituer les trois informations [68] sur la position de l'utilisateur (longitude, latitude et hauteur ellipsoïdale), le principe de cette position est appelé la trilatération [64]. Il est nécessaire d'avoir au moins quatre satellites pour déterminer la position exacte du récepteur. Cela dit, l'intersection de trois sphères (voire Figure 4.3) peuvent suffire pour donner deux positions, l'une d'elles sera fiable, l'autre, étant située loin de la surface du globe terrestre n'est pas prise en compte.

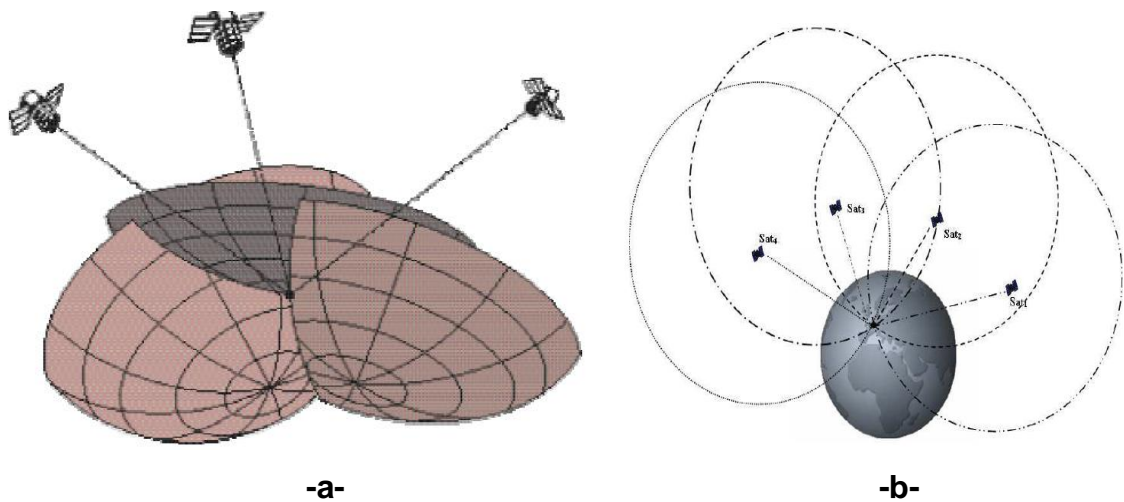


Figure 4.3 : Principe de la trilatération (-a- [64], -b- [62])

#### 4.5. GPS Différentiel

Le GPS Différentiel est une version améliorée du système de positionnement globale, il est utilisé afin de perfectionner la précision des signaux GPS.

Son principe se base sur le fait que deux positions mesurées à un instant donné, par deux récepteurs distant l'un de l'autre de moins d'une centaine de km, présentent les mêmes erreurs étant donné que la distance qui sépare les stellites des récepteurs GPS est de l'ordre de 20000 km où les récepteurs GPS sont confondus [64,65,68]. Le positionnement différentiel peut désigner un positionnement relatif ou absolu. On parle de positionnement absolu, lorsque les coordonnées d'un récepteur en un point inconnu sont établies relativement au repère de référence des satellites d'après les positions connues des satellites GPS suivis [65].

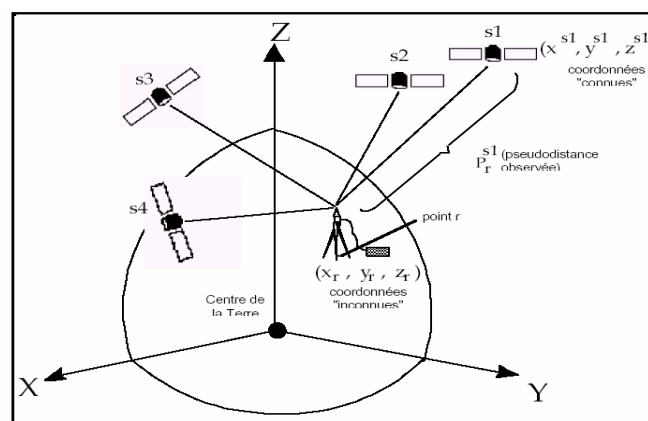


Figure 4.5 : Positionnement absolu [65]



Concernant le positionnement relatif, les coordonnées d'un récepteur en un point inconnu sont établies relativement à celles d'un récepteur connu [65].

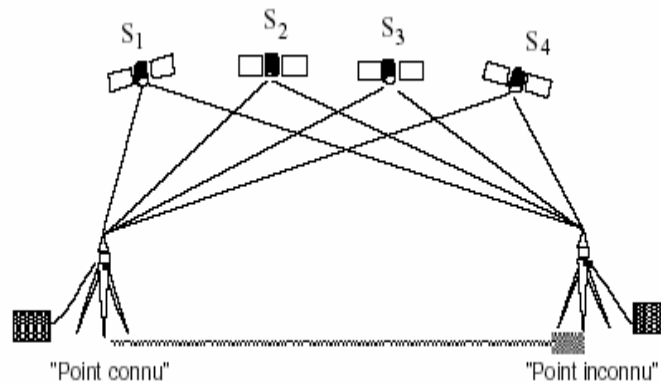


Figure 4.6 : Positionnement relatif [65]

Le positionnement relatif est plus avantageux que le positionnement absolu car il permet d'obtenir une précision beaucoup plus importante. Étant donné qu'avec une courte distance entre les deux récepteurs la majorité des erreurs dans les observations GPS sont communes aux points « connu » et « inconnu » et peuvent être annulées lors des traitements de données [65].

Le DGPS fait une mesure sur le code (C/A ou P(Y)), la correction différentielle concerne la pseudo-distance. D'autres corrections différentielles telles que le RTK (Real Time Kinematic ou cinématique en temps réel) concernent la mesure de phase. Le temps d'initialisation est d'environ une minute pour le RTK et immédiat pour le DGPS [62].

La station de référence qui utilise le réseau satellitaire comme le SBAS (Satellite Based Augmentation System), afin de transmettre les corrections est de plus en plus répandue par rapport à ceux qui utilisent le réseau terrestre (DGPS et RTK).

Les systèmes SBAS diffusent des corrections différentielles grâce à des satellites géostatiques dans le but d'améliorer la précision et l'intégrité du positionnement [62, 64].

Le service EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) diffuse actuellement des corrections pour le GPS et le GLONASS [69].

#### 4.6. Système de coordonnées

Le système de coordonnées de référence mondial est le WGS84 (World Geodetic System 1984) qui est utilisé par les américains, c'est un système qui permet la conversion entre les systèmes de coordonnées cartésiennes et les coordonnées latitude, longitude, hauteur [70].

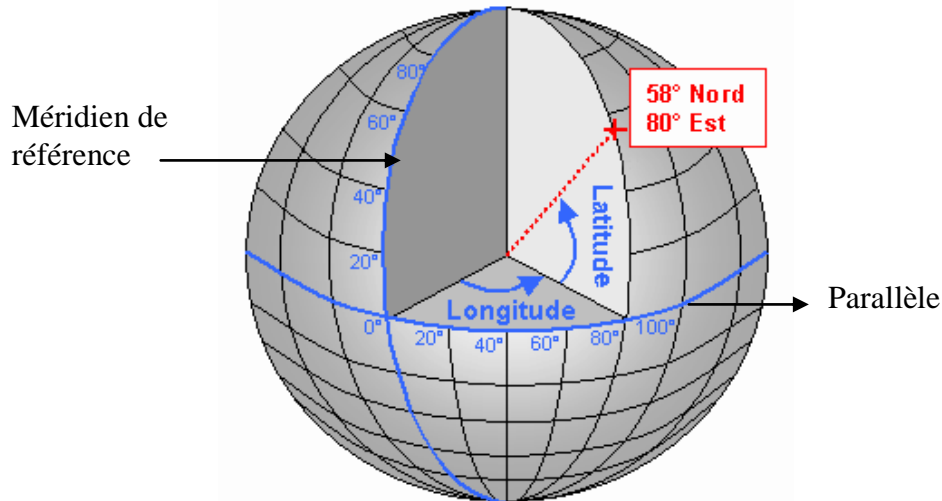


Figure 4.7 : Représentation du système WGS84 sur une sphère [67]

La terre a deux points de référence, le pôle nord et le pôle sud. En reliant ces deux pôles il y a formation de l'axe imaginaire de la planète. Les plans passant par cet axe et la surface de la terre forment des ellipses nommées « méridiens ». Les plans perpendiculaires à l'axe de rotation avec la surface sont nommés « parallèles », le plus grand appartient à l'équateur.

Les coordonnées sont déterminées par rapport à l'équateur (latitude d'origine) et au méridien d'origine (longitude). Le méridien international de référence est le méridien de Greenwich (Londres) [67].

#### 4.7. Système de projection

Les systèmes de projection diffèrent des systèmes de coordonnées, car les systèmes de projections permettent de représenter des points sur une carte plane et non pas sur une sphère [67].

Une projection est un procédé graphique qui permet de représenter sur un plan le réseau des méridiens et des parallèles dans le but de représenter n'importe quel

point terrestre [67]. Ce système de projection est réversible car il peut basculer de coordonnées géographiques vers des coordonnées planes ou bien le contraire. Maints systèmes de projection différents existent. Nul système ne conserve les longueurs avec exactitude, cependant certains systèmes respectent rigoureusement les angles (systèmes conformes) et d'autres respectent scrupuleusement les surfaces (systèmes équivalents) [67].

Parmi les systèmes de projection nous avons les systèmes coniques et conformes, dont le plus utilisé est la projection conique de Lambert et la projection de Mercator. D'autres systèmes existent tels que les projections cylindriques, elliptiques ou azimutales qui sont représentées dans la Figure 4.8.

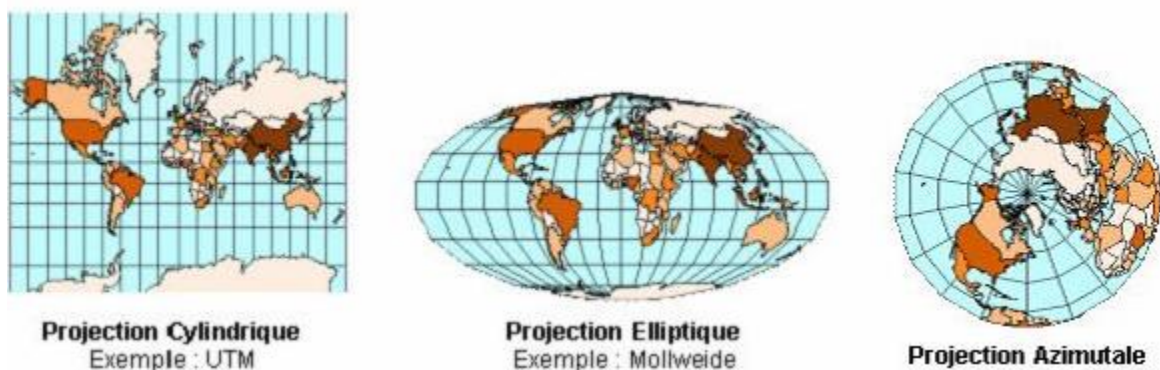


Figure 4.8 : représentation des systèmes de projections [67]

#### **4.8. Modèles de récepteurs GPS**

L'étude de [71] a procédé à une comparaison entre deux types de GPS :

- VBOX Mini de chez Racelogic,
- GPS 76 de chez Garmin,

La vitesse du VBOX Mini avec une résolution de 0,01 km/h, avec une fidélité de l'ordre de 0,07 km/h, en ayant une position absolue avec une résolution de 1cm et une fidélité de 0,05%.

Pour la vitesse du GPS 76 ayant une résolution de 0,1 km/h où la fidélité est du même ordre, avec une position de 0,1 m où la fidélité est < 15m.

Les données récoltées sont numériquement traitées par une feuille Excel.

La distribution des mesures a une forme elliptique pour le VBOX Mini et une forme circulaire pour le GPS76. Cette différence de symétrie des distributions de données selon les axes principaux ne provoque pas de conséquences

significatives pour la fidélité des récepteurs sur la position. Les essais ont été effectués avec divers véhicules, divers conducteurs et en des jours différents dans des conditions climatiques différentes. Les deux récepteurs présentent une cohérence des positions mesurées. La différence maximale observée entre les passages est toujours inférieure à 12 m, pour le VBOX Mini, et inférieure à 13 m, pour le GPS76. La vitesse atteint un régime de stabilité, la différence entre les mesures par les deux récepteurs est toujours inférieure à 0,3 km/h. Cette étude montre que la géométrie des satellites par les différents essais garantit une valeur de la reproductibilité pour la mesure des positions par les deux récepteurs GPS. D'autres récepteurs GPS plus performants existent sur le marché, dans ce travail, notre choix s'est reporté sur le GPS RBT-2300 pour sa précision et sa petite dimension ainsi que pour sa légèreté.

#### **4.9. Conclusion**

Les systèmes de localisation ont une importance dans de nombreuses applications spécifiques à la sécurité, à des besoins de déplacements et de confort, mais aussi pour la gestion d'infrastructures, en raison de leurs précisions et leurs disponibilités. Dans ce chapitre, on a abordé l'importance de l'utilisation et le fonctionnement du GPS ainsi que le positionnement.

## **CHAPITRE 5**

### **MÉTHODOLOGIE EXPÉRIMENTALE**

#### **5.1. Objectifs**

Ce travail vise la détermination de paramètres de base du roulage des véhicules légers par mesure sur un échantillon de 14 véhicules pendant une semaine chacun (en moyenne).

#### **5.2. Méthodologie de travail**

Un échantillon de 14 véhicules particuliers est équipé de récepteurs GPS est utilisé par leurs propriétaires pendant plus d'une semaine dans les conditions normales sans aucune consigne ni recommandation particulière. L'objectif est de mesurer les conditions de roulage réelles de chaque véhicule dans son environnement au quotidien. Toutes les données (position, vitesses, altitude) sont enregistrées au cours de toute la période de manière automatique sans manipulation de conducteur. Les données sont transférées via Bluetooth sur un PC.

Il s'agit de caractériser la typologie des voies empruntées par l'estimation de la part de kilométrage effectué pour les quatre types de voies définies. Les vitesses moyennes pratiquées sur chaque voie sont aussi estimées. La connaissance de ces paramètres contribue à l'amélioration du calcul d'inventaire des émissions de polluants. Par ailleurs, ces données peuvent servir aussi aux différents modèles de qualité de l'air, de gestion du trafic et aussi d'accidentologie.

##### **5.2.1. Echantillon de véhicules**

L'échantillon de véhicules considéré est composé de 14 véhicules particuliers qui sont sollicités pour contribuer à cette étude. Ces véhicules sont sélectionnés de manière aléatoire sans aucune condition ni critère au préalable. Le Tableau 5.1 montre la composition de cet échantillon avec toutes les caractéristiques des

différents véhicules. Globalement, cet échantillon comprend des véhicules de petites cylindrées, les trois types de carburants, d'âges variables et des conducteurs des deux sexes de différents âges. Le Tableau 5.2 caractérise les conducteurs des véhicules de l'échantillon considéré.

Tableau 5.1 : caractéristiques des véhicules utilisés dans la campagne de mesures

Numéros	Type de véhicule	Année véhicule	Carburants	Puissance (CV)	Genre
1.	Volkswagen Golf	2008	Essence	6	VP
2.	Peugeot 206	2006	Essence	6	VP
3.	Renault Clio	2009	Essence	5	VP
4.	Chevrolet	2009	Essence	5	VP
5.	Peugeot 406	2002	Diesel	5	VP
6.	Chevrolet	2004	Essence	7	VP
7.	Peugeot 206	1999	Diesel	7	VP
8.	Celio	2000	Essence	6	VP
9.	Chevrolet	2005	Essence	5	VP
10.	Hunday	2004	Essence	4	VP
11.	Peugeot 106	2001	Diesel	5	VP
12.	Toyota Corolla	2004	Diesel	6	VP
13.	Volkswagen Caddy	2004	Diesel	5	VUL
14.	Renault 12	1987	GPL	7	VP

Tableau 5.2 : Caractéristiques des conducteurs

Numéros	Agés (ans)	Fonction	Sexe
1.	44	Fonctionnaire	Femme
2.	28	Fonctionnaire	Femme
3.	43	Fonctionnaire	Homme
4.	47	Fonctionnaire	Femme
5.	56	Fonctionnaire	Homme
6.	22	Etudiante	Femme
7.	47	Fonctionnaire	Femme
8.	49	Fonctionnaire	Homme
9.	61	Travail dans le privé	Femme
10.	46	Fonctionnaire	Femme
11.	50	Fonctionnaire	Homme
12.	50	Fonctionnaire	Homme
13.	44	Fonctionnaire	Homme
14.	53	Fonctionnaire	Homme

### 5.2.2. Equipement de mesure

Une série de récepteurs GPS est utilisé pour équiper l'échantillon de véhicules testés. Le GPS utilisé est de type Royal tek Logger RBT 2300 [1e], représenté en Figure 5.1. Ce type de GPS intègre un datalogger pour l'enregistrement de données et dispose d'un port de communication Bluetooth pour le transfert de données.

Le datalogger peut enregistrer les déplacements selon la configuration choisie variant de 40000 à 650000 points. Les trois configurations possibles sont

- Temps UTC, longitude, latitude, altitude, vitesse. Le pas d'enregistrement est de 1 seconde, sa capacité est de 64 Méga octets (Mo). Ce récepteur est équipé d'une batterie d'une autonomie de 36 heures en fonctionnement continue et peut être alimenté directement à bord du véhicule par câble sur l'allume de cigare, permettant aussi d'éviter toute interruption de la mesure.

