

Mémoire de licence ès lettres en géographie

Introduction d'une zone à émissions réduites à Genève

Raphaël Zecca

Sous la direction du Professeur Giuseppe Pini



Photographies: R. Zecca, 2010

Illustrations:

<http://www.autozeitung.de/bussgeldkatalog-feinstaubanordnung-umweltzonen>

Remerciements :

Mes remerciements vont tout d'abord au Professeur Giuseppe Pini qui s'est toujours montré disponible et dont les remarques, les conseils ainsi que les suggestions m'ont permis de réaliser ce travail. Ma gratitude va ensuite à ses deux assistants, Sébastien Munafò et Yves Steiner, ainsi qu'à Christian Kaiser, pour leur patience et les quelques heures qu'ils m'ont consacrées pour répondre aux diverses questions méthodologiques et informatiques. Pour les mêmes raisons, je remercie mon frère, Gregory, ainsi que mon meilleur ami, Adel, pour les conseils prodigués (autant dans leur bureau qu'autour d'une table de billiard). Je suis également reconnaissant envers Filippo et envers Diana pour sa relecture méticuleuse.

Mes remerciements vont ensuite à mes parents et ma compagne, Tiziana, qui m'ont encouragé et soutenu tout au long de la réalisation de ce travail, tout comme mes amis et mes collaborateurs de l'établissement secondaire de Morges-Beausobre, ainsi que mes collègues de l'entreprise Ochsner-Dosenbach A.G. Je remercie également mes collègues universitaires, sur lesquelles j'ai toujours pu compter.

Table des matières :

PREMIERE PARTIE	7
1. INTRODUCTION, PROBLEMATIQUE, ET METHODOLOGIE	8
1.1 INTRODUCTION GÉNÉRALE :	9
1.2 ETABLISSEMENT DE LA PROBLÉMATIQUE	11
1.3 HYPOTHÈSES.....	16
1.4 DÉCOUPAGE TERRITORIAL	18
1.5 MÉTHODOLOGIE	21
1.5.1 Indicateurs	22
1.5.2 Calcul des émissions	23
1.5.3 Réactions potentielles face à la zone à émissions réduites	26
1.6 SOURCES ET DONNÉES	26
1.6.1 Sources	26
1.6.2 Données	27
1.7 STRUCTURE ET OBJECTIFS DU RAPPORT	28
2. INTEGRATION D'UNE POLITIQUE DE PROTECTION DE L'AIR DANS LES POLITIQUES SUISSSES DES TRANSPORTS	30
2.1 INTRODUCTION	31
2.2 INTÉGRATION D'UNE POLITIQUE DE PROTECTION DE L'AIR : DE 1970 À 1990.....	33
2.3 APPLICATION DE L'ORDONNANCE OPAIR ET NATURE DES MESURES.....	34
2.3.1 Mesures.....	35
2.3.2 Mesures découlant de la Loi sur la protection de l'environnement (LPE).....	36
2.3.3 Caractéristiques des mesures.....	37
2.4 PLAN DE MESURES ET ARTICULATION DE LA ZONE À ÉMISSIONS RÉDUITES	38
2.4.1 Les plans de mesures	38
2.4.2 Les plans OPair à Genève.....	39
2.4.3 Caractéristiques de la zone à émissions réduites.....	40
2.4.4 Articulation institutionnelle et modifications légales	41
2.5 CONCLUSION	42
3. CONCEPT DE ZONE A EMISSIONS REDUITES	44
3.1 INTRODUCTION	45
3.2 PRESCRIPTION CONCERNANT LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT	46
3.3 LES MACARONS DE COULEUR	48
3.4 LA SIGNALISATION ROUTIÈRE	51
3.5 TARIFICATION ET CONTRÔLE DES ABUS.....	52
3.6 L'EXEMPLE DE BERLIN.....	54
3.7 CONCLUSION	56
DEUXIEME PARTIE	58
4. INTRODUCTION D'UNE ZONE A EMISSIONS REDUITES A GENEVE	59
4.1 INTRODUCTION	60
4.2 CARACTÉRISTIQUES DE GENÈVE	60
4.2.1 Evolution de la qualité de l'air	62
4.2.2 Evolution des immissions pour le NO ₂	62
4.2.3 Evolution des immissions pour les PM ₁₀	65
4.2.4 Part des transports pour les émissions de NO _x et de PM ₁₀	67
4.3 ANALYSE	68
4.3.1 Périmètres retenus	68
4.3.1.1 Périmètre A.....	68

4.3.1.2 Périumètre B	70
4.4 RÉPARTITION MODALE	72
4.4.1 Genève et district de Nyon.....	72
4.4.1.1 Répartition modale pour les déplacements vers le périmètre B.....	72
4.4.1.2 La répartition modale pour les déplacements vers le périmètre A	73
4.4.2 Répartition modale pour les déplacements transfrontaliers.....	74
4.5 MODÉLISATION DES PARCS AUTOMOBILE	76
4.5.1 Parcs VT genevois et vaudois	76
4.5.1.1 Modèle de survie	77
4.5.1.2 Parc VT genevois	79
4.5.1.3 Parc VT vaudois	83
4.5.1.4 Parc VT français	85
4.5.2 Parc VL et PLM.....	89
4.6 DISTANCES PARCOURUES	91
4.6.1 Evolution de la population	91
4.6.2 Distances parcourues	95
4.6.2.1 Genève et Nyon.....	95
4.6.2.2 Déplacements transfrontaliers	97
4.6.2.3 VL et PLM.....	99
4.6.3 Segmentation des parcs et des distances	101
4.7 EXTRAPOLATION DES COEFFICIENTS D'ÉMISSIONS.....	105
4.8 RÉSULTATS	109
4.8.1 Voitures de tourisme	109
4.8.1.1 Périumètre B	109
4.8.1.2 Périumètre A.....	110
4.8.2 VL et PLM.....	111
4.8.2.1 VL.....	112
4.8.2.2 PLM.....	112
4.9 SYNTHÈSE.....	113
4.10 CONCLUSION.....	114
5. REACTIONS POTENTIELLES FACE A LA ZONE A EMISSIONS REDUITES.....	116
5.1 INTRODUCTION	117
5.2 GENEVOIS ET VAUDOIS	117
5.2.1 Motifs de déplacements	117
5.2.2 Distances parcourues	120
5.3 FRANÇAIS DE L'AGGLOMÉRATION	122
5.3.1 Motifs de déplacement transfrontaliers.....	123
5.3.2 Probabilité de destination	124
5.3.3 Distances parcourues	126
5.4 CALCUL DES ÉMISSIONS.....	127
5.4.1 Genevois et Vaudois.....	128
5.4.2 Français de l'agglomération	129
5.4.3 Emissions VT concernées	130
5.5 SCÉNARIOS	132
5.5.1 Alternatives.....	133
5.5.1.1 Les transports publics	133
5.5.1.2 Les transports individuels motorisés.....	134
5.5.2 Scénario A	135
5.5.2.1 Périumètre B	136
5.5.2.2 Périumètre A.....	137
5.5.3 Scénario B	137
5.5.3.1 Périumètre B	138
5.5.3.2 Périumètre A.....	138
5.5.4 Scénario C	139
5.5.4.1 Périumètre B	139

5.5.4.2 Périmètre A.....	139
5.5.5 Parc VL et PLM.....	140
5.6 RÉSULTATS ET VÉRIFICATION DES HYPOTHÈSES.....	141
5.6.1 Synthèse des résultats.....	141
5.6.2 Vérification des hypothèses.....	142
5.6.3 Discussion.....	144
6. CONCLUSION.....	146
BIBLIOGRAPHIE :	153
ANNEXES.....	163
ANNEXE A : CRITÈRES DES ZONES À ÉMISSIONS RÉDUITES EN SUISSE.....	163
ANNEXE B : LISTE DES MESURES DU PLAN OPAIR.....	165
ANNEXE C : PRESCRIPTIONS CONCERNANT LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT EN SUISSE.....	168
ANNEXE D: ÉVOLUTION ANNUELLE DU PARC VT GÉNEVOIS (2005-2015).....	172
ANNEXE E: ÉVOLUTION ANNUELLE DU PARC VT VAUDOIS (2005-2015).....	178
ANNEXE F: MODÉLISATION DU PARC VT FRANÇAIS.....	182
ANNEXE G: MODÉLISATION DES PARCS VL ET PLM.....	183
ANNEXE H: ÉMISSIONS DE NO _x (G) ET DE PM (MG) PAR ZONES.....	185
ANNEXE I: ÉMISSIONS VT FRONTALIÈRES.....	193
ANNEXE J: ÉMISSIONS DE NO _x ET DE PM DES VL ET PLM.....	194