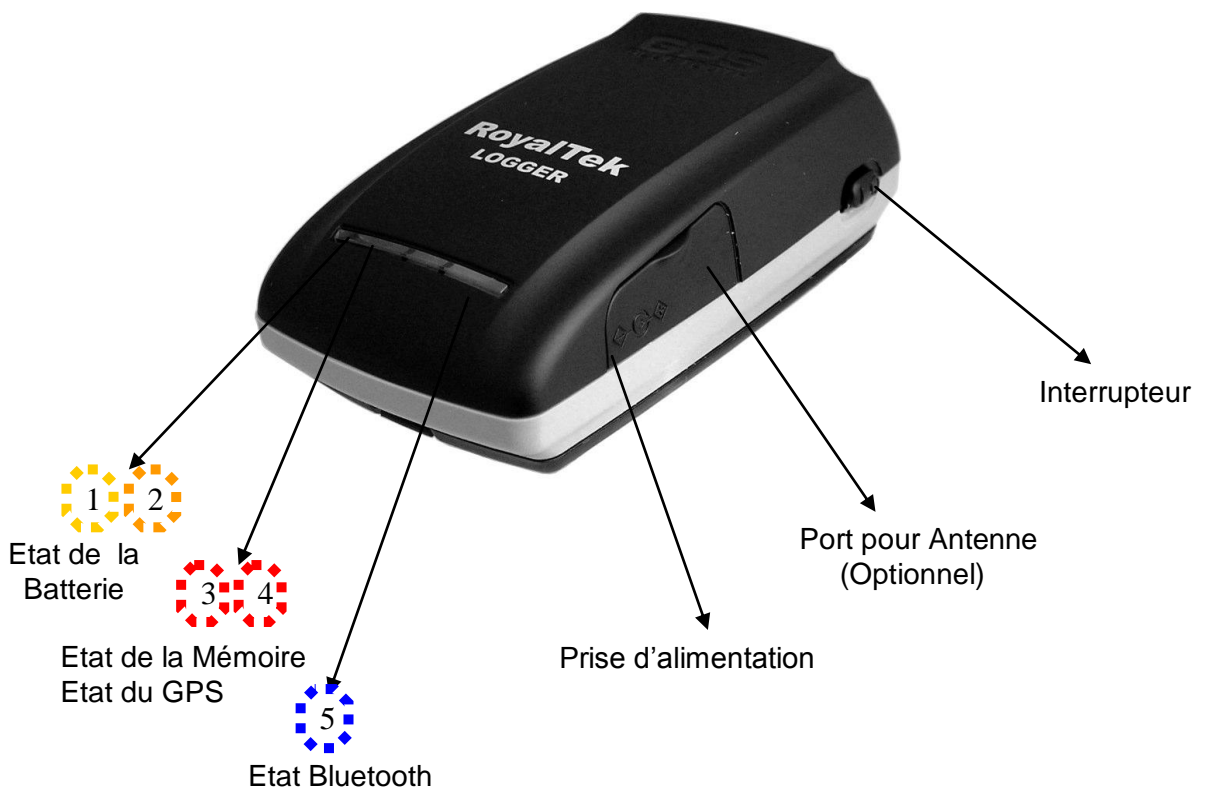





Figure 5.1 : Récepteur GPS RBT-2300 Bluetooth

Légende :

- |   |   |  |
|---|---|--|
| { | Etat de la Batterie   |  |
|   | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <div style="border: 1px dashed yellow; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 5px;">1</div> <div style="border: 1px dashed orange; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 5px;">2</div> </div> <div> <p>Le témoin jaune indique que l'alimentation est en cours de chargement.</p> <p>Ambre clignotante indique que la pile est vide.</p> </div> </div> |  |



- Etat de la Mémoire
  -  Rouge brillant indique que la mémoire est pleine (si le rouge clignote indique données de mémoire effacées).
- Etat du GPS
  -  Le témoin vert indique que la position est fixée.
- Etat Bluetooth
  -  Témoins bleu indique que le récepteur Bluetooth est connecté.

Grâce à cet outil, l'enregistrement des différents paramètres du parcours des véhicules tels que la vitesse, l'altitude, la latitude, la longitude et le temps en UTC est effectué. Lors de l'utilisation du récepteur GPS, deux logiciels sont utilisés le premier Royal Tek Data Logger Downloader utilisé pour le transfert et la lecture des données, et le deuxième logiciel Locr GPS photo pour la géolocalisation des parcours de véhicules. La recharge du récepteur GPS RBT-2300 s'effectue à la fin de chaque parcours à l'aide d'un chargeur secteur ou bien à l'aide d'un chargeur allume cigare d'un véhicule. Une description détaillée de l'utilisation du récepteur GPS est donnée en Annexe 2.

### 5.2.3. Campagne de mesure

Les données récupérées du récepteur GPS sous format NMEA sont transférées sur fichier Excel. Ces dernières s'organisent dans une base sur Excel selon la structure suivante : date, heure, latitude, longitude, altitude et vitesse. On crée un deuxième tableau contenant les caractéristiques des conducteurs tels que : âge du conducteur, sexe, profession, parcours, et les caractéristiques des véhicules, comme la marque, le modèle du véhicule, l'année du véhicule, état du véhicule (neuf, ou deuxième main), type de carburant, puissance et la catégorie du véhicule. Les détails de la manipulation des bases de données sont donnés en annexe 2. Le Tableau 5.3 récapitule le nombre d'heures de la campagne de mesure effectuée sur l'échantillon

Tableau 5.3 : Données de la campagne d'enregistrement

Véhicules	Période	Durée
Chevrolet (2004)	26/04/2010- 30/04/2010 01/05/2010- 31/05/2010 01/06/2010	115869 sec 290587sec 13017 secondes Total=116 : 31 : 13
Peugeot 206 (1999)	24/10/10- 28/10/10 02/11/10- 04/11/10	137696 s 71155 s Total=23 :35 :51
Chevrolet spark	04/04/10- 25/04/10	124 :08 :15
Volkswagen Golf	14/02/10-28/02/10 1/03/10- 7/03/10	371997 s 184820 s Total=154 :40 :17
Peugeot 206	18/12/10-23/12/10	24 :28 :56
Peugeot 106 (mesures 2008)	25/05/08- 31/05/08 01/06/08- 30/06/08 01/07/08	200442 s 858614 s 17682 s Total=299 :05 :38
Peugeot 106 (mesure 2010)	27/04/10-28/04/10 02/05/10-31/05/10 01/06/10- 23/06/10	55844s 626475s 489091s Total=325 :23 :30
R12	11/05/10	0 :47 :23
Hyundai	05/10/10- 15/10/10	65 :56 :16
Toyota Corolla	02/05/10-16/05/10	158 :34 :36
Peugeot 206	21/03/10-28/03/10	90 :28 :01
Renault Clio	05/10/10- 01/10/10 01/11/10-29/11/10	436867s 473246s Total=252 :48 :33
Chevrolet	19/12/10-27/12/10	64 :15 :29
Volkswagen Caddy	17/11/10-30/11/10	117 :59 :35
Peugeot 406	24/05/10- 31/05/10 01/06/10- 05/06/10	153547s 243238s Total=110 :13 :05
Données de mesures=1928 h 56 mn 38 s		

Après avoir chargé toutes les données du GPS dans les fichiers Excel, on transfère ces données dans le logiciel Locr Photo [2e]. Afin d'identifier le parcours accompli par les conducteurs qui peut être visualisé dans Google Earth. En établissant l'itinéraire des 14 véhicules, on délimite la zone géographique sur la carte routière de l'Algérie. Les coordonnées des quatre points de la zone ainsi déterminées permettent de cibler la partie de la carte géographique sur laquelle le travail sera effectué. Les détails de cette procédure sont donnés en annexe 2

#### 5.2.4. Mesures comparatives : Cinémomètre et GPS

Afin d'accéder à la vitesse pratiquée par les véhicules sur une infrastructure routière avec la précision, la plus grande possible, et de classer l'allure suivant trois catégories qualitatives : accélération, stabilisation, décélération ; on a recours à un dispositif placé en bord de voies [72,73]. Le dispositif le plus utilisé, généralement pour la mesure de la vitesse, est le cinémomètre à effet Doppler. Ce dernier présente une installation, dans un véhicule, beaucoup plus contraignante qu'un GPS. Pour les mesures d'émissions de polluants en embarqué, il est nécessaire de procéder à des mesures cinématiques temps, distances et vitesses. Dans le présent travail, le moyen utilisé par notre laboratoire à ce jour était le cinémomètre (Figure 5.2). C'est un cinémomètre étalonné DRS-6/1aa de marque BS2 Multidata GmbH à effet Doppler. Il est utilisé pour mesurer la vitesse du véhicule le long du circuit emprunté avec une gamme de mesure de 0 à 200 km/h. La résolution est de 3.8829 mm par pulsation fonctionnant à une fréquence de 24,125 GHz. La précision du cinémomètre est de 0,1 km/h. Son inconvénient majeur outre son prix élevé, est qu'il doit être associé à un enregistreur ou datalogger pour l'enregistrement des vitesses tout au long du circuit de mesures. Par ailleurs ce type d'appareil ne permet pas la localisation du véhicule au moment de la mesure. Pour pallier à ces inconvénients, le laboratoire s'est doté d'appareils GPS (Global Positioning System) 150 fois moins chers qu'un cinémomètre. Celui-ci de petite taille (Figure 5.3) se tient dans une main (72x42x25mm). Il peut être placé discrètement dans la boîte à gants du véhicule. Sa batterie a une autonomie de 36 h. Il est équipé d'un chargeur branché sur l'allume cigare du véhicule.



Figure 5.2 : Cinémomètre à effet Doppler



Figure 5.3 : Bluetooth GPS RBT-2300

L'appareil de mesure GPS utilisé permet la localisation, la mesure de la vitesse et de l'altitude des véhicules en déplacement. Il a une capacité d'enregistrement de 400.000 positions avec une incrémentation temporelle d'une seconde. Les données enregistrées peuvent être téléchargées par connexion Bluetooth avec un PC.

Des tests cinématiques de comparaison ont été effectués avec le GPS et le cinémomètre à effet doppler en hauteur sur la route de Chréa. Nous avons opté pour ce circuit de sorte à être dans les conditions de mesure les plus défavorables avec la sinuosité et la dénivellation de la route (Figure 5.4).



Figure 5.4 : Circuit des mesures cinématiques en pente sur la route de Chréa

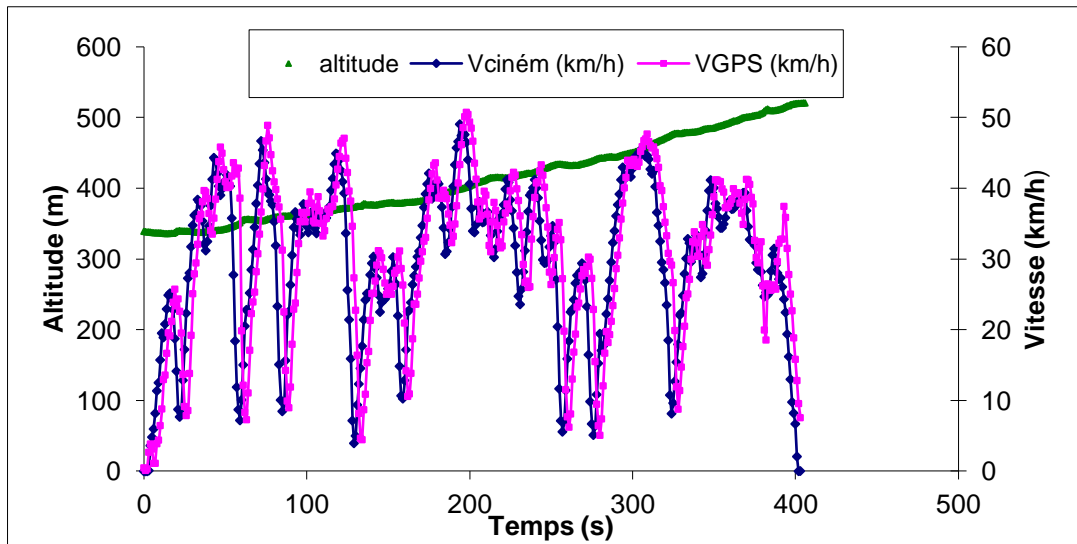


Figure 5.5 : Mesure des vitesses et altitude par GPS et cinémomètre sur route de Chréa en montée

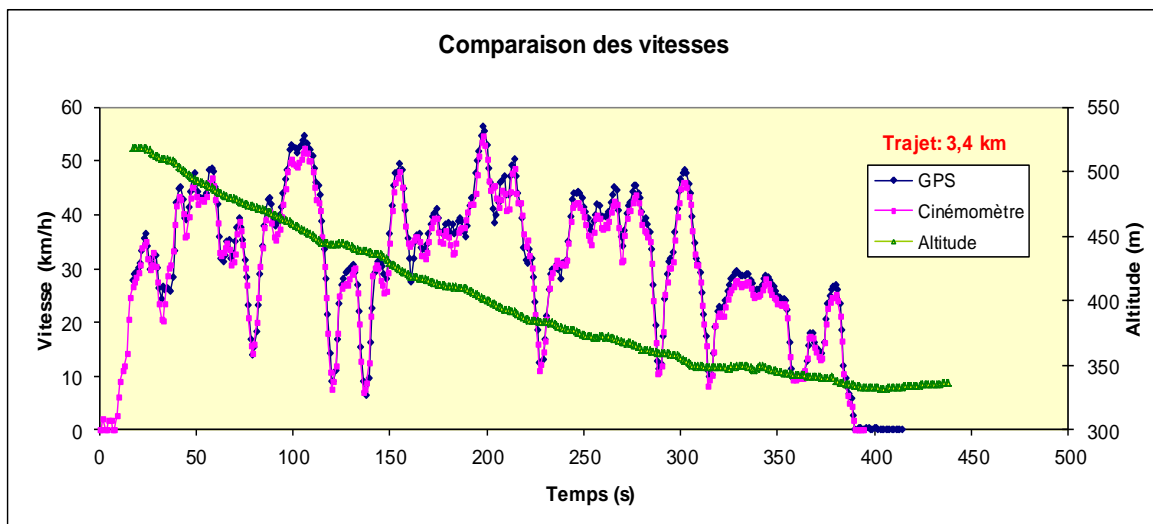


Figure 5.6 : Mesure des vitesses et altitude par GPS et cinémomètre sur route de Chréa en descente

L'analyse des Figures 3.9 et 3.10 montre une très bonne concordance des vitesses avec le temps entre les deux appareils, (dans la descente et dans la montée du véhicule), les valeurs de distances obtenues par intégration (distances cumulées), (Figure 3.11), sont très voisines (tout au plus à 100 m d'écart (soit 3%) pour une distance parcourue de 3,4 km.

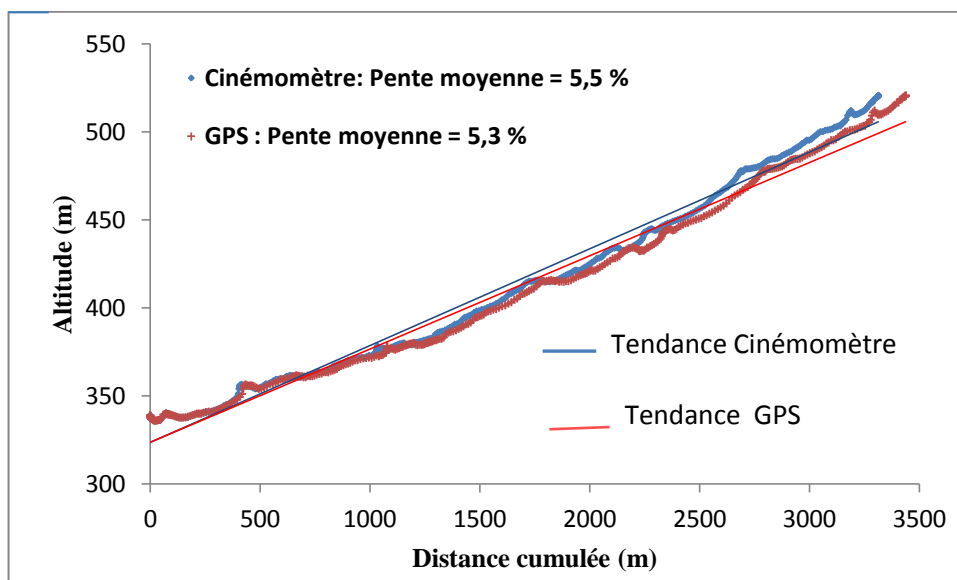


Figure 5.7 : Comparaison des pentes avec le cinémomètre et le GPS sur le trajet de la route de Chréa

A la lumière des résultats obtenus, les mesures de cinématique par le GPS peuvent suppléer avec une bonne précision les mesures de vitesse effectuées par le cinémomètre dans l'accompagnement des mesures d'émission de polluants des véhicules en conditions réelles de circulation. Cependant dans le cas des mesures instantanées en embarqué, le cinémomètre demeure irremplaçable du fait que la vitesse et les mesures de concentration des polluants doivent être synchronisées avec le temps. Dans le cas des mesures d'émission par sac, où la totalité des émissions à l'échappement sont récupérées dans des sacs en tedlar durant tout le trajet et finalement analysés après la finalisation du circuit de mesure, le GPS est alors tout indiqué pour la mesure des cinématiques.

#### 5.2.5. Outils informatiques utilisés

Les outils informatiques utilisés dans cette étude sont :

- Un logiciel Data Log Data spécifique au GPS pour configurer le récepteur
- Un deuxième logiciel Locr Photo pour la visualisation des données du récepteur GPS sur la carte géographique
- Deux autres logiciels utilisés pour la cartographie sont décrits ci-dessous :

a. Google Maps Downloader



Google Maps Downloader [3e] est un logiciel qui permet d'acquérir des images géographiques par le biais des satellites. La fenêtre du logiciel est illustrée par la Figure 5.8.