Abréviations :

LEZ : *Low Emissions Zones* (ou zones à émissions réduites)

MRT 2005 : Microrecensement des Transports 2005

NO_x : composés azotés

NO₂ : dioxyde d'azote

OFEFP : Office Fédéral de l'Environnement, des Forêt et du Paysage

PLM : poids lourd marchandise

PM : particules fines

PM₁₀ : particules fines dont le diamètre est inférieur à 0.1 mm

ROPAG : Réseau d'Observation de la Pollution Atmosphérique à Genève

SCPA : Service Cantonal de la Protection de l'Air

VL : voiture de livraison

VLI : valeurs limites d'immissions

VT : voiture de tourisme

PREMIERE PARTIE

**1. INTRODUCTION, PROBLEMATIQUE, ET
METHODOLOGIE**

1.1 Introduction générale :

La voiture individuelle a bouleversé nos modes de vie. Elle nous a affranchis de différentes contraintes, qu'elles soient spatio-temporelles (gain de temps, meilleure accessibilité) ou de l'ordre du confort (liberté des horaires, aucune rupture de charge lors d'un déplacement). Comme l'explique Kaufmann, "la voiture individuelle procure des possibilités de déplacements considérables: elle permet de s'affranchir de la proximité dans la vie quotidienne" (Kaufmann, Guidez, 1998, p.7). Son utilisation est donc profondément ancrée dans nos habitudes de mobilité, à tel point que les associations de défense de l'automobile la définissent comme "le premier vecteur de la liberté individuelle" (Kaufmann, 2008, p. 25). En effet, ce sont chaque jour des milliers d'usager qui empruntent ce moyen de transport afin de réaliser leur mobilité dans le but de se rendre sur leur lieu de loisirs, d'achats ou de travail, et de satisfaire ainsi leurs besoins fondamentaux.

Cependant, certaines nuisances non négligeables sont apparues suite au recours massif à la voiture individuelle et au mode routier, de manière plus générale. Elles peuvent être catégorisées sous trois différents aspects: premièrement, la consommation d'espace constituée par l'encombrement des rues par les places de stationnement et les voies de circulation ; deuxièmement, les accidents de la circulation générant des coûts économiques et sociaux importants¹; enfin, les nuisances portées au cadre de vie urbain et dans une moindre mesure à l'environnement planétaire (Kaufmann, Guidez, 1998, p. 7). Si bien qu'à Genève, les transports individuels motorisés et le transport de marchandises étaient responsables de 45% des émissions de composés azotés (NO_x) et 31% des émissions de particules fines (PM₁₀) en 2007 (Service Cantonal de la Protection de l'Air [SCPA], 2008, p.p. 19-22). Par conséquent, le bruit et la pollution de l'air représentent les deux nuisances principales liées aux transports.

¹ 11 décès et 1'463 blessés pour 3'636 accidents dans le canton de Genève en 2008 (Office Cantonal de la Statistique [OCSTAT], 2009a, p. 8).

Les politiques publiques fédérales, cantonales et communales se basent donc autour de celle-ci.

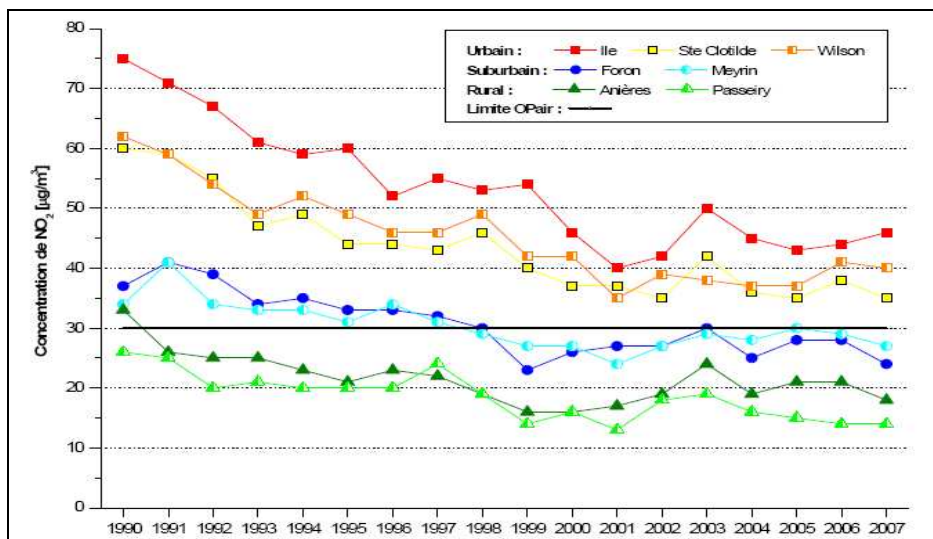
En effet, depuis le début des années 1970, les efforts en matière de lutte contre la pollution de l'air due aux transports se sont multipliés. Les diverses mesures et politiques adoptées ont porté leurs premiers résultats dans les années 1990, durant lesquelles les taux de la plupart des polluants ont baissé de manière significative. Néanmoins, la diminution de la concentration de certains polluants a stagné, voir régressé dans toutes les agglomérations de Suisse, depuis le début des années 2000. La ville de Genève n'échappe pas à la règle, puisque les immissions de dioxydes d'azote (NO₂) et de particules fines (PM₁₀) dépassent trop souvent les valeurs limites imposées par la Confédération.

Pour relancer une diminution plus soutenue des émissions polluantes, le canton de Genève a intégré diverses mesures lors de la révision de son plan d'action contre la pollution atmosphérique (c.f. chapitre 2, point 2.4.1). Parmi ces dernières, une mesure novatrice appelée *zone à émissions réduites* a été considérée. Celle-ci est composée d'un ou plusieurs périmètres déterminés dans lesquels seules certaines catégories de véhicules sont admises. Les émissions de NO_x et de PM₁₀ étant pour en grande majorité imputable aux véhicules diesels, seuls les plus récents, c'est-à-dire répondant au standard européens d'émissions *Euro 4* (ou *Euro 3* avec filtre à particules), seraient autorisés à accéder au centre-ville. Les véhicules essence munis d'un catalyseur (immatriculés après 1986) seraient également acceptés. Les zones à faibles émissions (ou *low emissions zones*) foisonnent dans toute l'Europe depuis la deuxième moitié des années 2000 et semblent avoir fait leurs preuves quant à la diminution de la pollution de l'air en milieu urbain. Mais une telle mesure serait-elle efficace à Genève? C'est le questionnement sur lequel nous basons notre problématique.