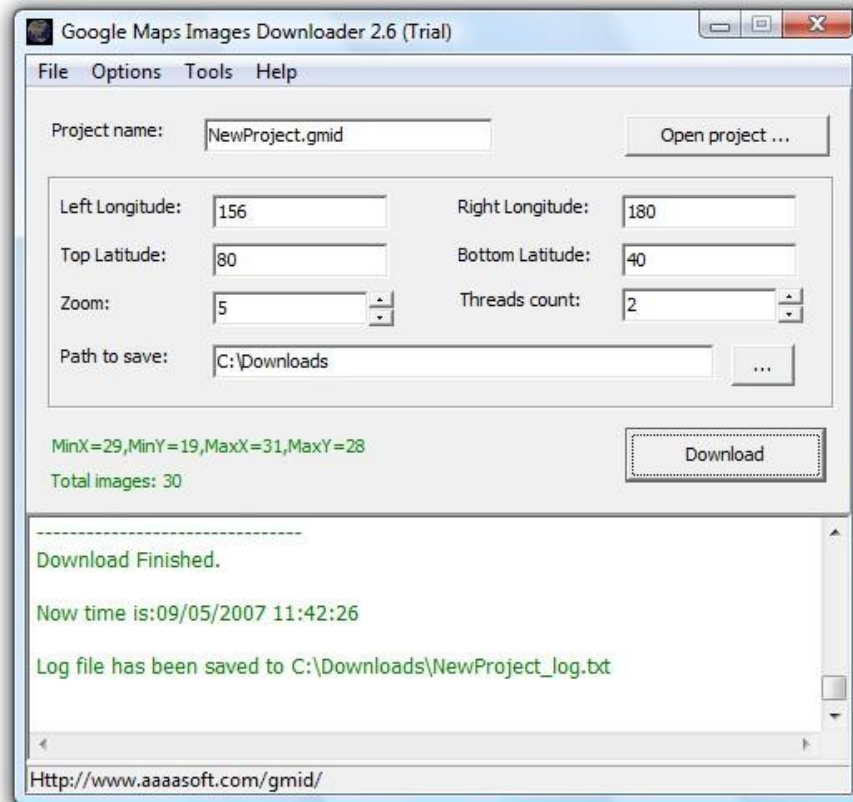


Figure 5.8 : Interface du logiciel Google Maps Downloader

#### b. MapInfo Professional version 11.0

Le MapInfo Professional [4e] est un logiciel conçu autour d'un moteur d'édition de cartes qui permet la superposition de couches numériques. Il permet de représenter à l'aide d'un système de couches des informations géolocalisées. Le principe directeur d'un Système d'Information Géographique (SIG) est basé sur les données géométriques, et de l'autre les données attributaires. Ces données sont stockées sous format numérique et organisées par couches (appelées « Tables ») [74].

La plate forme de MapInfo Professional version 11 permet l'analyse des données sous forme de tableau mais, aussi, pour sa capacité de stockage qui est beaucoup plus conséquente que celle de MapInfo Professional version 8.

Le logiciel MapInfo à une structure de données comme suit [75] :

- TAB : fichier de description de la table MapInfo Professional ;
- Les fichiers DAT, .XLS, .DBT, .MDB sont des fichiers contenant la base de données associées à la table (données tabulaires), pour notre cas c'est l'Excel ;
- Le fichier MAP est représenté par des objets cartographiques, contenant l'information géométrique ;
- Le fichier ID fait la liaison entre les enregistrements de la base de données et les objets de la carte ;
- Les fichiers IND représente le fichier d'index de la base de données (optionnel) ;
- Les fichiers MIF et MID : concernent l'exportation et l'importation de données (vers d'autres logiciels). Le fichier MIF contient la structure de la table et la géométrie associée. Le fichier MID contient les données tabulaires ;
- Le fichier WOR : Document MapInfo Professional ne contient pas les données (qui sont dans les tables), mais répertorie l'ensemble des tables nécessaires et gère leurs utilisations.

#### 5.2.6. Analyse des données GPS

Les données enregistrées par le récepteur GPS sous format NMEA sont converties dans un fichier Excel. On apporte les modifications requises, comme la transformation du temps en hh: mm: ss, la date en jour / mois/ année, conversion des latitudes et longitudes du degré, minute en degré décimal. Les détails de ces transformations sont donnés en annexe N°2.

##### 5.2.6.1. Elaboration du réseau routier

En amont de ce travail, on a procédé au calibrage de la carte pour que le logiciel MapInfo puisse reconnaître la carte image téléchargée par Google Maps Downloader. Sur la carte géographique calibrée, on construit le réseau routier de la zone d'étude ciblée sur une couche MapInfo. Les axes routiers sont classés en



quatre types : Autoroute, Route nationale, Chemin de wilaya, zone urbaine. Chaque tronçon routier est identifié sur la table pour AUTO ; RN ; CW ; Urbain.

La suite des applications effectuées est illustrée ci-dessous :

- Ouverture de la carte du réseau national comme suit :

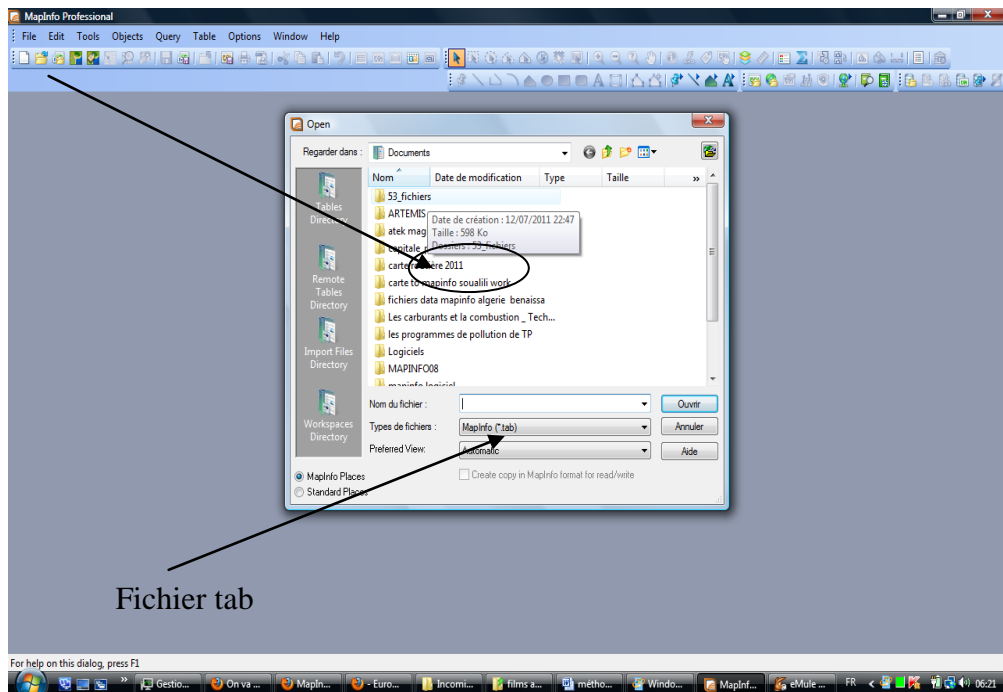


Figure 5.9 : Interface du logiciel de MapInfo

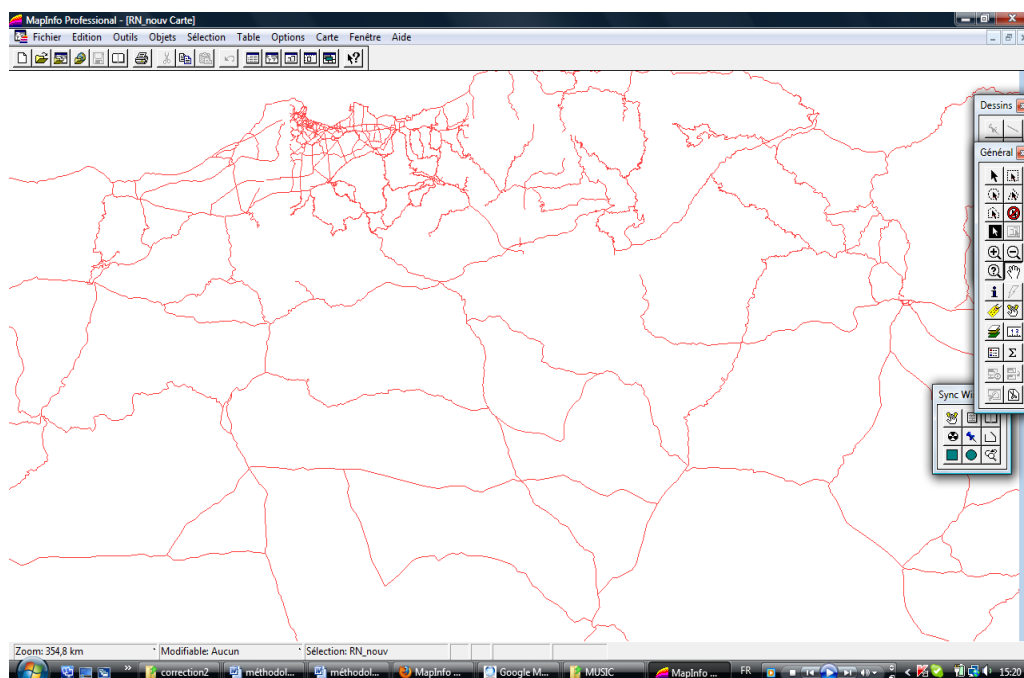


Figure 5.10 : Carte du réseau routier sur MapInfo

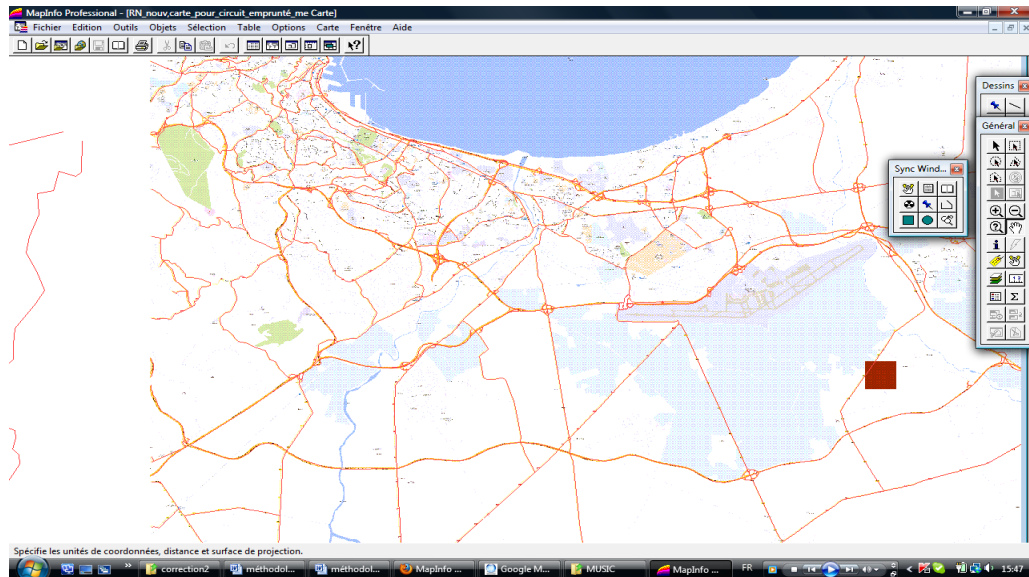


Figure 5.11 : Superposition carte image et carte du réseau routier sur MapInfo

L'identification de chaque voie est effectuée en se référant à une carte géographique de l'INC avec une échelle de 50000<sup>ème</sup>.

#### 5.2.6.2. Réseau routier

La zone géographique parcourue par tous les véhicules de l'échantillon est déterminée par la représentation géographique sur google Map avec Locr. Le réseau routier, comprenant toutes les voies, est construit sur toute la zone couverte. Chaque tronçon tracé de route doit être déclaré comme (Auto, CW, RN), pour l'identification des tronçons routiers sur la table MapInfo, présentée en Figure 5.12.

Num	Identifiant	Type	ND	NF	Distance	Long_Chains	Long_Accot	Nb_Voies	Cap	ID_WILAYA
0	RN94	2	0	0	0	0	0	0	0	20
0	RN28	2	0	0	0	0	0	0	0	5
66	RN43	2	326	327	51	7	1,5	2	1.880	5
426	RN31	2	543	818	94	5	1	2	1.110	5
0		4	0	0	0	0	0	0	0	0
651	RN87	2	542	328	106	5	1	2	1.110	5
586	RN75	2	624	322	44	8	1,5	2	2.140	5
0	RN85	1	0	0	0	0	0	0	0	5
556	RN77	1	623	628	50	5	1	2	1.110	5
607	RN76	2	534	327	47	6	1,5	2	1.360	5
0	RN78	2	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN5	3	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN5	2	0	0	0	0	0	0	0	19
0		1	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN77A	2	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN9A	2	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN75	1	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN74	2	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN76	2	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN98	1	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN9	1	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN77	1	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN75	2	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN28	3	0	0	0	0	0	0	0	19
0	RN80	2	0	0	0	0	0	0	0	40
0	RN88	3	0	0	0	0	0	0	0	40
0	RN27	3	0	0	0	0	0	0	0	43
0	RN79	2	0	0	0	0	0	0	0	43
0	RN5A	2	0	0	0	0	0	0	0	43

Figure 5.12 : Table MapInfo du réseau routier

RN : Route Nationale  
 Auto : Autoroute  
 CW : Chemin de Wilaya  
 Urbain

Temps	Date	Latitude	Longitude	Altitude	Vitesse	Ages	Fonction	Sexe	Le_parcours_habituel	Marque	Modèle	Année_du_vehicule	Carburant	Nouveau_vehicule	Catégorie	Puissance	Genre
070203	17/11/2008	36.4699	3.0293	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070218	17/11/2008	36.4707	3.02896	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070220	17/11/2008	36.471	3.02899	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070226	17/11/2008	36.4711	3.02898	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070227	17/11/2008	36.4711	3.02898	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070232	17/11/2008	36.4714	3.02891	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070233	17/11/2008	36.4718	3.02893	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070234	17/11/2008	36.4721	3.0289	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070235	17/11/2008	36.4722	3.0289	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070236	17/11/2008	36.4715	3.02891	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070237	17/11/2008	36.4713	3.02886	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070238	17/11/2008	36.4714	3.02879	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070248	17/11/2008	36.4716	3.02893	121,7	0	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070329	17/11/2008	36.4716	3.02829	110,6	0,14816	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070330	17/11/2008	36.4716	3.02825	114,6	0,03712	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070331	17/11/2008	36.4716	3.02825	114,4	0,25928	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070332	17/11/2008	36.4716	3.02825	110,2	0,48152	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070333	17/11/2008	36.4716	3.02827	96	0,35188	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070334	17/11/2008	36.4716	3.02827	99,5	1,07416	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070335	17/11/2008	36.4716	3.02828	98,3	1,27788	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070336	17/11/2008	36.4716	3.02829	96,1	0,59284	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070337	17/11/2008	36.4716	3.0283	94,4	0,96304	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070338	17/11/2008	36.4716	3.0283	94,6	1,22232	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070339	17/11/2008	36.4716	3.02829	95,7	0,40744	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070340	17/11/2008	36.4716	3.02828	96	2,24092	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070341	17/11/2008	36.4716	3.02828	97,4	2,27796	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070342	17/11/2008	36.4716	3.02827	97,7	1,81496	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070343	17/11/2008	36.4716	3.02827	96,9	1,64828	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070344	17/11/2008	36.4716	3.02826	96,2	0,85192	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL
070345	17/11/2008	36.4716	3.02826	96,8	1,389	44	fonctionnaire	homme	Domicile-travail	Wolkvagen	Caddy	2004	diesel	non	3	5	VUL

Figure 5.13 : Table de données des enregistrements de véhicules sous MapInfo

Deux tables de données sont ainsi obtenues :

- Une table relative au réseau routier parcouru par l'échantillon de véhicules suivis contenant tous les axes routiers avec le type de route Auto, CW, RN, Urbain.
- Une deuxième table contenant les enregistrements, seconde par seconde, des véhicules avec les positions géographiques au cours de toute la période d'expérience. Cette table contient aussi les données du véhicule et de son conducteur.

### 5.2.6.3. Projection des enregistrements sur carte réseau MapInfo

A partir de la table des enregistrements de véhicules on projette les points seconds par seconde sur la carte réseau routier élaborée à cet effet. Ceci permet de visualiser le parcours effectué par chaque véhicule.

Le décalage entre l'axe routier de la carte et la projection du point enregistré par GPS reste inférieur à 90 mètres dans l'ensemble Tels qu'illustré dans la Figure 5.14.