1.2 Etablissement de la problématique

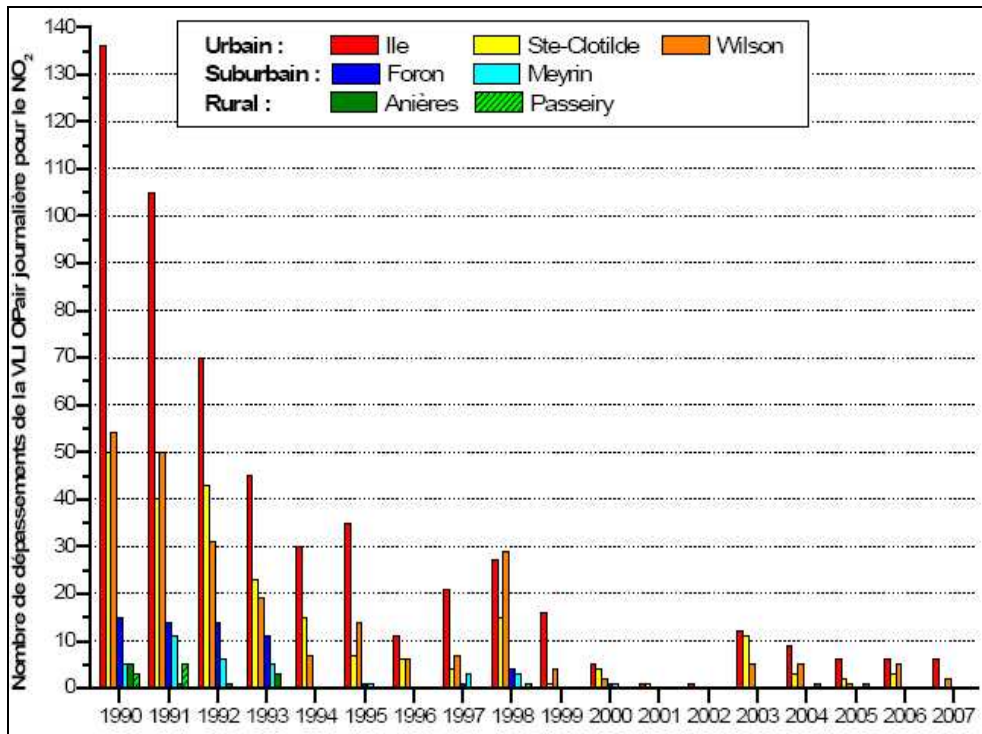
Comme nous l'avons explicité au point 1.1, les efforts réalisés en matière de protection de l'air ont montré leurs premiers résultats durant la deuxième moitié des années 1990. Cependant, l'amélioration de la qualité de l'air semble avoir atteint ses limites depuis une dizaine d'années, comme le stipule le Service Cantonal de la Protection de l'Air (SCPA) dans la version révisée du plan Opair 2003-2010 : "après plusieurs dizaines d'années de lente amélioration, la qualité de l'air dans le canton de Genève affiche depuis le début des années 2000 une tendance à la stagnation, voire à la dégradation" (Service Cantonal de la Protection de l'Air [SCPA], 2008, p. 9). De plus, les prévisions quant à l'évolution des émissions de d'oxydes d'azote semblent inquiéter les autorités cantonales, puisque la concentration des émissions semble avoir atteint un "niveau plancher" après une nette diminution dans les années 1990. Quant aux émissions de particules fines, elles ne décroissent que lentement (SCPA, 2008 p. 9). Les figures 1.1 à 1.4 illustrent l'évolution des concentrations de NO₂ et de PM₁₀ ainsi que le nombre de dépassements annuels des valeurs limites d'immissions (VLI).

Figure 1.1 Evolution des concentrations moyennes annuelles des NO₂ (1990-2007)



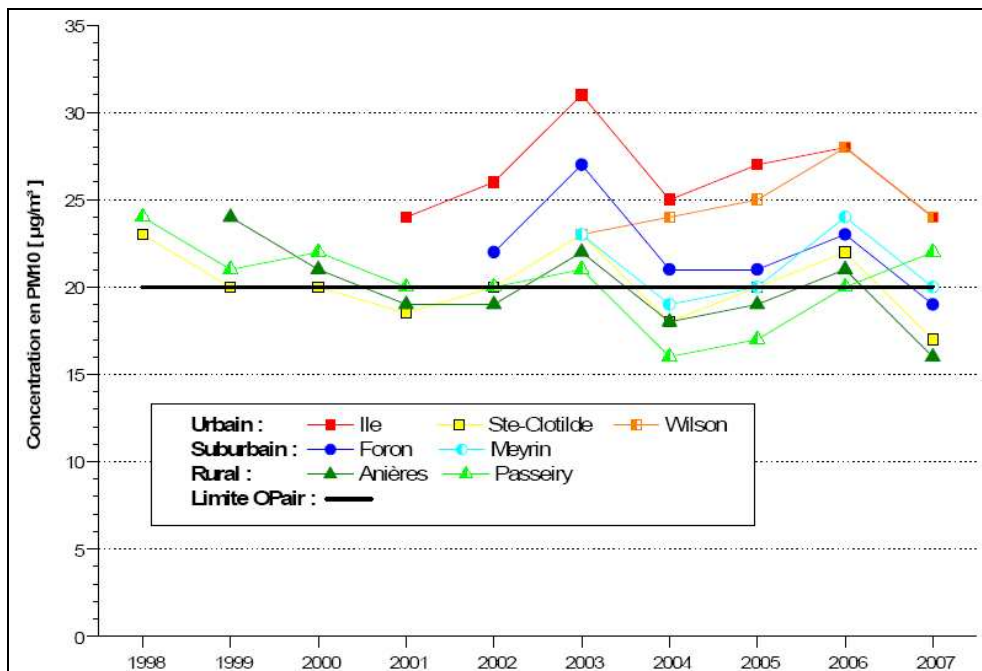
source : SCPA, 2008, p. 11

Figure 1.2 Evolution du nombre de dépassements de la VLI OPAir pour le NO₂ (1990-2007)



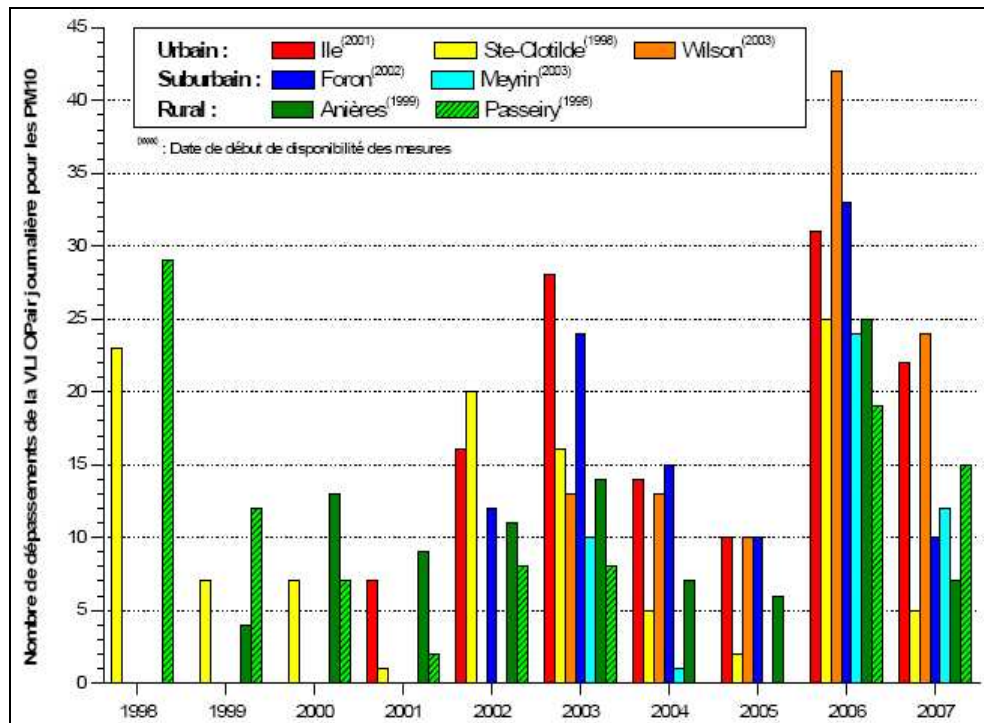
source : SCPA, 2008, p. 12

Figure 1.3 Evolution des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ (1998-2007)



source : SCPA, 2008, p. 13

Figure 1.4 Evolution du nombre de dépassements de la VLI OPair journalière pour les PM₁₀ (1998-2007)



source : SCPA, 2008, p. 14

Les stations de mesures du réseau d'observation de la pollution atmosphérique à Genève (ROPAG) situées en zone urbaines, montrent que le centre-ville de l'agglomération genevoise est bien évidemment le plus touché. Le recours à la voiture individuelle n'explique que partiellement cette recrudescence de la pollution. En effet, entre 2000 et 2005, la part modale de la voiture lors des déplacements des Genevois est passée de 36% à 29%, soit -7% en 5 ans. Dès lors, comment expliquer la dégradation de la qualité de l'air ? La réponse va au-delà des habitudes de mobilité genevoises. L'engouement pour le diesel explique la stagnation des émissions de dioxydes d'azote et de particules fines, puisqu'une part de plus en plus importante des nouvelles immatriculations est effectivement composée de véhicules diesels. Ces derniers représentaient en moyenne 30% des ventes de voitures de tourisme en Suisse, entre 2005 et 2009 (Auto-Suisse, 2010). De plus, 80% des véhicules de livraison immatriculés pour la première fois fonctionnent au diesel (Office Fédéral de l'Environnement [OFEV], 2009a). En outre, le *boom* du diesel en France étant survenu dans les années 1990, la flotte

des voitures de tourisme frontalières est composée d'une part bien plus importante de véhicules fonctionnant au diesel. Celles-ci sont plus anciennes et émettent donc une quantité plus importante de pollution. Par conséquent, la recrudescence de la pollution au centre-ville de l'agglomération est imputable à l'augmentation de la part des véhicules diesel.