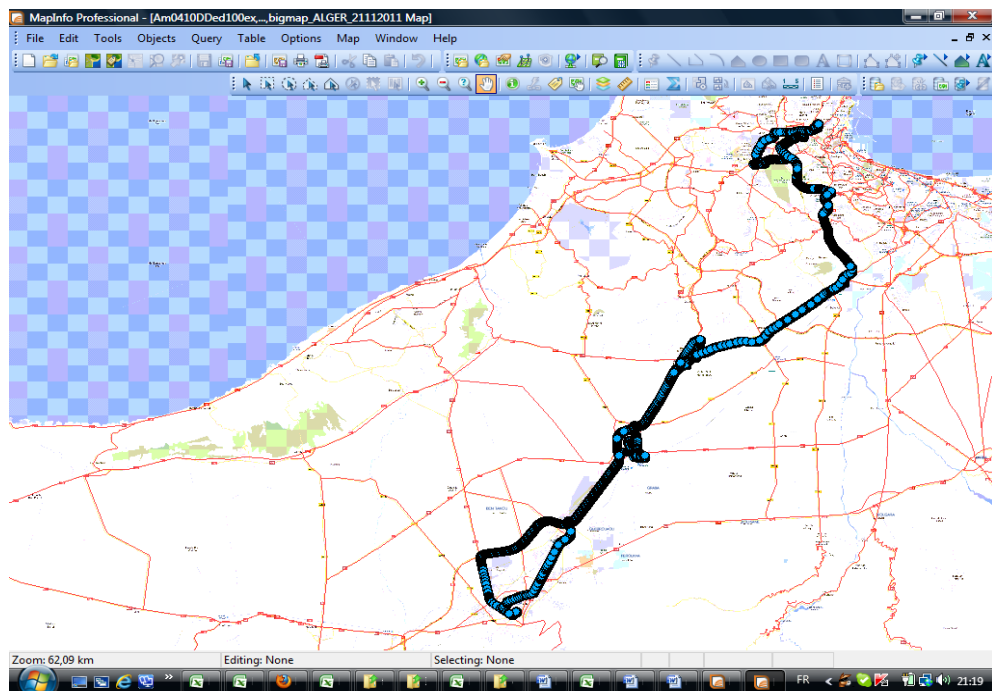


Figure 5.14 : Image de parcours d'un véhicule obtenue lors de la projection

La Figure 5.15 montre le tampon créé d'un rayon de 100 m du réseau routier qui est constitué pour contenir tous les enregistrements dans le réseau construit en évitant les déperditions d'enregistrements aux frontières du réseau.

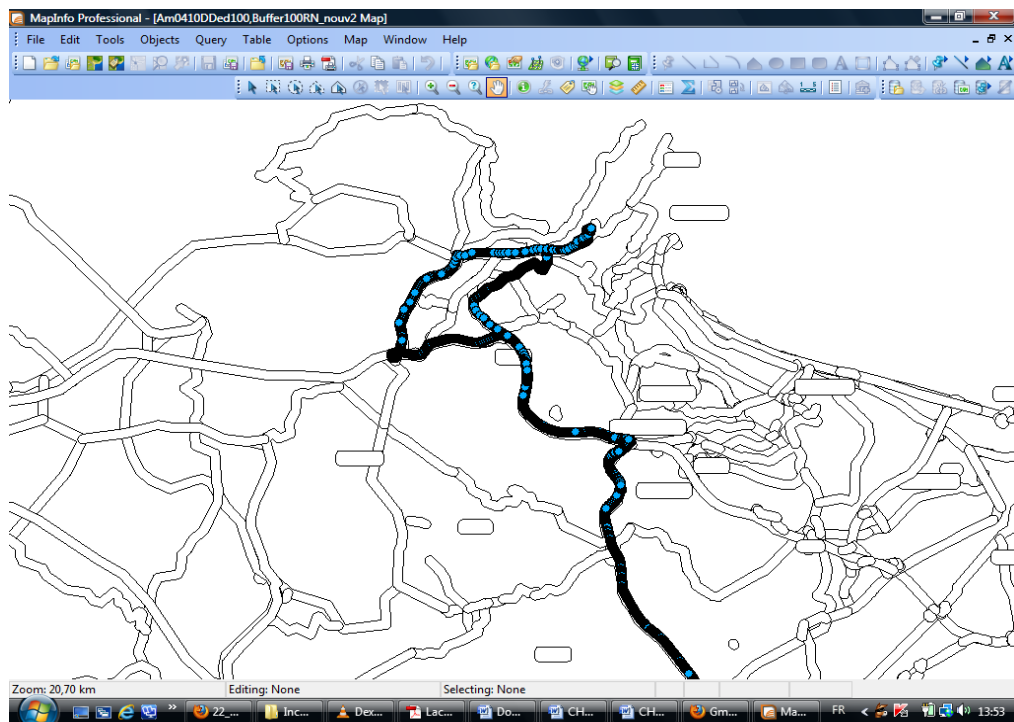


Figure 5.15 : Projection d'un trajet

La recherche du type de voie emprunté par chaque véhicule et de chaque enregistrement de véhicule est effectuée par l'intersection de la table réseau routier et enregistrements projetés sur la carte réseau. Les résultats obtenus sont exportés vers Excel pour y être exploités.

On utilise le tableau croisé dynamique pour déterminer pour chaque véhicule le kilométrage journalier par type de voie le kilométrage total journalier. On calcul le pourcentage de kilométrage sur chaque type de voie comme illustré sur la Figure 5.16.

	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
115999		AUTO	CW	RN	AUTRE	TOTALE(27/04/10)		
116000		29,18856432	0,804858622	17,8061929	14,32867707	62,12829291		
116001		0,469811143	0,012954784	0,286603608	0,230630465			
116002		46,98111433	1,295478412	28,66036079	23,06304647	%		
116003								
116004		AUTO	CW	RN	AUTRE	TOTALE(28/04/10)		
116005		11,4933731	0,116279878	2,240565033	3,785421122	17,63563913		
116006		0,651712876	0,00659346	0,127047566	0,214646098			
116007		65,1712876	0,659345981	12,70475664	21,46460978	%		
116008								
116009		AUTO	CW	RN	AUTRE	TOTALE(29/04/10)		
116010		24,93530742	0,248023956	6,562381944	8,518237989	40,26395131		
116011		0,619296085	0,006159951	0,162984052	0,211559912			
116012		61,92960852	0,615995071	16,29840523	21,15599118	%		
116013								
116014		AUTO	CW	RN	AUTRE	TOTALE(26/04/10)		AUTO
116015		69,83919266	0,251347267	9,410017144	19,7643125	99,26486957		1,9180083
116016		0,70356404	0,002532087	0,094797053	0,19910682			
116017		70,35640399	0,253208681	9,479705343	19,91068198	%		
116018								
116019		AUTO	CW	RN	AUTRE	TOTALE(30/04/10)		
116020		0	0	1,5537354	4,570571378	6,124306778		
116021		0	0	0,253699799	0,746300201			
116022		0	0	25,36997992	74,63002008	%		
116023								
116024						225,4170597		Distance totale de Am0410

Figure 5.16 : Matrice de calcul

Le pourcentage du kilométrage journalier dans chaque classe de vitesse pour chaque type de voie est aussi déterminé grâce au tableau croisé dynamique (Figure 5.17).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Am26042010	0=<V<15	15=<V<30	30=<V<45	45=<V<60	60=<V<75	75=<V<90	90=<V<105	105=<V<120	V>=120	TOTALE	
2	AUTO	1,91800837	2,14695158	2,42641838	8,29814837	10,6482541	20,2633339	18,1022814	6,03579661	0	69,8391927	
3		0,027463211	0,03074136	0,03474293	0,11881793	0,15246817	0,29014273	0,25919947	0,0864242	0	0	
4	AUTO%	2,74632093	3,07413573	3,47429328	11,8817931	15,2468172	29,0142728	25,9199465	8,64242037	0	0	100
5	CW	0	0,12242234	0,01060784	0,11831708	0	0	0	0	0	0,25134727	
6		0	0,48706455	0,04220394	0,47073151	0	0	0	0	0	0	
7	CW%	0	48,7064554	4,22039379	47,0731508	0	0	0	0	0	0	100
8	RN	3,02563812	3,50753367	1,84040442	0,7001486	0,33629233	0	0	0	0	9,41001714	
9		0,32153375	0,37274466	0,19557928	0,0744046	0,0357377	0	0	0	0	0	
10	RN%	32,1533752	37,2744663	19,5579285	7,44046041	3,57376961	0	0	0	0	0	100
11	AUTRE	5,79946598	5,65234001	1,77885629	3,38651061	2,09737971	0,24736032	0,80239958	0	0	19,7643125	
12		0,2934312	0,28598718	0,09000345	0,17134472	0,10611954	0,0125155	0,04059841	0	0	0	
13	AUTRE%	29,3431202	28,5987181	9,00034488	17,1344721	10,6119538	1,25155035	4,05984057	0	0	0	100
14											99,2648696	Dtotdu2604
15	Am27042010	0=<V<15	15=<V<30	30=<V<45	45=<V<60	60=<V<75	75=<V<90	90=<V<105	105=<V<120	V>=120	TOTALE	
16	AUTO	0,13987744	0,36616098	0,58908519	1,87140484	6,27172083	14,7611911	4,61282784	0,5762961	0	29,1885643	
17		0,0047922	0,01254467	0,02018205	0,06411432	0,21486911	0,5057183	0,15803545	0,0197439	0	0	
18	AUTO%	0,47922002	1,25446724	2,01820543	6,41143163	21,486911	50,5718299	15,8035448	1,97439002	0	0	100
19	CW	0	0,05615161	0,12469619	0,03833126	0	0,24216443	0,34351513	0	0	0,80485862	
20		0	0,06976581	0,15492931	0,04762483	0	0,30087822	0,42680183	0	0	0	
21	CW%	0	6,97658068	15,4929307	4,76248306	0	30,0878225	42,6801831	0	0	0	100
22	RN	3,34085367	3,65057494	2,5768265	3,01265354	2,38485641	2,61098561	0,22944222	0	0	17,8061929	
23		0,18762313	0,20501715	0,14471519	0,16919133	0,1339341	0,14663357	0,01288553	0	0	0	
24	RN%	18,7623131	20,5017151	14,4715185	16,9191335	13,3934099	14,6633569	1,28855294	0	0	0	100
25	AUTRE	3,23431222	6,03980413	1,6320287	0,88494219	1,14649089	1,31549103	0,0756079	0	0	14,3286771	
26		0,23572302	0,42151862	0,11389647	0,06176077	0,08001373	0,09180837	0,00527668	0	0	0	

Figure 5.17 : Matrice de calcul de la part de kilométrage journalier par classe de vitesse

Les kilométrages totaux journaliers des véhicules permettent de calculer la part de kilométrage globale par type de voie et permettent d'évaluer la part de kilométrage de tous les véhicules par type de voie et dans chaque classe de vitesse définie. Ils permettent aussi d'examiner l'influence des différents paramètres tels que l'âge du véhicule, le type de carburant, l'âge et genre des conducteurs.





Tableau 6.1 : Tendence moyenne du kilométrage par type de voie

Types de voiries	Part de kilométrage (%)	Part de kilométrage Algérie [56,76]		Part de kilométrage France [77]
		2005	2010	2006
Autoroute	39	15 %	25 %	16,5 %
Urbain	37	20 %	20 %	36,7 %
Route National	19	65 %	55 %	46,8 %
Chemin de Wilaya	5			

Le Tableau 6.1 montre des part de kilométrages mesurées et celles utilisées dans l'inventaire par l'Algérie en 2005 et 2010 et obtenues par la France sur les trois types de voies en 2006. La part du kilométrage de l'Algérie utilisé dans l'inventaire, s'écarte des résultats obtenus ainsi que des valeurs mesurées en France.

En comparant les données de notre étude avec ceux de la France, on constate un écart important entre les kilométrages effectués sur autoroute et en extra-urbain (RN, CW). Les distances parcourues en zone urbaine sont proches avec 37 % et 36,5 % respectivement pour l'Algérie et la France.

Les valeurs trouvées en Algérie ne peuvent être généralisés à l'ensemble du parc national tant que l'échantillon n'est pas représentatif. Cependant, ces résultats de 14 véhicules suivis pendant environ trois mois peuvent être exploités pour se positionner par rapport à la littérature et notamment par rapport aux valeurs utilisées actuellement dans le calcul d'inventaire des émissions actuellement en Algérie.

L'importance de ces données réside dans le poids qu'à chaque voie dans ces émissions polluantes. Elles peuvent aussi servir aux études d'impact sur l'environnement, d'accidentologie des travaux publics, et de la gestion du trafic routier. A travers ces résultats, on constate que les parts de l'autoroutier et de l'urbain sont dominantes à hauteur de 38 % (39 %-37 %) alors que les parts de la



route nationale et chemin de wilaya reste faible à 24 %. La part élevée de l'urbain s'explique par l'extension des villes, comme Alger et Blida, ainsi que l'usage fréquent du véhicule par les propriétaires en ville devant la faible offre des transports urbains et d'air de stationnement. On a considéré tous les trajets effectués sur des voies différentes de l'autoroutiers, routes nationales et sur chemins de wilaya, comme trajets effectués en milieu urbain. Cette classification correspond à un biais pouvant générer une surestimation de la part de l'urbain. En effet, en cas de trajet effectué entre deux zones urbaines à proximité l'une de l'autre, il est comptabilisé comme urbain même s'il ne l'est pas réellement. Cette part est difficilement identifiable avec l'état du réseau construit actuellement et notamment en absence de carte du réseau routier géoréférencée. En revanche, il sera possible de pallier à cette lacune mais seulement en augmentant l'échantillon de véhicule et la durée d'enregistrement mais aussi en disposant d'une carte du réseau routier à une échelle plus fine de l'ordre du 5000<sup>ème</sup>. La part du kilométrage mesuré sur autoroute de 39 % peut paraître élevée comparée aux valeurs trouvées à l'Inrets pour des véhicules roulant en France.

Il peut paraître excessif de mesurer 39 % de distance parcourue sur autoroute mais cela peut s'expliquer par le fait que certains tronçons catégorisés autoroute alors qu'il n'existe pas de route nationale connue alternative à ceux qui veulent éviter l'autoroute. Dans la région du centre, de nombreux tronçons sont classés comme autoroute alors qu'officiellement sont toujours classés comme route nationale. La route nationale est confondue avec l'autoroute au centre du pays autour de la région d'Alger. Sur la carte réseau utilisé, nous avons volontairement classés ces tronçons comme autoroute en raison de la vitesse pratiquée sur ce type de voie ; cette spécificité du réseau routier du centre affecte les résultats trouvés en comptabilisant certains trajets dans la catégorie des voies autoroutières. Avec le développement du réseau autoroutier à l'est et à l'ouest du pays, où le réseau national se distingue de l'autoroute, il serait possible d'effectuer des enregistrements pour déterminer cette incertitude. Ceci va accroître la part du kilométrage sur route nationale et chemin de wilaya qui semble être sous-estimé.

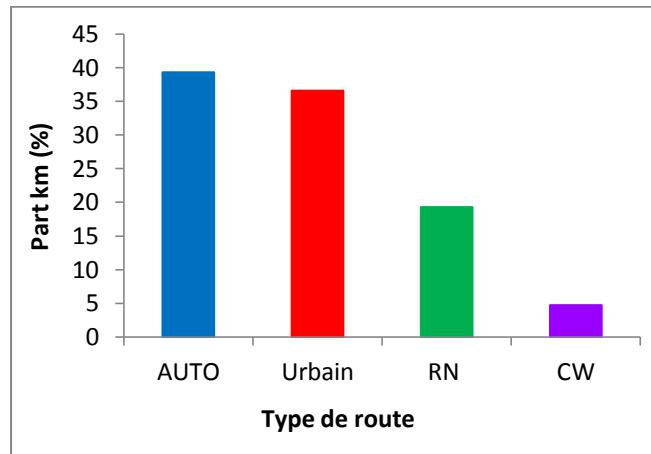


Figure 6.2 : Moyennes des parts du kilométrage par type de voie

### 6.1.2. Part de kilométrage par genre de conducteur

Sur les quatorze conducteurs il y a 7 femmes et 7 hommes. Les résultats montrent une forte similitude entre homme et femme sur les trois types de voies sauf sur autoroute où les femmes effectuent 57% alors que les hommes ont effectué 22 % (Figure 6.3)

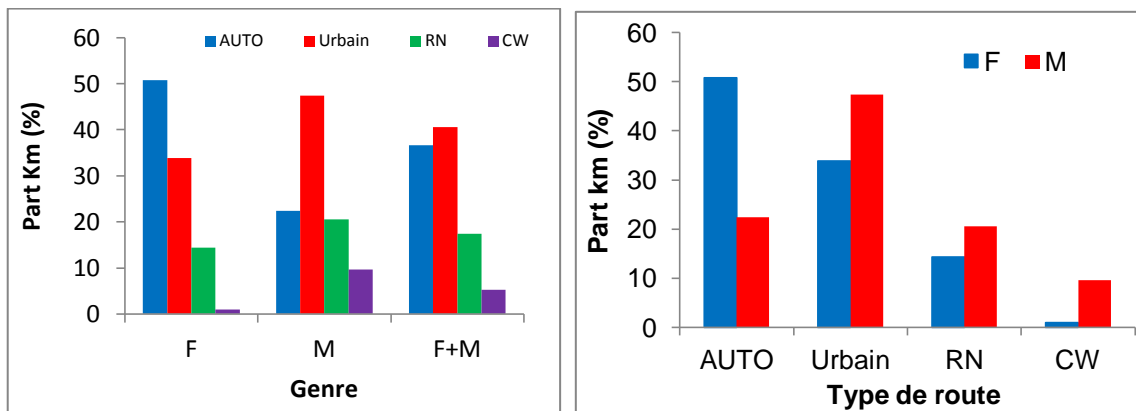


Figure 6.3 : Répartition des parts de kilométrage par genre de conducteur

La Figure 6.3 montre la variation de la part du kilométrage en fonction du genre et des quatre types de voies. L'échantillon montre une importante part effectuée en autoroute près de 51 % pour les femmes contre 22 % pour les hommes. Cependant, la part importante de kilométrage obtenu par les hommes est spécifique à la zone urbaine avec un pourcentage de l'ordre de 47 % et pour les femmes aux alentours des 34 %.

6.1.3. Influence de l'âge du véhicule

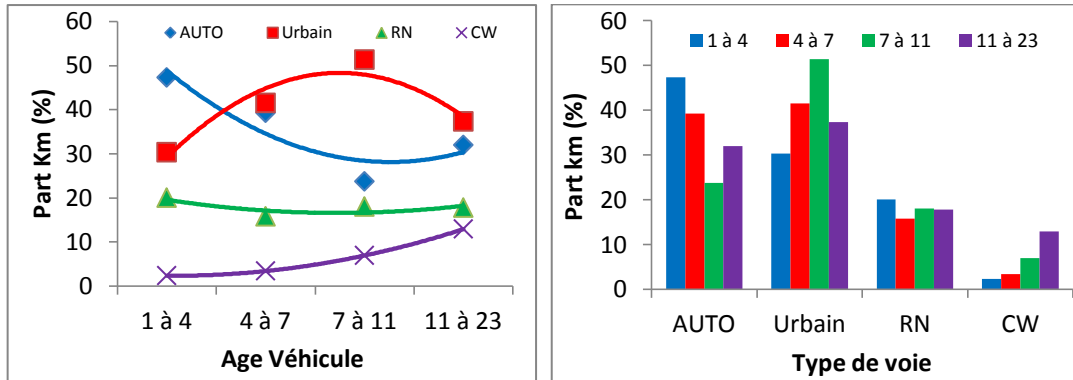


Figure 6.4 : Répartition des parts de kilométrage par âge de véhicule

La Figure 6.4 montre la part du kilométrage en fonction de la classe d'âge des véhicules pour les quatre types de voies. On constate que la classe d'âge de véhicule allant de 1 à 4 ans circule plus en autoroute avec un pourcentage de l'ordre de 47% en comparaison avec les autres classes, particulièrement la classe de 7 à 11 ans qui a le kilométrage le plus important mais en urbain avec un pourcentage de 51,3 %. Pour le chemin de wilaya on remarque une augmentation de la part de kilométrage en fonction de l'âge du véhicule. Contrairement à l'autoroute où la part du kilométrage diminue avec l'âge. Sur RN et en milieu urbain, l'influence de l'âge n'est pas mise en évidence.

6.1.4. Influence de l'âge du conducteur

La Figure 6.5 montre la part de kilométrage en fonction de l'âge des conducteurs pour les quatre types de voies.

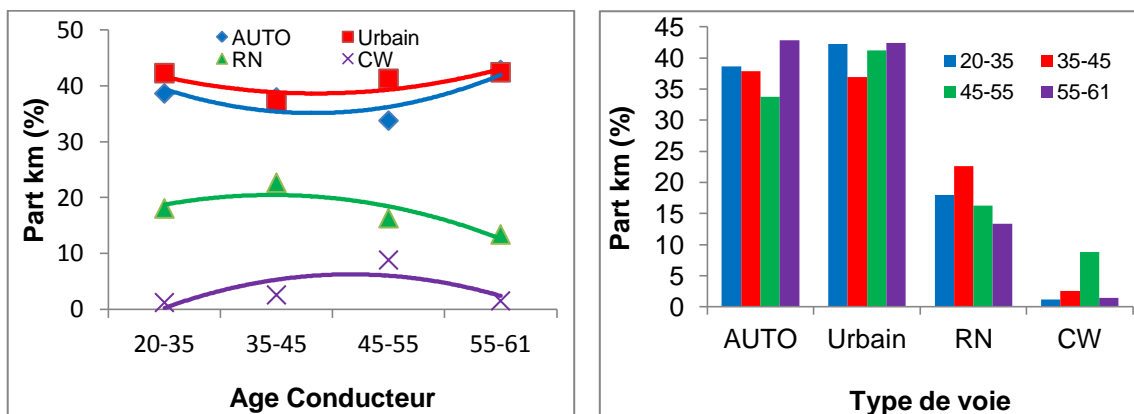


Figure 6.5: Répartition des parts de kilométrage par âge de conducteur

Les tendances observées ne permettent pas de distinguer un effet d'âge conducteur sur la part de kilométrage par type de voie.

#### 6.1.5. Influence du type de carburant

Les quatorze véhicules suivis se répartissent comme suit : 8 essences, 5 diesels et 1véhicule GPL.

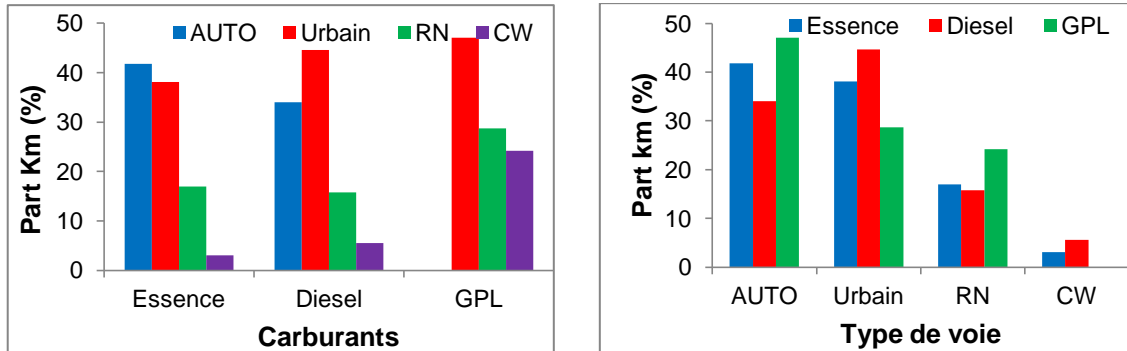


Figure 6.6 : Répartition des parts de kilométrage par type de carburant

Le différentiel de prix entre les trois types de carburants étant important en Algérie, en plus de la consommation des différents types de moteurs, nous avons essayé d'examiner l'influence que pourrait avoir le carburant sur le kilométrage par type de voie.

La Figure 6.6 montre ce kilométrage en fonction des trois carburants et types de voies. L'effet carburant sur le kilométrage apparaît sensiblement où le GPL domine sur les trois types de voies, aussi du diesel et de l'essence. On constate que les écarts de kilométrage entre l'essence et le diesel sont de 5% alors qu'ils sont de 10% entre l'essence et le GPL. Ces écarts varient selon la voie mais la tendance reste similaire quelque soit le type de voie. Les véhicules GPL ont tendance à rouler plus par rapport au diesel et l'essence. Ceci est déjà observé dans d'autres enquêtes antérieures [76].

#### 6.1.6. Part de kilométrage selon la vitesse

Le kilométrage effectué par type de voie est décliné par classe de vitesse en Figure 6.7.

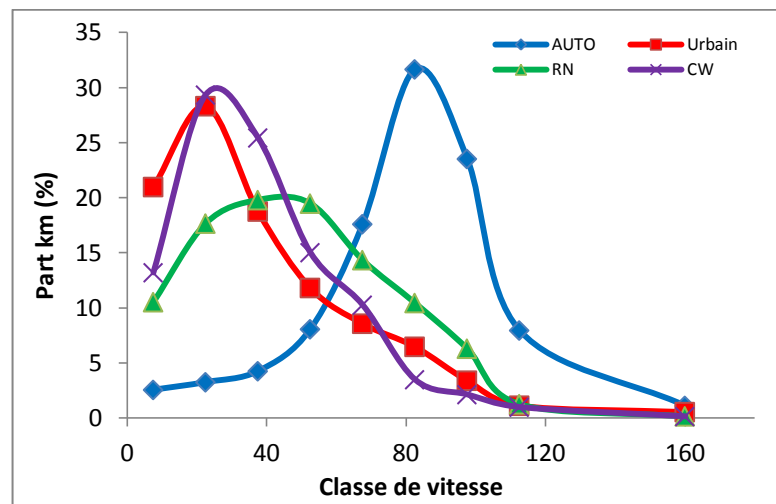


Figure 6.7 : Part du kilométrage en fonction des classes de vitesses

Il apparaît selon ces résultats que les vitesses pratiquées dans chaque voie sont variables avec des parts de kilométrage maximales autour des vitesses correspondantes.

- **Autoroute**

Dans le cas de l'autoroute, la part du kilométrage maximale est de 32 % effectué à une vitesse de 80 km/h. mais 50% du kilométrage effectué sur autoroute avec une vitesse inférieure à 75 km/h et que 90% de ce kilométrage est effectué avec une vitesse inférieure à 100 km/h et seulement 10% du kilométrage est effectué à une vitesse supérieure à 100km/h (Figure 6.8). La distribution du kilométrage parcourue selon la vitesse permet d'améliorer l'estimation des émissions de polluants car 1/3 du kilométrage est effectué à moins de 60 km/h ce qui est loin d'être représentative d'une vitesse pratiquée sur autoroute. La spécificité des tronçons autoroutiers dans la région centre (voie autoroutière confondue avec la route nationale et jouant le rôle de rocade) affecte le trafic sur ces voies.

- **Urbain**

Sur voies urbaines, le maximum du kilométrage effectué atteint 28% à une vitesse moyenne de 22 km/h, 50% du kilométrage est effectué avec une vitesse inférieure à 25 km/h. cependant, 10% du kilométrage est effectué à une vitesse supérieure à 65 km/h.

- **Route nationale**

Le kilométrage effectué sur route nationale se distingue nettement des trois autres types de voies. Le kilométrage atteint 20% à une vitesse inférieure à 40 km/h, et 90% sont effectués à une vitesse inférieure à 80 km/h. Dans ce cas, les vitesses pratiquées sont plus étalées, et varient entre 20 et 90 km/h avec une part de kilométrages correspondants de 10% à 93%.

- **Chemin de wilaya**

Ce type de voies s'apparente énormément aux voies urbaines en termes de profil de vitesse et de kilométrage. Ce constat s'explique par la forte similitude du trafic sur ces voiries. Il est possible de regrouper en une seule catégorie ces deux types de voies pour réduire le nombre de catégories des voies à trois au lieu de quatre.

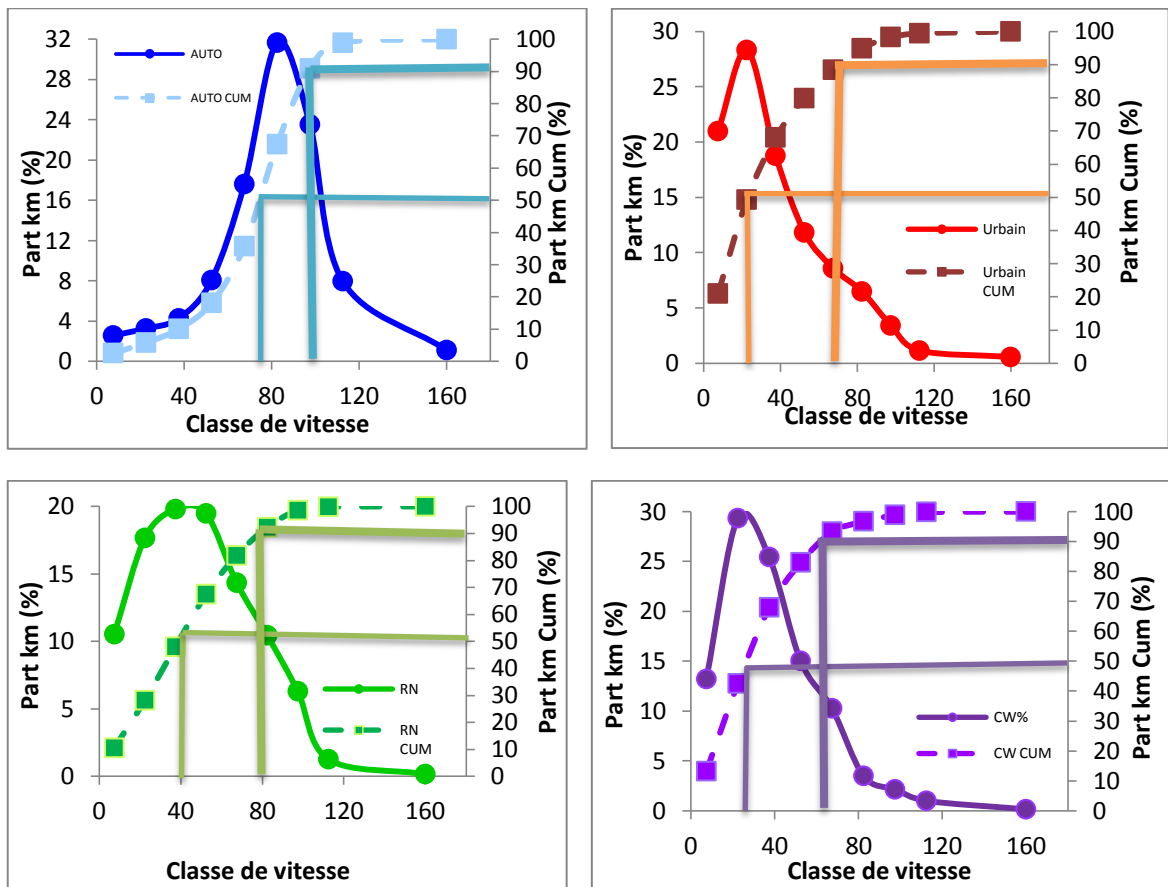


Figure 6.8 : Part de kilométrage en fonction des classes de vitesses par types de voies

#### 6.1.7. Comparaison des classes de vitesses pratiquées

Les résultats trouvés sont comparés aux données de Bacha [78] obtenues par mesure sur les trois types de voies (Figure 6.9), où Bacha a effectué des mesures de vitesse des véhicules sur route.

La comparaison consiste à comparer la distribution des vitesses moyennes sur un tronçon routier des observations des véhicules avec des enregistrements sur une cohorte de véhicules. Ces deux séries de résultats montrent les écarts entre les mesures effectuées. Les classes de vitesses observées par GPS sont inférieures à celles mesurées par Bacha. En effet les mesures sur route par observation effectuées sur un tronçon d'un type de voie, ne représente pas la vitesse pratiquée sur cette voie ces résultats sont plutôt représentatifs des vitesses instantanées. Tandis que les enregistrements par GPS intègrent tous les types de voies urbaines et toutes heures de la journée. En conséquence les vitesses obtenues par Bacha sont surestimées pour être utilisées dans le calcul d'inventaires.

Les résultats obtenus par Bacha montrent que la vitesse moyenne pratiquée sur autoroute est de 112,3 km/h, en milieu urbain de 36,4 km/h et sur route nationale 97,8km/h.

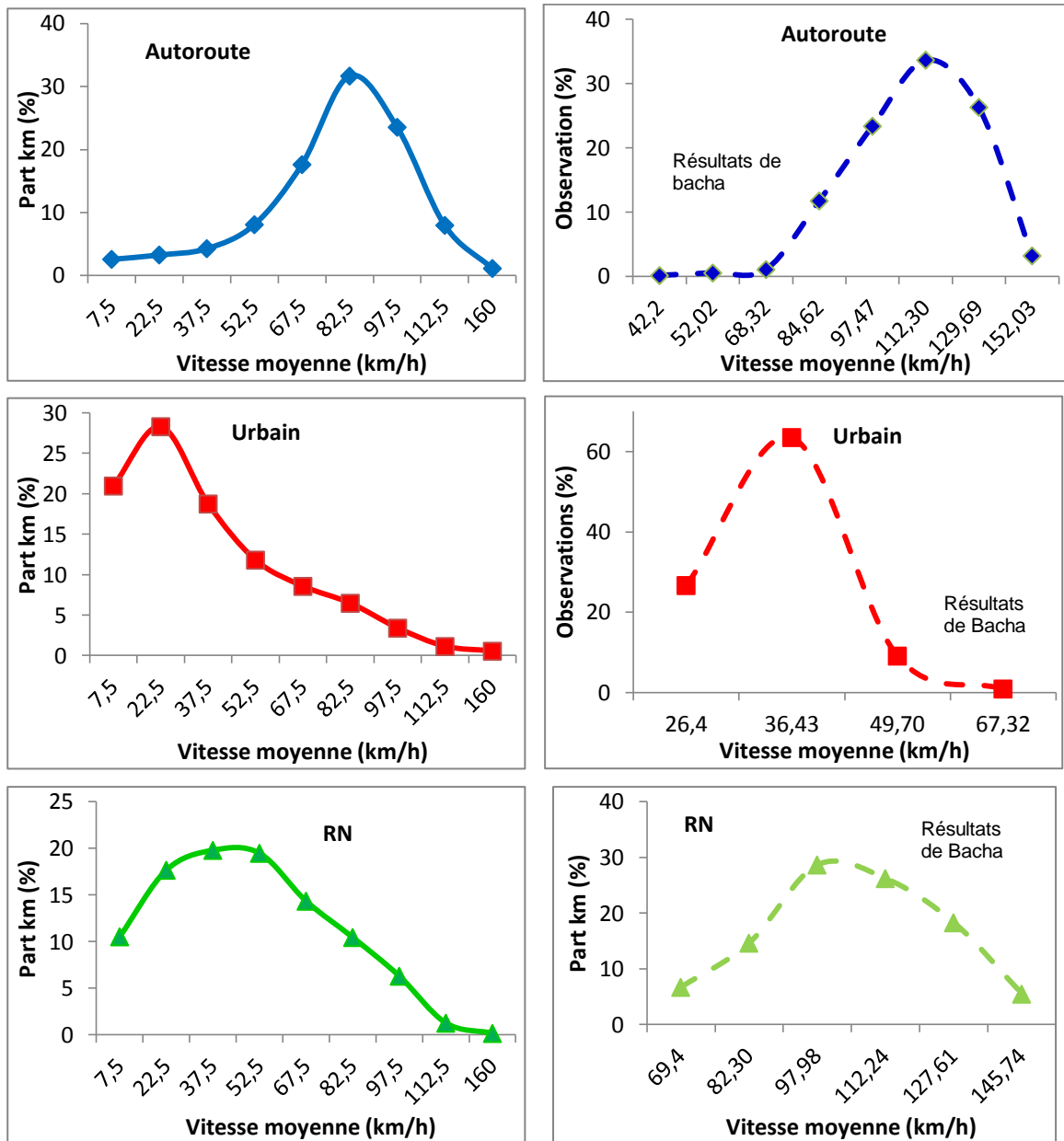


Figure 6.9 : comparaison des données de l'étude et les résultats de Bacha

Ces résultats sont importants pour pouvoir concevoir un inventaire d'émissions. On constate que les véhicules effectuent un kilométrage variable sur chaque type de voie. Il est possible de désagréger le kilométrage par type de voie en sous classes de vitesses pour affiner les calculs d'émissions de polluants. Plusieurs vitesses sont pratiquées sur chaque type de voie on constate en autoroute que 50% du kilométrage est effectué à des vitesses inférieures à 80 km/h. L'équation de calcul des émissions vue dans le chapitre 2 peut être écrite comme suit :



$$E_T = E_U + E_R + E_A \quad (6.1)$$

$E_U$  : émission en milieu urbain

$E_R$  : émission en milieu rurale

$E_A$  : émission en milieu autoroutier

Où  $E_U$ ,  $E_R$  et  $E_A$  deviennent :

$$E_U = km_1^U * fe_1 + km_2^U * fe_2 + km_3^U * fe_3$$

$$E_R = km_1^R * fe_1 + km_2^R * fe_2 + km_3^R * fe_3$$

$$E_A = km_1^A * fe_1 + km_2^A * fe_2 + km_3^A * fe_3$$

## **6.2. Part du kilométrage dans chaque classe de vitesse**

Dans cette partie, on examine la variation du kilométrage en fonction du genre et l'âge des conducteurs ainsi que l'âge des véhicules dans chaque classe de vitesse.