Pour contrer la recrudescence des émissions polluantes dues au transport, l'Etat genevois propose une multitude de mesures dans son plan d'action Opair, dont l'introduction d'une zone à faibles émissions au centre de l'agglomération. Selon le SCPA : "l'avantage de ce type de mesures est qu'il vise spécifiquement la minorité de véhicules les plus polluants, qu'il n'est pas basé sur l'achat d'un droit à circuler comme le fait le péage urbain, qu'il maximise l'effet sur la qualité de l'air et la santé des habitants et minimise l'impact sur la vie économique" (SCPA, 2008, p. 68). En d'autres termes, l'interdiction ne concernerait qu'une faible part du parc automobile genevois et n'induirait qu'une baisse minime de la fréquentation au centre-ville. De plus, le conseiller d'Etat Robert Cramer déclarait à la Tribune de Genève que "la très grande majorité des véhicules obtiendrait ce macaron [le macaron vert autorisant l'accès au centre-ville]" (Desbaillet, 31 janvier 2008). Le même article, déclarait que seul 7% du parc automobile genevois serait touché (Desbaillet, 31 janvier 2008). Une première question se pose donc : l'exclusion de la seule "minorité de véhicules les plus polluants permettra-t-elle réellement" de "maximiser l'effet sur la qualité de l'air et la santé des habitants" sachant que seul 7% des voitures de tourisme genevoises seraient concernées?

Les deux objectifs principaux de la zone à émissions réduites sont : premièrement de supprimer la circulation des véhicules dont les gaz d'échappement sont les plus polluants (NO_x et PM_{10}) dans la zone à émissions réduites afin d'y améliorer la qualité de l'air ; deuxièmement, d'accélérer le renouvellement du parc des véhicules, en particulier ceux amenés à circuler au centre-ville, afin de réduire leur impact sur la qualité de l'air (SCPA, 2008, p. 66). En conséquence, trois effets en sont attendus : premièrement, la zone à émissions

réduites induirait, dans le périmètre déterminé, une réduction se situant entre 20% et 40% de la quantité de pollution due aux transports. Deuxièmement, le renouvellement du parc automobile induirait une baisse des émissions polluantes dues au trafic dans l'ensemble du canton. Troisièmement, la suppression des véhicules les plus anciens engendrerait une diminution des nuisances dues au bruit (SCPA, 2008, p. 69). Ce troisième effet ne nous concerne pas ici.

Après avoir observé les objectifs et les effets de la mesure, nous constatons qu'aucune considération n'a été faite sur les comportements en matière de mobilité. En effet, le plan OPair ne semble pas tenir compte des motifs de déplacements qui incitent les individus à réaliser leur mobilité, ni de leurs destinations. Or, comme l'explique Kaufmann "les destinations des activités déployées constituent le déterminant principal des pratiques modales" (Kaufman/Guidez, 1996, p. 33). Interdire l'accessibilité au centre-ville aux véhicules les plus anciens engendrera donc des réactions de la part de leur propriétaire. L'inaccessibilité imposée par la zone à émissions réduites renvoie donc à la même problématique que celle du péage urbain. La question que se pose Schwarz dans son mémoire de licence *Accessibilité et commerce urbain. Vulnérabilité du centre-ville face au péage* peut donc également s'appliquer à notre étude : au même titre que le péage urbain, l'introduction d'une zone à émissions réduites va-t-elle "provoquer un report modal ou un report de destination ?" (Schwarz, 2008, p. 10).

En effet, en fonction du motif de déplacement, les individus pourraient donc s'adapter à l'interdiction en modifiant leurs habitudes soit en se soumettant, soit en reportant leur destination. Ce constat nous permet de déduire trois manières différentes de réagir:

- Premièrement les individus pourraient se soumettre à l'interdiction d'accès en changeant de véhicule

- Deuxièmement, ils pourraient également se soumettre, mais en optant pour un autre mode de transport
- Troisièmement ces derniers pourraient modifier leur destination, pour autant que le motif de déplacement le permette.

A partir de ces constats, nous pouvons émettre la question suivante :

Sachant que les motifs engendrant la majorité des déplacements (loisirs et achats) n'imposent pas de destination précise et que seule une minorité de véhicules serait concernée, la zone à émissions réduites aura-t-elle un impact significatif sur la baisse des émissions de dioxydes d'azote (NO_x) et des particules (PM) à l'échelle de l'agglomération genevoise?

Nous tenterons d'y répondre au travers du présent travail. Mais il convient d'abord d'émettre les postulats ainsi que les hypothèses sur lesquelles nous baserons notre recherche.

1.3 Hypothèses

Nos hypothèses se basent sur les postulats suivants :

- Les résultats du micro-recensement des transports montrent que les loisirs (38%) et les achats (24%) constituent les deux raisons principales engendrant de la mobilité et n'imposent pas de destination précise (62% des déplacements genevois au total) (OUM, 2008, p. 63).
- Après une première analyse des parcs de véhicules concernés par la zone à émissions réduites (c.f. point 4.5), nous avons constaté que le parc de voitures de tourisme frontalières serait composé, en 2015, de 17% d'automobiles visées par la mesure. De plus, bien que les motifs de

déplacements des frontaliers soient similaires à ceux des Genevois, leurs parts sont différentes. En effet, 53 % des déplacements frontaliers sont dus au travail (Office Cantonal de la Mobilité [OCM], 2006, p. 24), contre 21% pour les Genevois (Observatoire Universitaire de la Mobilité [OUM], p. 63).

- Le transport de marchandises devant être assuré dans tous les cas, nous partons de l'hypothèse que les véhicules de livraison et les poids-lourds refoulés seraient remplacés par des véhicules conformes. Par conséquent, bien que ces derniers polluraient moins, des quantités de dioxydes d'azotes et de particules fines seraient émises malgré tout.

Dès lors, nous pensons que la baisse annoncée des émissions de NO_x et de PM₁₀ (entre 20% et 40%) serait limitée à l'échelle de l'agglomération. Sur ces postulats, nous pouvons donc baser les hypothèses suivantes :

Hypothèse générale : La baisse des émissions de NO_x et de PM² induite par la zone à émissions réduites ne sera pas significative à l'échelle de l'agglomération genevoise.

En considérant les réactions possibles des propriétaires dont le véhicule sera refoulé par la zone à émissions réduites, nous modéliserons la baisse des émissions de NO_x et de PM en fonction de trois scénarios.

H1 : compte tenu de la composition des divers parcs automobiles, la baisse des émissions de NO_x et de PM touchera une part limitée du parc VT genevois tandis qu'elle concernera en grande partie les voitures de tourisme provenant de France, ainsi que les voitures de livraison (VL) et les poids-lourds marchandises (PLM).

² Les coefficients de pollution que nous avons extrapolés au chapitre 4 ne traitent que des émissions de particules en général (PM) et non des particules fines (PM₁₀). Il en va de même pour les composés azotés (NO_x) en opposition au dioxyde d'azote (NO₂).

L'utilisation du diesel comme carburant est bien plus diffuse dans le parc des voitures de tourisme françaises que dans le parc VT valdo-genevois. De plus, elle est très diffuse dans le parc VL (80% des nouvelles immatriculations en 2005 selon l'OFEV) et quasi exclusive pour le parc PLM.

H2 : la baisse du nombre de véhicules sur le réseau du centre-ville ne sera que minime.