### **6.2.1. Part de kilométrage en fonction du genre de conducteur**

La Figure 6.10 montre la part du kilométrage par genre et par classe de vitesse pour les 4 types de voies.

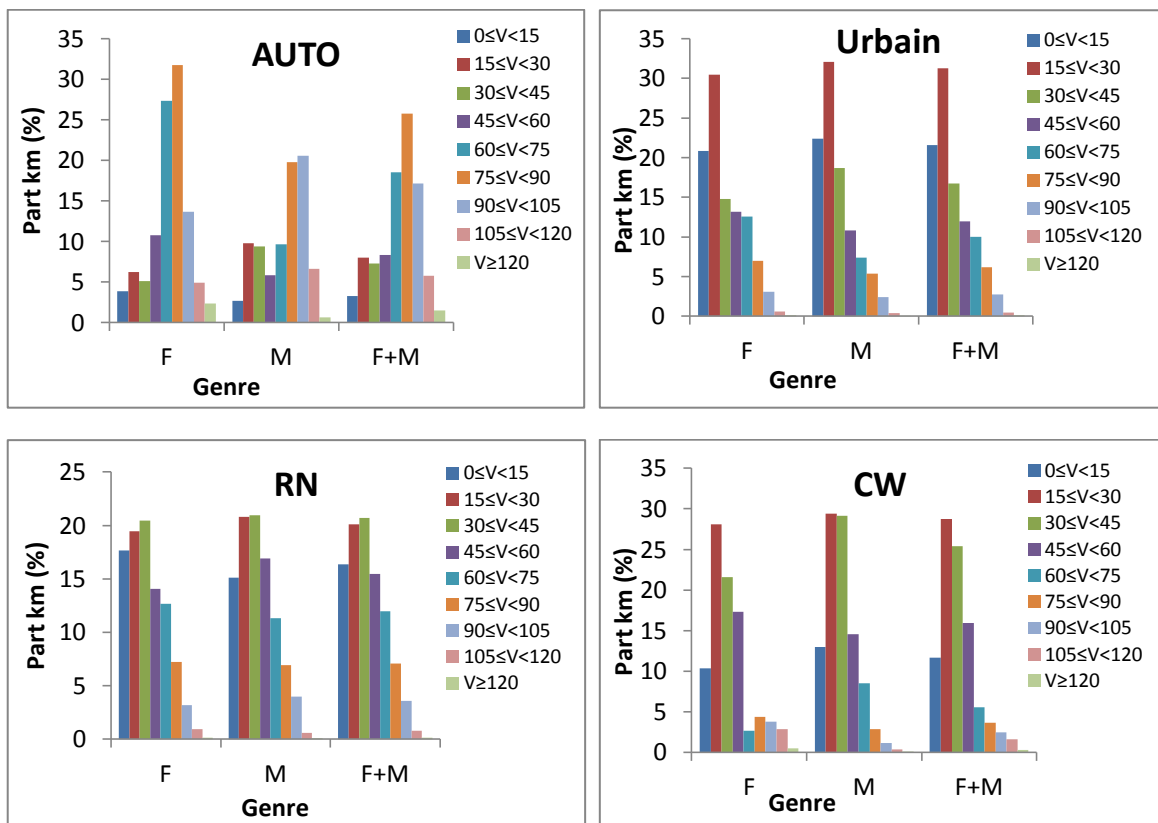


Figure 6.10 : Répartition des parts de kilométrage par genre et par classe de vitesse

Les 4 graphes représentent la part du kilométrage en fonction du genre pour toutes les classes de vitesses et pour chaque type de voie (AUTO, Urbain, RN, CW). Les détails dans chaque classe de vitesse sont donnés en annexe n°3.

- **Sur autoroute :**

Les vitesses qui prédominent se situent dans la gamme 75-90 km/h pour les femmes avec un pourcentage de 31,7 % du kilométrage et une deuxième gamme de vitesse 60-75 km/h avec 27,4 %. Par ailleurs, pour les hommes, les gammes de vitesse importantes observées sont 90-105 km/h avec un pourcentage de l'ordre de 20,6 %, et 75- 90 km/h avec un pourcentage de l'ordre de 19,8 %.

- **En urbain :**

Les vitesses observées pour ce type de voie sont pratiquement les mêmes pour les deux genres de conducteur, la classe de vitesse qui prédomine est 15- 30 km/h avec un pourcentage moyen de l'ordre de 31 % et une deuxième classe de vitesse de 0-15 km/h avec une part de kilométrage moyen moins importante de 21,61%.

- **Sur route nationale :**

Les classe de vitesses prédominantes pour les femmes et pour les hommes sont 15-30 km/h avec un kilométrage moyen de 20 % et de 20,7 % dans la deuxième classe de vitesse est de 30-45 km/h est de 20,7 %.

- **Sur chemin de wilaya :**

Les parts de kilométrage sont pratiquement les mêmes pour les femmes et les hommes. Cependant pour la classe de vitesse prédominante 30-45 km/h, le kilométrage est de 21,6 % pour les femmes et de 29,13 % pour les hommes. La deuxième classe de vitesse prédominante est 15-30 km/h à un kilométrage pratiquement équivalent avec la part du kilométrage moyenne des deux genres est de 28,8 %.

Les résultats obtenus, représentant la part du kilométrage en fonction du genre pour les quatre types de voies et dans chaque classe de vitesse sont données en (annexe 3), il n'y a pas de tendance franche qui se dégage. Aussi, on constate que la conduite des femmes est quasi-similaire à celle des hommes, sauf pour certaines classes de vitesses. Sur autoroute, on constate que les femmes roulent plus avec des classes de vitesses moindres que celles des hommes.

La conduite des femmes est pratiquement similaire à celle des hommes et empruntent les mêmes voies avec les mêmes classes de vitesses à des différences près.

La part de kilométrage effectuée dans la classe de vitesse 105-120 km/h est plus importante pour les hommes que pour les femmes. A l'inverse, dans la classe de vitesse inférieure de 75-90 km/h les femmes effectuent une part de kilométrage plus importante que celle des hommes.

#### 6.2.2. Variation du kilométrage en fonction de l'âge du véhicule

La Figure 6.11, représente les parts du kilométrage en fonction des classes d'âge de véhicule pour chaque classe de vitesse.

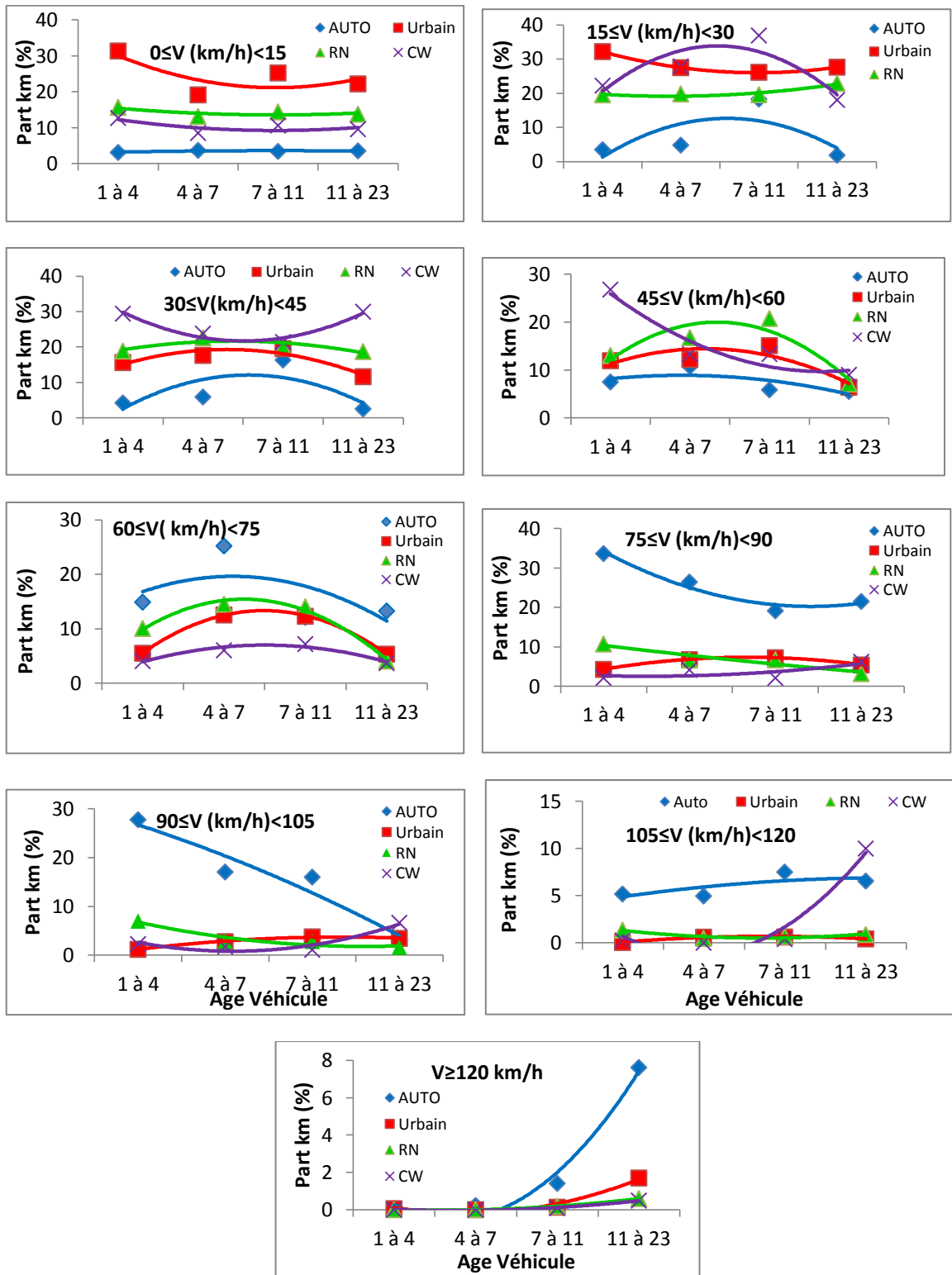


Figure 6.11: Répartition des parts de kilométrage par âge véhicule et classes de vitesses

- **Classe de vitesse 15-30 km/h :**

La tendance est moins visible que dans la première classe. La part la plus importante est obtenue pour la zone urbaine avec un pourcentage de l'ordre de 32 % pour la classe d'âge de véhicule 1 à 4 ans. Le deuxième pic obtenu pour le chemin de wilaya CW à un pourcentage de 36,86 % pour la classe d'âge 7 à 11 ans. La classe de vitesse (15-30) km/h est plus spécifique aux zones urbaines, aux chemins de wilaya et aux routes nationales.

- **Classe de vitesse 30-45 km/h :**

Dans cette gamme de vitesse, la part la plus importante de kilométrage est obtenue aux alentours des 30 % sur chemin de wilaya. Elle est suivie respectivement par celles pour la route nationale (RN), l'urbain. Le kilométrage le plus faible est obtenu sur autoroute.

- **Classe de vitesse 45- 60 km/h :**

Cette classe de vitesse est pratiquée par les quatre types de voies. Le pic obtenu est spécifique à la classe d'âge de véhicule 1 à 4 ans avec 26,85 %.

- **Classe de vitesse 60-75 km/h :**

Cette classe de vitesse est pratiquée par les quatre types de voies et par toutes les classes d'âge de véhicule. Cependant, le pic obtenu est sur autoroute de 25,25 % pour la classe d'âge 4 à 7 ans.

- **Classes de vitesses 75-90 et 90-105 km/h,**

La variation est plus perceptible en comparaison avec les autres classes de vitesses. Dans l'ensemble, la variation sur autoroute montre une décroissance du kilométrage avec l'âge des véhicules. On a obtenu pour la classe de vitesse de 105-120 km/h une part de kilométrage de l'ordre de 10 % pour la classe d'âge de véhicule de 11-23 ans sur le chemin de wilaya. On peut constater que c'est un point marginal vu l'allure de la courbe dans ce type de voie. Ainsi, il y a une forte influence de l'âge des véhicules sur la part de kilométrage effectué dans les classes de vitesses élevées sur autoroute.

### 6.2.3. Part de kilométrage en fonction de l'âge du conducteur

La figure 6.12 montre la part de kilométrage en fonction de l'âge des conducteurs pour les quatre types de voies pour chaque classe de vitesse.

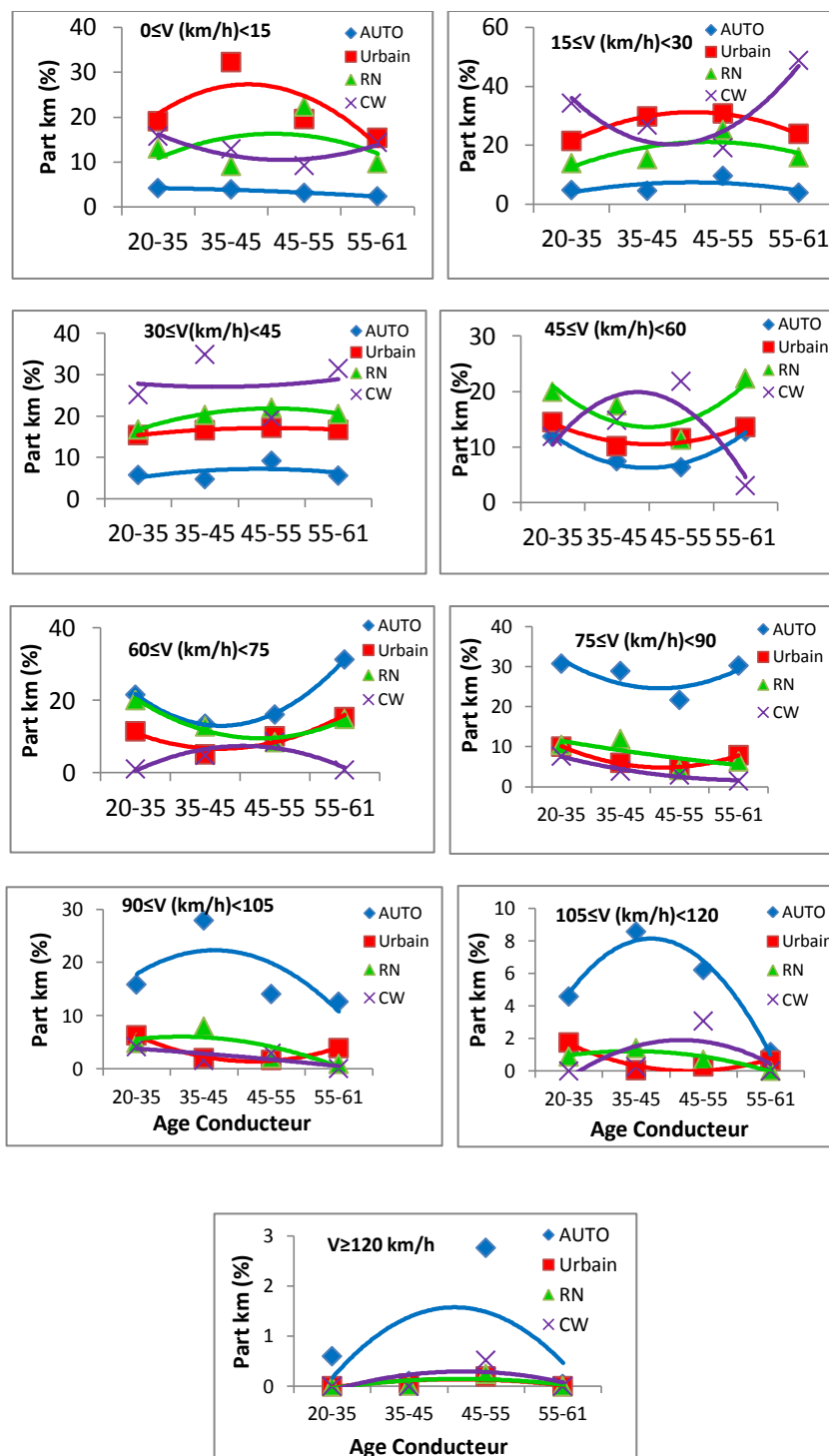


Figure 6.12 : Répartition des parts de kilométrage par âge du conducteur et classes de vitesses

Les résultats obtenus montrent une faible influence de l'âge des conducteurs sur le kilométrage par type de voies de chaque classe de vitesse.

### **6.3. Conclusion**

Ce chapitre nous a permis de voir l'évolution de la part du kilométrage en fonction des différentes caractéristiques des véhicules et des conducteurs. On a pu constater que notre échantillon de véhicule a circulé plus en autoroute et en zone urbaine. De même, il a été observé que les véhicules ne circulent pas avec une seule vitesse sur un tronçon routier. D'autre part, on a remarqué que la conduite des femmes est pratiquement similaire à celles des hommes. L'âge de véhicule influe nettement plus que l'âge des conducteurs sur le kilométrage effectué par type de voie. Le type de carburant est aussi influent sur le kilométrage effectué par type de voie. Le GPL est le plus utilisé en Urbain, en RN et en CW comparé aux deux autres types de carburants.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail a permis d'identifier les types de voies empruntées par les véhicules en circulation réelle dans la région Centre. L'influence des différentes caractéristiques des véhicules, des carburants, et des conducteurs sur la part du kilométrage, ainsi que l'influence de la vitesse sont examinées.

La première partie, traitant la part du kilométrage en fonction des quatre types de voies, nous a permis de montrer que la part de kilométrage la plus importante est obtenue sur autoroute avec 39 %. En zone urbaine, cette part est de 37 %. Quant à la part de kilométrage réalisé sur la route nationale et en chemin de wilaya, elle est respectivement de 19 et de 5 %. A cet effet, nous classons le taux de d'utilisation des différents types de voies comme suit :

39 % (Autoroute) > 37 % (Urbain) > 19 % (Route Nationale) > 5 % (Chemin de Wilaya)

Ainsi, la part importante du kilométrage de l'autoroute par rapport aux autres voies peut s'expliquer par le fait que la route nationale est confondue avec l'autoroute entre Alger et Blida. Mais il est à noter que l'extension du réseau autoroutier explique aussi cette tendance.

La comparaison entre les hommes et les femmes montre que les femmes circulent plus sur autoroute qu'en urbain avec 51 % et 34 % respectivement contre 22 % et 47 % respectivement pour les hommes.

Par ailleurs, l'influence de l'âge des véhicules sur la part de kilométrage n'a pas été mise en évidence en urbain et sur la route nationale. Cependant, l'âge des véhicules a une influence sur le kilométrage effectué sur l'autoroute : (i) avec 47 % pour les véhicules de classe d'âge entre 1 et 4 ans. (ii) Le kilométrage sur chemin de wilaya augmente en fonction de l'âge des véhicules.

Le type de carburant a aussi une influence sur la part de kilométrage. Il apparaît clairement que se sont les véhicules GPL qui circulent plus par rapport aux autres véhicules utilisant les autres types de carburants.

La deuxième partie traite de la variation du kilométrage en fonction de la vitesse. Dans l'ensemble des voies, le kilométrage maximal sur l'autoroute est effectué à une vitesse de 80 km/h et à moins de 40 km/h pour les autres types de voies.



Cependant, la distribution du kilométrage de chaque voie selon les vitesses pratiquées montre que :

- 90 % du kilométrage est effectué à moins de 100 km/h sur l'autoroute,
- sur la voie urbaine et le chemin de wilaya, 50% du kilométrage est effectué avec une vitesse inférieure à 25 km/h
- sur la route nationale, les vitesses varient entre 20 et 90 km/h avec les parts de kilométrages correspondantes de 10 % et 93 % respectivement.

D'autre part, l'analyse de la variation du kilométrage, en fonction du genre des conducteurs, a montré que la conduite des femmes et des hommes est quasi-similaire et empruntent les mêmes voies avec les mêmes classes de vitesses à des différences près. La part de kilométrage effectuée dans la classe de vitesse 105-120 km/h est plus importante pour les hommes que pour les femmes. A l'inverse, dans la classe de vitesse inférieure de 75-90 km/h les femmes effectuent une part de kilométrage plus importante que celle des hommes.

Ces résultats ont une importance dans les études d'inventaires. Les mesures effectuées permettent d'améliorer le calcul d'inventaire en réduisant l'incertitude par la désagrégation des distances parcourues par type de voie et classe de vitesse.

Les données récoltées dans cette étude peuvent être utilisées dans d'autres domaines en dépit des études de pollution et des impacts sur l'environnement, tels que la gestion du trafic, l'aménagement du territoire ainsi que les études d'accidentologie et d'épidémiologie des accidents de la route. Il est à noter que la vitesse est le paramètre fondamental dans toutes ces études.

Il est important de préciser que les résultats obtenus dans ce travail ne peuvent être généralisés à l'ensemble du parc national, en raison de la représentativité de l'échantillon. La classification des types de voies dans cette étude peut surestimer la part de l'urbain et l'autoroutier au détriment de la route nationale et le chemin de wilaya. L'influence de la puissance des véhicules n'a pas été exploitée dans cette étude en raison du petit nombre de véhicules. L'influence du carburant GPL sur autoroute comparé aux deux autres carburants n'a pu être mise en évidence, en raison de non circulation du véhicule GPL sur l'autoroute de l'échantillon.

Cette première étude de ce genre ne représente qu'une contribution à l'analyse des différents modes de trafic routier, et mérite d'être approfondie, en (i)

augmentant le nombre d'échantillons de véhicules pour inclure différents carburants, et puissance, (ii) d'allonger la période d'enregistrement pour chaque véhicule, afin de pouvoir dresser une cartographie de géolocalisation plus riche pour une meilleure représentativité, (iii) diminuer le nombre de classes des types de voie et en augmentant la zone d'étude pour couvrir l'autoroute Est, Ouest.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Boughedaoui, M., Kerbachi, R. and Joumard, R., « Mesure embarquée des émissions de véhicules utilitaires légers en forte charge en circulation réelle en Algérie », Rapport INRETS, Projet de coopération algéro-français, CMEP n°05 MDU 654, (Septembre, 2006).
2. Boughedaoui, M., Chikhi, S., Driassa, N., Kerbachi, R., Vidon, R. and Joumard, R., « Mesure des émissions de VUL avec un système embarqué à Blida », Gherdaïa, Algeria (February, 2009), 16-18.
3. Joumard, R., Lambert, J., « Evolution des émissions de polluants par les transports en France de 1970 à 2010 », Rapport Inrets n°0143, (Juillet 1991), 66 p.
4. Deletraz, G., « Géographie des risques environnementaux liés aux transports routiers en montagne incidences des émissions d'oxydes d'azote en vallées d'Aspe et de Biriadou (Pyrénées) », thèse de doctorat, Pau : Université de Pau et des pays de l'ADOUR, (Décembre 2002).
5. Caplain, I., « Mesure des émissions polluantes automobile- Application à la modélisation eulérienne 3D de la formation des oxydants photochimiques dans la troposphère », thèse de doctorat, Université de LILLE, (Mai 2005).
6. Vinot, S., Coussy, P., « Les émissions de gaz à effet de serre des transports », Panorama, IFP (Innovation Energie Environnement), (2009).
7. Deletraz, G., Paul, E., « Etat de l'art pour l'étude des impacts des transports routiers à proximité des routes et autoroutes », (Set-Lama), ADEME, Université de Pau et des pays de l'Adout (Mars 1998).
8. AtmoPACA (Qualité de l'air), « Les émissions dues aux transport routiers », Notes de synthèse réalisée dans le cadre d'un projet soutenu par la Région PACA et la CPA, Nice, (Avril, 2007).
9. Brenn, L., « Avenir du secteur de l'automobile dans un contexte de développement durable solution durable au moteur à essence », M. Env, Centre universitaire de formation en environnement, université de Sherbrooke, Québec, CANADA, (Février 2010).

10. SETRA-CSTR, « Route et Pollution de l'air », note d'information n°33, Economie Environnement Conception, Pau, (Juin 1992).
11. Milhau, A., « Les pollutions de l'automobile et leurs risques immédiats ou lointains », ADEME, Paris, (1992).
12. CIVP (comité International pour les Véhicules Propres), « Etat des filières de véhicules propres et impact des politiques publiques d'accompagnement », (Juin 2003).
13. Joumard, R., « Des enjeux de la pollution atmosphérique à la problématique environnement-mobilité », INRETS, Lyon, (janvier 2003).
14. Kageson, P., « Les perspectives du transport interurbain de personnes (Rapprocher les citoyens) », document de référence n°2009-28, Suède, (Novembre 2009).
15. Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de l'aménagement du territoire, « Bilan de la qualité de l'air en France en 2007 et des principales tendances observées au cours de la période 2000-2007 », Paris, (Avril 2008), 2-64.
16. Jaffré, Y.N., « Optimisation de réacteurs à plasmas non-thermiques pour le traitement des oxydes d'azote », thèse de doctorat, Ecole doctorale de Lyon (Octobre 2010) ;
17. Stéphan, J.P., « Les transports routiers et le réchauffement climatique (effet de serre) », Info Tech N°17, ISTA, Ploufragan, (septembre 2005), 1-20.
18. Sawerysyn, J.P., « Carburants d'aujourd'hui, carburants de demain : Impact sur la pollution atmosphérique », Rapport carburants UMR-CNRS, Lille, (1999).
19. Pallares, C., « Estimation de la pollution en proximité du trafic routier dans l'unité urbaine de Colmar », ASPA, [www.atmo-alsace.net](http://www.atmo-alsace.net), (Août 2002).
20. Regniers, O., « Les particules diesel ultrafines : techniques de mesure à l'émission et à l'immission », Mémoire de fin d'étude, Université Libre de Bruxelles, (2006).
21. Buchard, V., Helfer, P., Mattle, C., « Etude de la Pollution Atmosphérique Transfrontalière », Lausanne, (Novembre 2000).

22. UFIP (Union Française Des Industries Pétrolières), « Les carburants sans soufre », Fiche d'information, [www.petrole.fr](http://www.petrole.fr), Paris, (Janvier 2005).
23. PCFV « Vers des véhicules plus propres dans les pays en développement en transition : le rôle des carburants à faible teneur en soufre », Rapport du groupe de travail sur le soufre, [www.unep.org/PCFV](http://www.unep.org/PCFV), Nairobi, Kenya, (Février 2007).
24. Montagne, X., « Quels carburants pour demain », Ifp, Paris, [www.ifpenergiesnouvelles.fr](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr), (Janvier 2010).
25. Barbusse, S., Plassat, G., « Les particules de combustion automobile et leurs dispositifs d'élimination », ADEME, Rapport 2<sup>ème</sup> édition, Paris, (2005).
26. Servant, L., Sebek, A., «La pollution atmosphérique et les transports Franciliens », IAURIF (octobre 2004).
27. Kerbachi, R., Oucher, N., Bitouche, A., Berkouki, N., Demri, B., Boughedaoui, M., Joumard, R., « Pollution par les particules fines dans l'agglomération d'Alger », Colloque international environnement et transport, Ghardaïa, Algérie, (Février 2009), 31-40.
28. Boughedaoui, M., Kerbachi, R., Kessali, D., Joumard, R., «Mesure de la pollution plombière dans l'air ambiant d'Alger », Pollution Atmosphérique, n°121, (2004), 105-111.
29. Chiron, M., « La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique », Société Française de Santé Publique, (Mai 1996).
30. AirParif, « L'inventaire des émissions : d'où vient la pollution ? », Surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France N°27, [www.airparif.asso.fr](http://www.airparif.asso.fr), Paris, (Octobre 2005).
31. Toniello, A., « Pollution émise par la fabrication et la destruction des véhicules et des infrastructures de transport routier », Rapport de synthèse de l'INRETS n° LTE 0111, (Septembre 2001).
32. Pandian, S., Gokhale, S., Ghoshal, A., K., «Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emission near traffic intersection», Transport research, (2009), 180-196.
33. Bennouna, A., El Hadj, K., « Analyse de l'expérience pilote de SONELGAZ sur l'utilisation du gaz naturel comprimé comme carburant », Mémoire de fin

- d'étude, Département de Chimie Industrielle, Université Saad Dahlab de Blida (2003).
34. Ahn, K., « Modeling light duty vehicle emissions based on instantaneous speed and acceleration levels », Faculty of the Virginia polytechnic institute and state university, Ph.D. Thesis, Blacksburg, Virginia, (May, 2002).
  35. Joumard, R., Vidon, R., Tassel, P., « Emission unitaire de polluants des véhicules utilitaires légers », Rapport INRETS- LTE n°01010, (Avril 2001)
  36. Certu, CETE de Lyon, « Le calcul des émissions des pollutions routières et la consommation énergétique », Fiche n°4, (Juin 2009).
  37. JORADP (Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire), Décret exécutif n° 03-410 du 5 novembre 2003 fixant les seuils limites des émissions des fumées, des gaz toxiques et des bruits par les véhicules automobiles, (2003), n°68, p.15.
  38. Sergerie, D., « La vitesse au volant : son impact sur la santé et des mesures pour y remédier », Synthèse des connaissances, Institut national de santé publique, Québec, (Novembre 2005).
  39. Hugrel, C., Joumard, R., « Directives et facteurs agrégés d'émissions des véhicules routiers en France de 1970-2025 », Rapport INRETS- LTE n°0611, (JUIN 2006).
  40. Joumard, R., André, J.M., Zallinger, M., Kljun, N., André, M., et all., « Emission factor modeling and data database for light vehicles », (ARTEMIS deliverable), Report LTE n° 0523, (June 200)
  41. Joumard, R., André, M., Vidon, R., Tassel, P., Pruvost, C., « Influence du cycle de conduite sur les émissions unitaires de polluants des voitures particulières », INRETS, Rapport LTE n°0101, (Décembre 1999).
  42. Setra, CETE de Lyon, CETE Normandie-Centre, « Emissions routières de polluants atmosphériques », Economie Environnement Conception 92, Note d'information, [www.setra.developpement-durable.gouv.fr](http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr), (Novembre 2009).
  43. Weileman, M., Favez, J.Y., Alvarez, R., « Cold-start emission of modern passenger cars at different low ambient temperatures and their evolution over vehicle legislation categories », Atmospheric Environment, V° 43, (2009), 2419-2429.

44. PORTAL, « Environnement, Energie et Transport », Supports pédagogiques pour le secteur des transports, rapport, 57p, (2003), ([www.eu-portal.net](http://www.eu-portal.net))
45. Joumard, R., André, M., Coeffy, R., Davison, P., Favrel, V., « Methods of estimation of atmospheric emissions from transport : European scientist network and scientific state-of-the-art », INRETS, action Cost 319 final report, LTE 9901, (march 1999)
46. Hulin, J., « Inventaire spatialisé des émissions de la CAN Etat initial », PDUDE NIORT, Atmo Poitou Charentes, (Juillet 2004).
47. Lacour, S., « Intercomparaison d'outils et de méthodes d'inventaires d'émissions d'origine routière », Rapport ENPC-CEREA-2003-014, Paris, (mars 2003).
48. Lig'Air, « Inventaire des émissions polluantes et des gaz à effet de serre - Région centre année de référence 2008 », Rapport version n°1, [www.ligair.fr](http://www.ligair.fr), (Juin 2011)
49. Werner, S., « Optimisation des cadastres d'émissions : estimation des incertitudes, détermination des facteurs d'émissions du « black-carbon » issus du trafic routier et estimation de l'influence de l'incertitude des cadastres d'émission sur la modélisation », thèse de doctorat, Université de Strasbourg, (Juin 2009).
50. Larose, S., « Outils d'inventaire d'émissions liées au transport routier », Rapport d'étude, ADEME, Certu, (2002).
51. AirParif, « Bilan des émissions de polluants atmosphériques et de gaz effet de serre en Île-de-France (données de référence de l'année 2005) », Paris, (Avril 2010).
52. Plan National Climat de la Belgique, « Inventaire des mesures et état des lieux au 31/12/2008 », Commission National Climat, [www.climat.be/IMG/pdf/PNC\\_2009-2006-2.pdf](http://www.climat.be/IMG/pdf/PNC_2009-2006-2.pdf), (2009-2012).
53. Laitat, E., « La science forestière en soutien des négociations internationales sur les changements climatiques et ses implications locales », Bitech. Agron. Sco. Environ, V°8, (2004), 125-132 ;
54. Grzanic, D., Mihaljevic, G., Omeragic, A., Vinkovic, M., Lulic, Z., « Copert III : the effect of estimated parameters on the total emission of road

- transport in the Republic of creation », Rapport d'étude, University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture Chair of Engines and Vehicles, (December 2004).
55. Kouridis, C., Ntziachristos, L., Samaras, Z., « Copert 3 : Computer programme to calculate emissions from road transport », user manuel (version 2.1), technical report N° 50, (November 2000).
  56. Driassa, N., « Développement de l'inventaire des émissions de polluants issues du trafic routier en Algérie », Mémoire Magister, Université de Blida, Département de Mécanique, (Juin 2008).
  57. André, M., Joumard, R., Vidon, R., Tassel, P., Perret, P., « Real-world European driving cycles, for measuring pollutant emissions from high- and low-powered cars », Atmospheric Environment V°40, (2006), 5944-5953.
  58. André, M., Olivier, D., Pruvoste, C., « Impact de l'amélioration de la régulation du trafic sur la consommation d'énergie et les émissions de polluants des véhicules légers », Science of the total Environment, V°169, I 1-3, (1995), 273-282 ;
  59. Alix, G., « Comparaison de concept de moteur diesel en vue de leur hybridation (Bilan des émissions de CO<sub>2</sub> suivant l'usage en véhicule », thèse de doctorat, Ecole doctorale MEGA, Lyon, (Février 2008).
  60. Degobert, P., « Pollution atmosphérique : Réglementations des véhicules automobiles », traité génie des procédés, Paris, vol°5, B 2712, (1994).
  61. Dogan, I., « Design of a GPS data logger device with street-level map interface », Advances in Engineering Software, vol (41), (2010), 859-864.
  62. Nahimana, D.F., « Impact des multitrajets sur les performances des systèmes de navigation par satellite : Contribution à l'amélioration de la précision de localisation par modélisation bayésienne », thèse de doctorat, Ecole doctorale SPI072, Lille, (Février 2009).
  63. Montsis, G., Basbas, S., Papaioannou, P., Taxiltaris, C., Tziavos, I.N., « Application of GPS technology in the load transportation system », European Journal of Operational Research, V°152, (2004), 399- 409;
  64. Gning, E.A., « Localisation garantie d'automobiles. Contribution aux techniques de satisfaction de contraintes sur les intervalles », thèse de doctorat, Université de technologie de Compiègne, (Juin 2007).