Nous vérifierons cette hypothèse en nous basant sur la modélisation des réactions mentionnée plus haut. Le motif *travail* ne représentant que 21% des déplacements chez les Genevois (Nyonnais inclus), le nombre de véhicules refoulés variera en fonction du scénario, mais devrait rester limité.

1.4 Découpage territorial

Notre analyse portant sur l'entier du bassin de vie franco-valdo-genevois, notre découpage territorial regroupe toutes les communes du canton de Genève, les communes du district de Nyon, ainsi que les départements français limitrophes. Ainsi, pour le canton de Genève et le district de Nyon, nous avons effectué notre découpage territorial selon la même approche géographique adoptée par l'Observatoire Universitaire de la Mobilité (OUM) dans ses rapports d'analyse du Microrecensement des transports de 2005 (OUM, 2008a, p.p. 11-15). En effet, nous avons groupé les communes du canton en fonction des secteurs DTPR³.

Ceci étant, pour des raisons statistiques, nous avons également adapté certaines zones DTPR et regroupé certaines communes, ceci dans le but d'obtenir un nombre significatif de déplacements par zone (minimum 200). Par conséquent, les zones Champagne et Mandement ont été rattachées l'une à l'autre, il en est de même pour les zones Genève Sud et Agglo Sud, ainsi que les zones Cologny lac et Genève Est. Par ailleurs, les communes de Prégny-Chambésy et Céligny ont

³ Le comité DTPR (Développement des Transports collectifs Régionaux) est un organisme transfrontalier chargé de planifier un schéma de transports collectifs régionaux. Il est composé de 31 secteurs géographiques (OUM, 2008a, p. 11).

été rattachées à la zone Genève Nord, à la quelle nous avons également rattaché les 8 communes vaudoises de Terre-Sainte (OUM, 2008a, p. 15). De plus, les périmètres de la zone à émissions réduites concernant autant la Rive gauche que la Rive droite de la commune de Genève, nous avons agrégés ces deux zones en une seule (Genève ville) Le tableau 1.1 synthétise notre découpage territorial.

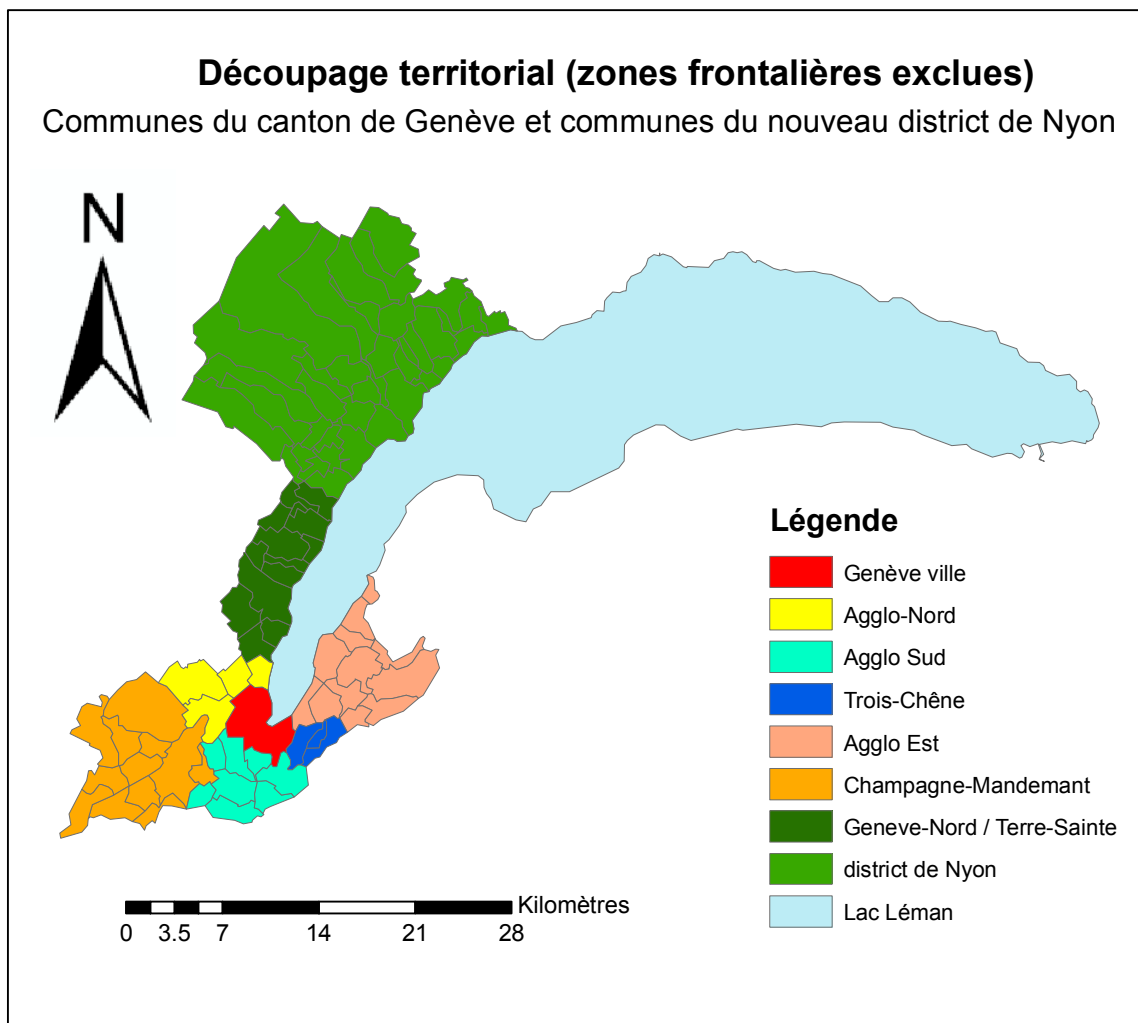
Tableau 1.1 Découpage territorial

Zones DTPR	Communes (canton de Genève et district de Nyon)
Genève-ville	Genève (rives droite et gauche)
Agglo Nord	Le Grand-Saconnex, Meyrin, Vernier
Agglo Sud	Bardonnex, Carouge, Lancy, Onex, Perly-Certoux, Plan-les-Ouates, Troinex, Veyrier
Trois-Chêne	Chêne-Bougeries, Chêne-Bourg, Thônex
Agglo Est	Anières, Choulex, Collonge-Bellerive, Cologny, Corsier, Gy, Hermance, Jussy, Meinier, Presinge, Puplinge, Vandoeuvres
Champagne-Mandement	Aire-la-Ville, Avully, Avusy, Bernex, Cartigny, Chancy, Confignon, Dardagny, Laconnex, Russin, Satigny, Soral
Genève-Nord/ Terre-Sainte	GE: Bellevue, Céligny, Collex-Bossy, Genthod, Pregny-Chambésy, Versoix VD: Bogis-Bossey, Chavannes-des-Bois, Chavannes-de-Bogis, Commugny, Coppet, Founex, Mies, Tannay
Nyon (district)	Arnex-sur-Nyon, Arzier, Bassins, Begnins, Borex, Bursinel, Bursins, Burtigny, Chéserey, Coinsins, Crans-près-Céligny, Crassier, Duillier, Dully, Essertines-sur-Rolle, Eysins, Genolier, Gilly, Gingins, Givrins, Gland, Grens, La Rippe, Le Vaud, Longirod, Luins, Marchissy, Mont-sur-Rolle, Nyon, Perroy, Prangins, Rolle, Saint-Cergue, Saint-George, Signy-Avenex, Tartegnin, Trélex, Vich, Vinzel
Ain	-
Haute-Savoie	-

Pour ce qui est des déplacements de France voisine, nous nous sommes basés sur les résultats de *L'enquête aux frontaliers* (OCM, 2006a). Nous avons considéré le nombre de déplacements effectués depuis les mêmes zones que l'enquête, c'est-à-dire les écrans de Gex-Bellegarde, de Saint-Julien, d'Annemasse, et du Chablais français. Nous avons agrégé ces zones en considérant les deux départements jouxtant le canton : l'Ain et la Haute-Savoie. Nous les avons répartis également en fonction des secteurs DTPR. Par conséquent, notre découpage territorial se divise en dix zones. Celles-ci comprennent les 45 communes du canton de Genève, ainsi que les 8 communes constituant la région de Terre-Sainte (53 communes au total), le district de Nyon,