65. Sammuneh, M.A., « Contribution au positionnement en temps réel par GPS prédiction de la correction ionosphérique », thèse de doctorat, Ecole doctorale Astronomie et Astrophysique d'Île de France, (Décembre 2003).
66. Lechner, W., Bauman, S., « Global navigation satellite systems », Computers and Electronics in Agriculture, V° 25, (2000), 67- 85.
67. Moraru, M.V., Hieu, Q., « Localisation géographique des robots mobiles méthodes et outils correspondants », Institut de la francophonie pour l'informatique, (Juillet 2007).
68. Maan, E.B.E.N, « Localisation dynamique d'un véhicule sur une carte routière numérique pour l'assistance à la conduite », thèse de doctorat, Université de technologie Compiègne, (Décembre 2003).
69. Alshawa, N., « Contribution à la cartographie mobile : développement et caractérisation d'un système base sur un scanner Laser terrestre », thèse de doctorat, Université de Strasbourg, (Janvier 2010).
70. Paolillo, A., « Global Positioning System », Rapport d'étude, Université libre de Bruxelles, (2009).
71. Pellegrino, O., Pires, C., Filipe, E., « Evaluation des composantes d'incertitude de la mesure de la vitesse par récepteur GPS mobile », conférence, XIX IMEKO World Congress, September 6-11, Lisbon, Portugal, (2009).
72. Coleho, M., Tiago,L.F., Nagui, M.R., « A methodology for modeling and measuring traffic and emission performance of speed control traffic signals », Atmospheric Environment, V° 39, (2005), 2367-2376.
73. Lesage, P., Bermardin, F., Golay, F., Dutilleux, G., Gourdon, E., « Mesures acoustique de la cinématique des véhicules routiers », Congrès Français d'Acoustique, Lyon, (Avril 2010).
74. Gurriero, F., « Fiche d'aide à l'utilisation de MapInfo Professional version 6 à 8 », (2009),  
[http://sigea.educagri.fr/fileadmin/user\\_upload/doc\\_prof/guerreiro/MapInfo/Fiches\\_MapInfo\\_V0901.pdf](http://sigea.educagri.fr/fileadmin/user_upload/doc_prof/guerreiro/MapInfo/Fiches_MapInfo_V0901.pdf)
75. Thierno, AW., « Cartographie élémentaire avec MapInfo Professional », support de formation, Université Paris Est, (2008),  
[http://www.lvmt.fr/IMG/pdf/Initiation\\_a\\_MAPINFO.pdf](http://www.lvmt.fr/IMG/pdf/Initiation_a_MAPINFO.pdf)

76. Boughedaoui, M., Kerbachi, R., Joumard, R., « On-board emission measurement of high-loaded light-duty vehicles in Algeria », Journal of the Air & Waste Management Association, 58, 1, (2008).
77. André, M., « Pollution de l'air due aux transports - Statistiques de parc des véhicules et d'activité de transport pour la France », INRETS, Rapport LTE N° 9930, (Novembre, 1999)
78. Bacha, I., « Contribution à l'étude du kilométrage du parc automobile algérien », Mémoire d'ingénieur, USTB, (2001).

### **Webographie**

- [1e] [www.royaltek.com](http://www.royaltek.com)
- [2e] [www.Locr.com](http://www.Locr.com)
- [3e] [www.clubic.com/telecharger-fiche36563-google-maps-image-downloader.html](http://www.clubic.com/telecharger-fiche36563-google-maps-image-downloader.html)
- [4e] <http://www.infosig.net/mapinfo-professional/la-gamme-mapinfo/mapinfo-proest>

**ANNEXE 1****Tableau 1** : Emission des véhicules lourds sur autoroutes, selon la charge in ADEME- CARRIE [7]

Véhicule	Charge	Vitesse km/h	Con so. 1/100 km	CO2 g / km	CO g / km	HC g / km	NOx g / km	Particules g / km
Fourgon 3,5 T	Vide	123,7	16,4	378	1,7	1,6	1,9	2,0
	Pleine charge	117,7	17,0	391		1,8		2,3
Camion 19 T	Vide	88,4	25,7	668	2,8	0,7	12,0	0,4
	Pleine charge	84,7	29,5	755	3,8		13,4	0,5
Tracteur 40 T	Vide	88,0	27,0	623	1,7	0,1	7,4	0,9
	Pleine charge	75,6	42,1	940	3,0		10,1	1,3

## **ANNEXE 2**

### **1. Utilisation du récepteur GPS RBT-2300**

Il faut passer par les étapes ci-dessous avant de procéder à l'utilisation du récepteur GPS RBT-2300 Bluetooth, On Connecte le récepteur GPS à l'ordinateur avec Bluetooth (on doit se munir d'une clé Bluetooth, si l'ordinateur n'a pas un Bluetooth intégré).

- On installe deux logiciels du GPS RBT-2300 sur l'ordinateur (Royal Tek Data Logger Downloader et Locr GPS photo).
- On Configure le récepteur GPS, à l'aide du logiciel Royal Tek Data Logger dans le but de:
  - ✚ Fixer les données d'enregistrement pour que le récepteur GPS lors de sa surcharge il s'éteint, et n'efface pas les données enregistrées en amont ;
  - ✚ Enregistrer les données sous type (UTC Time, Longitude, Latitude, Altitude, Velocity) ;
  - ✚ Choisir l'intervalle de temps d'enregistrement (Pour notre cas on a opté pour 1 seconde).
- Pour l'utilisation du récepteur GPS, on doit :
  - ✚ Charger le récepteur GPS, avec son chargeur secteur (ou chargeur allume-cigare du véhicule), avant chaque utilisation ;
  - ✚ Mettre le récepteur GPS dans la boîte à gants du véhicule ;
  - ✚ Allumer le récepteur GPS au moment du démarrage du véhicule ;
  - ✚ Eteindre le récepteur GPS à la fin de chaque parcours.

- Pour la collecte des données, on connecte le récepteur GPS à l'ordinateur puis on se dirige vers le logiciel Royal Tek Data Logger et on procède aux étapes suivantes :
  - ✚ Choisir le numéro du port du récepteur GPS et on clique sur connecte ;
  - ✚ On laisse charger toutes les données enregistrées ;
  - ✚ Après que les données soient enregistrées, on va vers Data Downloader, où les données sont dans la colonne Log Data, on les sélectionne et on les bascule vers la colonne NMEA Data ;
  - ✚ On clique sur « Device Config », pour enregistrer les données NMEA dans un dossier sur l'ordinateur ;
  - ✚ Puis, on se dirige vers « Device Status », on clique sur « Memory erase » pour effacer les données enregistrées.

## **2. Conditions opératoires**

Après avoir récolté les données avec le récepteur GPS de chaque véhicule, on procède aux étapes suivantes :

- On convertit les fichiers NMEA en fichier Excel comme suit :
  - ✚ On ouvre une feuille Excel ;
  - ✚ On clique sur « Fichier », puis sur « ouvrir dossier » ;
  - ✚ On cherche le dossier où on a enregistré les fichiers NMEA de chaque conducteur ;
  - ✚ Après avoir trouvé le dossier voulu, on clique sur « tous les fichiers » pour voir apparaître les fichiers NMEA ;
  - ✚ On clique sur un des fichiers, et une fenêtre s'ouvre nommée « Assistant importation de texte », on clique « suivant » puis on choisit le séparateur (virgule), et enfin on clique sur « terminer ».
- Après avoir transféré le fichier NMEA en fichier Excel, on sélectionne toute la feuille et on clique sur l'icône « trier » pour classer en colonne A ;

- Toute on sélectionnant la feuille, on clique sur « remplacer » afin de remplacer les point en virgule ;
- On convertit le temps en heure, minutes, secondes ;
- On convertit les vitesses qui sont en nœuds en km/h ;
- On convertit la date en jour, mois, année ;
- Dans le but d'exploiter les données, on enlève toute information non intéressante pour notre travail et on garde (le temps, la date, la vitesse, la latitude, la longitude, et l'altitude), et on enregistre sous un nouveau dossier ;
- Pour la cartographie, on reconvertit les virgules de la nouvelle feuille d'Excel en points ;
- On copie sur cette nouvelle feuille les caractéristiques du véhicule et du conducteur ;
- Les mêmes étapes se répètent pour chaque fichier NMEA de chaque conducteur.

### **3. Délimitation de la carte de la zone routière**

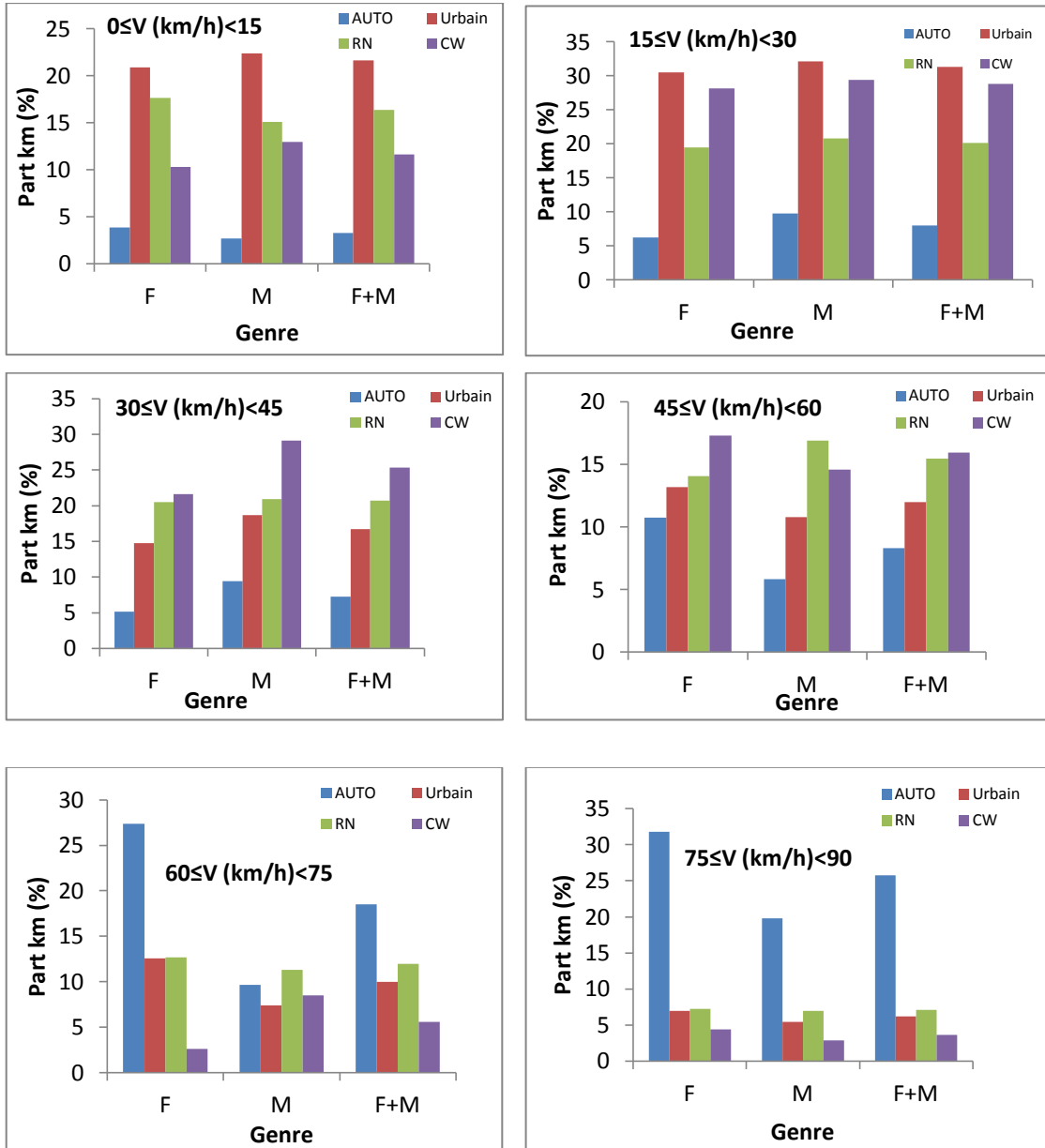
Après avoir répertorié les fichiers NMEA de chaque conducteur dans des dossiers spécifiques, on ouvre le logiciel Locr Photo ([www.Locr.com](http://www.Locr.com)) pour délimiter le parcours du conducteur et on procède de la manière suivante :

- Le logiciel Locr Photo ouvert, on clique sur « ajouter » et on ramène tous les fichiers NMEA d'un conducteur, il faut avoir la connexion internet pour pouvoir naviguer avec ce logiciel ;
- On sélectionne un groupe de 30 fichiers NMEA, on clique sur « Afficher track sur le plan », et on obtient l'itinéraire du conducteur, on répète la manœuvre jusqu'à la fin des fichiers NMEA du conducteur ;
- On peut également cliquer sur « afficher dans Google Map » on obtiendra le même itinéraire ;
- On répète ces étapes, pour le dossier de chaque conducteur ;
- En ayant l'itinéraire des conducteurs, on délimite leurs parcours en notant le Nord, le Sud, l'Est et l'Ouest.

On utilisera le logiciel MapInfo version 8.0 pour la cartographie, ainsi que Google Maps Downloader.

### ANNEXE 3

Variation de la part de kilométrage en fonction du genre des conducteurs



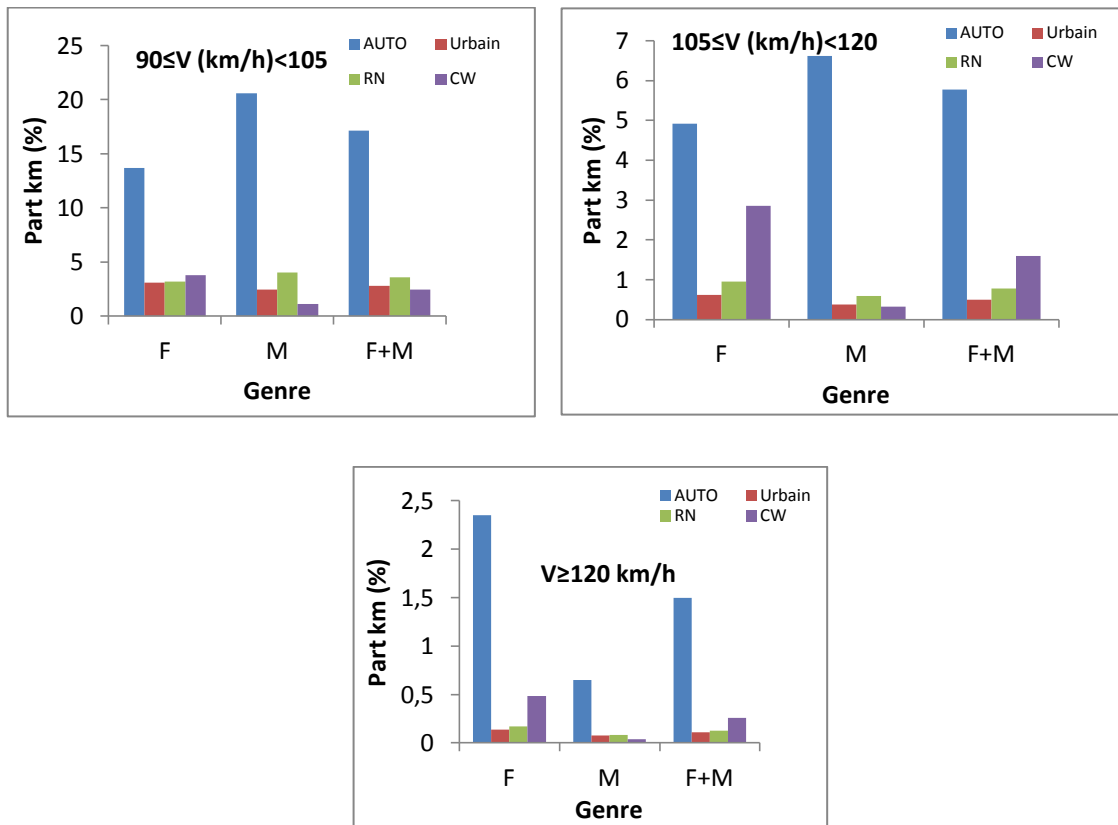


Figure 1 : Variation de la part de kilométrage en fonction du genre dans chaque classe de vitesse