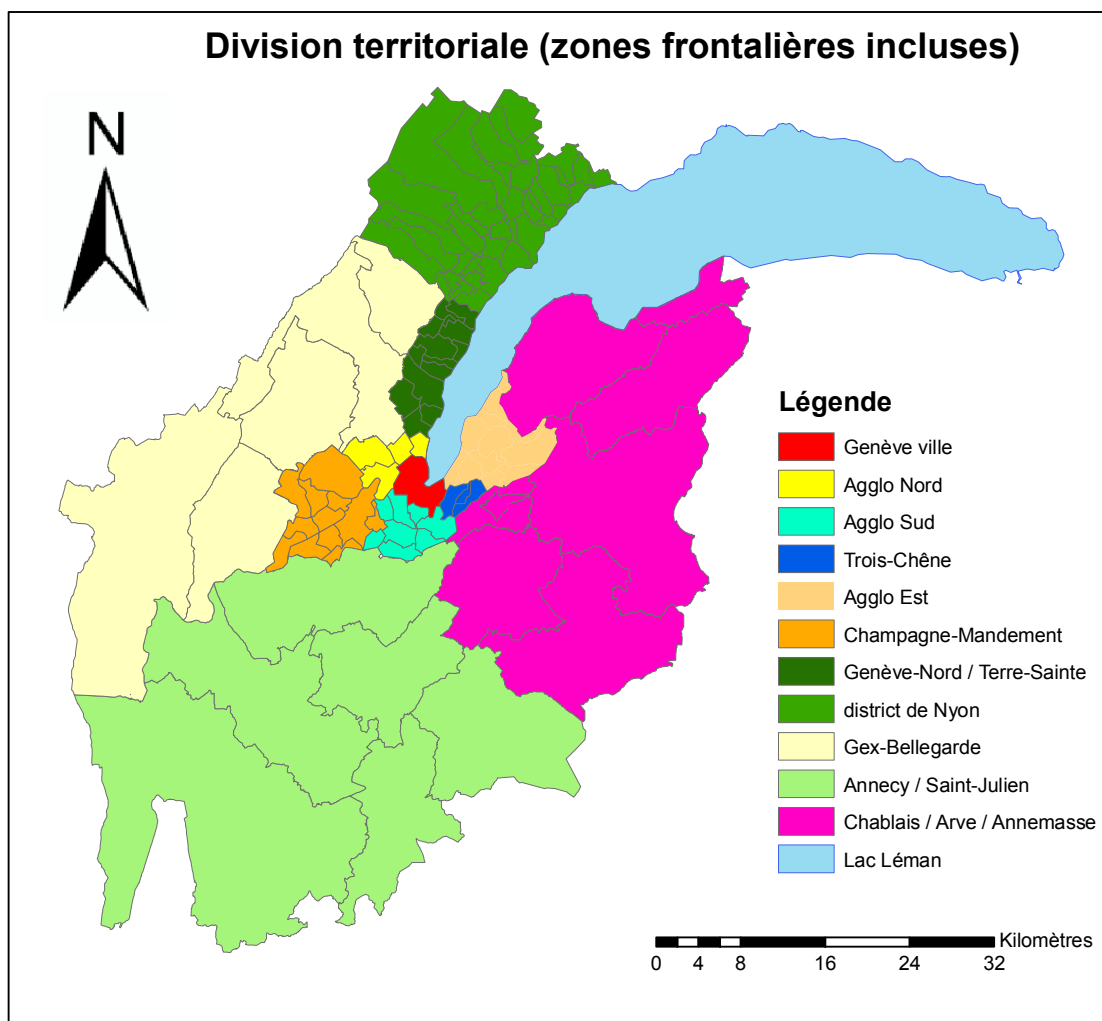
en plus des quatre régions de France voisine susmentionnées. Les figures 1.5 et 1.6 illustrent notre découpage territorial.

Figure 1.5 Répartition des communes par zone DTPR



sources : SIG-UNIL / traitement : auteur

Figure 1.6 Découpage territorial complet



sources : SIG-UNIL / traitement : auteur

1.5 Méthodologie

Afin de tester nos hypothèses et ainsi d'observer quels seraient les impacts de la zone à émissions réduites sur la qualité de l'air à Genève, nous avons d'abord déterminé les deux périmètres constituant la zone à faibles émissions ; le périmètre A interdisant l'accès de manière ponctuelle (actif lorsque les VLI dépassent les seuils autorisés), et le périmètre B actif en permanence (c.f. chapitre 4, point 4.3.1). Nous avons ensuite calculé la répartition modale pour les déplacements effectués vers ces deux zones, ceci dans le but de calculer les

émissions de NO_x et de PM. Avant d'expliciter la méthodologie de calcul des émissions, nous allons énumérer les indicateurs retenus.

1.5.1 Indicateurs

Dans le but de calculer les émissions ainsi que l'influence de la zone à faibles émissions sur celles-ci, nous avons retenus cinq indicateurs :

L'accroissement de la population (entre 2005 et 2015): représente l'indicateur fondamental dans la mesure où il nous permettra d'extrapoler le nombre de déplacements effectués ainsi que les distances parcourues en 2015.

La part modale des divers moyens de transports : celle-ci nous permettra, d'une part, de comprendre les habitudes de mobilité des individus se rendant dans les deux-périmètres situés au centre de l'agglomération. D'autre part, elle nous permettra de déterminer le nombre de déplacements effectués en voiture de tourisme (VT)⁴.

Le nombre de déplacements effectués : nous avons considéré le nombre de déplacement vers les deux périmètres qui constitueront la zone à faibles émissions. Cet indicateur nous permettra d'obtenir la répartition modale des déplacements et d'obtenir les distances parcourues en voiture de tourisme.

Les distances parcourues : obtenues directement grâce au MRT 2005 pour les Genevois et les Vaudois, calculées à partir de *L'enquête aux frontaliers* (OCM, 2006a) pour les frontaliers, celles-ci nous permettront de calculer les quantités d'émissions de NO_x et de PM émises, quotidiennement et annuellement.

Les flottes de véhicules : une fois modélisés et répartis en fonction de divers segments, les parcs automobile genevois, vaudois, français, ainsi que les flottes

⁴ Seuls les déplacements effectués en tant que conducteur ont été considérés.

des véhicules de livraison et des poids lourds marchandises nous permettront, d'obtenir les coefficients d'émissions indispensables au calcul de ces dernières.

Maintenant que nous connaissons nos indicateurs, nous pouvons nous focaliser sur la méthodologie de calcul des émissions.

1.5.2 Calcul des émissions

Nous avons calculé les émissions du trafic routier vers la zone à émissions réduites en nous inspirant de la méthodologie proposée par l'OFEV. Cette méthodologie a été reprise dans divers travaux que nous avons consultés, dont les deux majeurs sont; *Impacts de la voiture électrique sur les émissions de CO₂ liées à la mobilité individuelle* (Steiner, 2009) et *Emissions polluantes du trafic routier de 1980 à 2030* (Office Fédéral de l'Environnement des Forêts et du Paysage [OFEFP], 2004). Elle s'articule en trois étapes : modélisation du parc automobile, calcul des prestations kilométriques et calcul des émissions via le manuel de coefficients d'émissions (MICET 2.0).

Cependant, notre méthodologie comporte deux différences en comparaison avec celle de l'OFEFP. Celles-ci résident dans la deuxième et la troisième étape (prestations kilométriques et coefficients d'émissions). Premièrement, nous nous sommes basés sur les distances parcourues par les divers types de véhicules et non sur les prestations kilométriques. Deuxièmement, n'ayant pas l'accès au manuel de coefficients du MICET qui répertorie les coefficients d'émissions au kilomètre (par catégorie, âge, et segment du véhicule), nous avons extrapolé les coefficients d'émissions à partir des valeurs limite d'émissions publiées sur le site de l'OFEV (OFEV, 2009a, 2009b, 2009c). Notre méthodologie se compose également en trois étapes qui s'articulent de la manière suivante :

Lors de la première étape, nous avons d'abord modélisé les divers parcs de véhicules intégrés dans notre analyse: c'est-à-dire les parcs VT genevois, vaudois, et français, ainsi que les parcs des véhicules utilitaires de livraison (VL) et des poids lourds marchandises (PLM). La deuxième étape se concentre sur le calcul

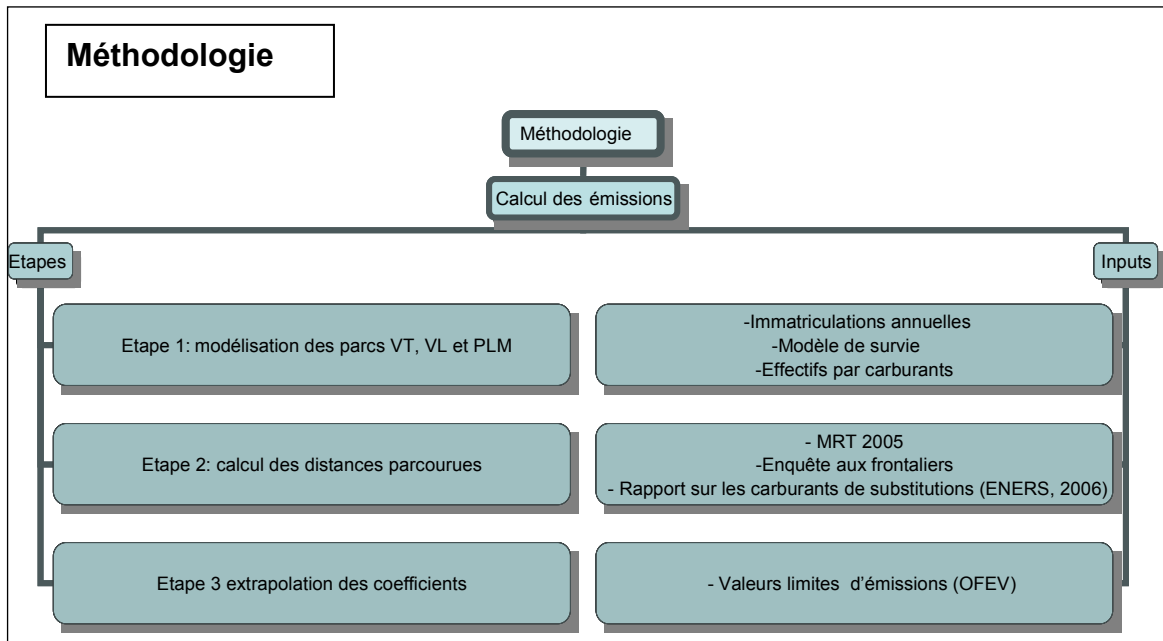
des distances parcourues. Comme nous l'avons explicité au point 1.4, nous avons d'abord calculé l'évolution de la population franco-valdo-genevoise jusqu'en 2015, en fonction de divers scénarios. Ceci dans le but d'obtenir des ratios qui nous ont permis de rapporter les distances parcourues par les voitures de tourisme franco-valdo-genevoises en 2015. Nous avons déterminé les distances pour l'ensemble de chaque parc à l'aide de trois sources. Nous les avons calculées pour :

- Les parcs VT genevois et vaudois à partir de la base de données du *Microrecensement des Transports de 2005*. Bien que les informations et les données aient été géoréférencées puis traitées avec *ARC GIS*, nous souhaitons spécifier que les distances parcourues ont été évaluées par les répondants, et constituent donc des valeurs approximatives.
- Pour le parc VT français, dont les distances sont basées sur les résultats de *L'enquête aux frontaliers*, (OCM, 2006a, 2006b). Nous souhaitons préciser que ces données ne sont pas de même nature que celles du *MRT 2005*. Les distances ont également été évaluées par le répondant mais elles ne résultent pas d'un géoréférencement (OCM, 2006a, p. 31). En conséquence nous avons considéré la distance moyenne parcourue par chaque voiture de tourisme provenant de France voisine.
- Pour les parcs VL et PLM, nous avons repris les distances à l'aide d'un rapport intitulé *Définition des conditions cadres relatives à l'introduction des carburants de substitution dans le canton de Genève* (ENERS Energy Concept, 2006) rédigé en faveur du service cantonal de l'énergie genevois (SCANE). Nous souhaitons relever que certaines données nous ont manqué pour les modélisations et les distances parcourues par ces deux types de véhicules. Nous avons premièrement adapté la modélisation de leur parc respectif sur le modèle de survie des voitures de tourisme (c.f. chapitre 4, point 4.5.1.1). Ceci dans le but de déterminer la structure de chaque parc. Nous avons ensuite adapté cette structure à l'effectif calculé

dans le rapport mentionné plus haut et repris les mêmes prestations kilométriques également (ENERS, 2006, p.p. 6-7).

La troisième étape de notre méthodologie concerne le calcul des émissions pour les deux polluants concernant notre analyse : les composés azotés (NO_x) et les particules (PM). Comme explicité plus haut, nous n'avons pas eu accès au manuel des coefficients d'émissions (MICET 2.0). Nous avons donc dû extrapoler les coefficients d'émissions à partir des valeurs limites publiées par l'OFEV (OFEV, 2009a, 2009b, 2009c). En conséquence, une fois les parcs des différents types de véhicules modélisés, nous les avons divisé en trois segments en fonction de la cylindrée (< 1.4; 1.4 à 2.0 ; > 2.0). Ensuite nous en avons réparti les effectifs par année de première mise en circulation à fin de les catégoriser en fonction les diverses valeurs limites d'émissions (c.f. chapitre 4, point 4.5.3). La figure 1.7 illustre notre méthodologie.

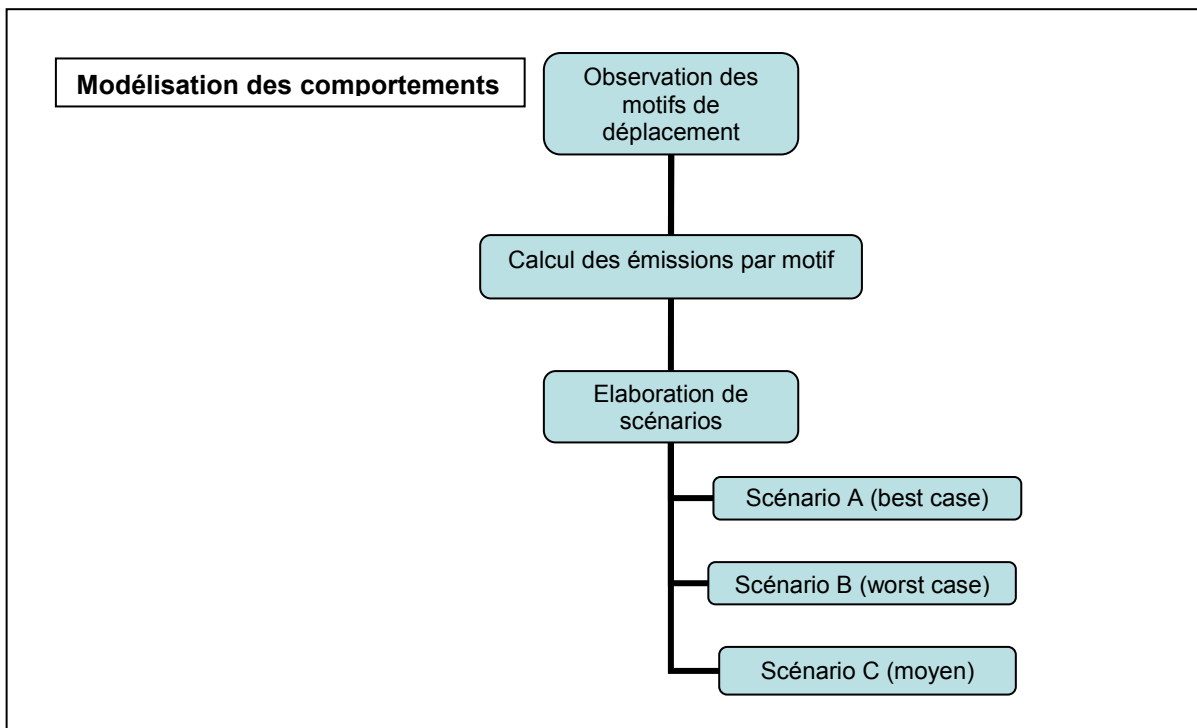
Figure 1.7 Méthodologie



1.5.3 Réactions potentielles face à la zone à émissions réduites

Nous avons ensuite calculé les distances parcourues en fonction des différents motifs de déplacement, ceci dans le but de modéliser les réactions des individus concernés par l'interdiction d'accès. Nous avons extrapolé à nouveau les émissions de NO_x et de PM en fonction du motif de déplacement. Ceci nous a permis d'estimer la baisse des émissions de NO_x et de PM₁₀ engendrée par la zone à faibles émissions, ceci en fonction de divers scénarios et pour chacun des deux périmètres (c.f. chapitre 5). La figure 1.8 illustre notre méthodologie.

Figure 1.8 Modélisation des comportements face à la zone à émissions réduites



1.6 Sources et données

1.6.1 Sources

Le concept de zone à émissions réduites étant récent, l'internet aura été la seule source de documentation à ce sujet. Parmi ces sources, les sites internet www.berlin.de/umweltzone, <http://www.lowemissionzones.eu/> et www.ate.ch nous auront permis en grande partie de rédiger le deuxième chapitre de ce travail. Les

deux premiers s'avèrent les sites les plus complets sur le sujet des zones à émissions réduites. En revanche, divers ouvrages sur les politiques de la protection de l'environnement et de l'amélioration de la qualité de l'air, nous auront permis de rédiger le chapitre 2. Les ouvrages principaux sont : *Politiques publiques et mobilité urbaines : analyse de processus conflictuels dans quatre villes suisses* (SAVARY, 2008), ainsi que la version révisée du plan de mesures Opair 2003-2010 (SCPA, 2008). Ils nous ont permis de comprendre les enjeux liés à la dégradation de l'air et son intégration dans la politique suisse de protection de l'environnement. Nous avons donc pu déterminer les acteurs chargés d'introduire la zone à émissions réduites, observer comment celle-ci s'intègre et s'articule dans les différents niveaux institutionnels. Le mémoire de Schwarz, *Accessibilité et commerce urbain. Vulnérabilité du centre-ville face au péage* (Schwarz, 2008) nous aura nous auront servi à modéliser les comportements modaux face à l'introduction de notre mesure.

1.6.2 Données

Les données que nous avons traitées lors de notre analyse proviennent de diverses sources :

- Pour le calcul de l'évolution des diverses populations étudiées, nous avons considéré les données de l'observatoire statistique transfrontalier de l'espace franco-valdo-genevois, et des observatoires statistiques genevois et vaudois (OCSTAT et SCRIS).
- Pour le calcul des parts modales et des distances parcourues, nous avons utilisé principalement deux sources de données. Les résultats du *MRT 2005* pour les déplacements suisses concernant l'agglomération, et *L'enquête aux frontaliers* (OCM, 2006a, 2006b) pour les déplacements transfrontaliers.

- Pour la modélisation des parcs automobiles genevois, vaudois, VL, et PLM, nous avons croisé les données du *MRT 2005*, avec les données des offices statistiques cantonaux genevois et vaudois (OCSTAT et SCRIS), de l'Office Fédéral de la Statistique (OFS), du service des automobiles et de la navigation (SAN), et de l'association des importateurs automobiles suisses (Auto-Suisse S.A.).
- En ce qui concerne le parc automobile français, nous avons croisé les données de *L'enquête aux frontaliers* (pour obtenir l'effectif de véhicules provenant de France), celles du Comité des Constructeurs Français d'Automobile (CCFA), et de l'Institut National de la Statistique et de l'Economie (INSEE).

1.7 Structure et objectifs du rapport

Notre travail s'articule en 5 chapitres :

- **Le chapitre 2** a pour but d'expliquer brièvement l'historique politique de protection de l'air en Suisse afin de comprendre comment la mesure *zone à émissions réduites* s'inscrit et s'articule dans la politique de protection de l'air.
- **Le chapitre 3** a pour but de présenter en détail la zone à émissions réduites et d'illustrer son application au travers de l'exemple de Berlin.
- **Le chapitre 4** concernera la modélisation des parcs VT, VL, et PLM, ainsi que le calcul des distances parcourues et des émissions.
- **Le chapitre 5** nous permettra de développer divers scénarios qui tenteront de modéliser les réactions des individus dont les véhicules seront exclus du centre-ville. Il synthétisera également nos résultats et vérifiera nos hypothèses.

- **Le chapitre 6** conclura notre analyse par diverses réflexions.

Il n'est bien évidemment pas de la portée d'un mémoire d'effectuer une étude de cas, et ainsi de dire si une mesure telle que l'introduction d'une zone à émissions réduites est applicable ou non sur le territoire genevois. Par le biais de ce travail, nous souhaitons faire le tour de la question sans aucune prétention, si ce n'est poser les bases d'une analyse plus approfondie, intégrant les comportements en matière de mobilité. Avant de nous pencher plus en détail sur ce que représente une zone à émissions réduites, et de calculer les effets potentiels de son application sur Genève, nous souhaitons nous concentrer sur l'intégration de la politique de protection de l'air depuis les années 1970 jusqu'aux années 1990.

**2. INTEGRATION D'UNE POLITIQUE DE PROTECTION DE
L'AIR DANS LES POLITIQUES SUISSES DES
TRANSPORTS**

2.1 Introduction

Le développement d'un réseau de transport de biens et d'individus joue un rôle clé dans le développement et la croissance d'un territoire. En effet, plus le système de transports est performant, et plus ses coûts sont faibles, plus il sera aisé pour les individus de se déplacer afin de satisfaire leurs besoins. Comme le souligne Kaufmann, "la réalisation d'infrastructures de transport rapides routières et ferroviaires - autoroutes, roclades chemins de fer Intercity, permettent potentiellement la maîtrise d'un espace-temps considérablement étendu, tant pour les acteurs individuels que pour les acteurs économiques" (Kaufmann et al, 2001, p. 19). Le transport est donc fortement corrélé avec la dynamique socio-économique d'un territoire.

Ceci étant, il peut générer autant d'externalités positives que négatives. La diffusion de la voiture particulière et des moyens de transports rapides dans les années 1960, ont certes contribué à une dynamisation du territoire et permis une croissance économique qui se sont traduites par l'évolution du niveau de vie la population. Cependant, en contre partie, le mode de vie développé autour de la voiture particulière a également généré un fort impact environnemental, constitué de nuisances telles que la pollution atmosphérique, le bruit, la consommation d'espace, etc. En Suisse, celles-ci ont engendré, dans les années 1970, une prise de conscience quant à la condition de l'environnement dans lequel la société évolue. Malgré cela, les objectifs de l'assainissement du cadre de vie de la population entrent en contradiction avec les enjeux économiques et sociaux, puisqu'on ne peut pas interdire l'accès à la voiture au centre-ville sans avoir d'impact sur les commerçants par exemple.

Cette contradiction se retrouve également entre le passé et le présent, dans la mesure où les objectifs vers lesquels il faut tendre aujourd'hui sont opposés à ceux qu'il fallait atteindre il y a 40 ans, lors de la démocratisation de l'automobile. En effet, notre société a hérité d'un réseau de transports conçu principalement

pour le tout à l'auto. Or, aujourd'hui, les politiques visent à modifier les habitudes de mobilité, en privilégiant des mesures incitant un report modal depuis les transports individuels vers d'autres modes de transport. Ceci dans le but de réduire les impacts conséquents à l'utilisation de l'automobile en milieu urbain. Ce qui complexifie la question de l'aménagement du territoire, puisqu'en effet, comment peut-on garantir un accès rapide et confortable, à des biens et services, en minimisant les impacts négatifs tant sur l'environnement que sur l'économie ?

En outre, la multitude d'acteurs présents sur trois niveaux constitutionnels (fédéral, cantonal, et communal) rendent les politiques d'aménagement et de transports difficiles à coordonner. Comme l'explique Kaufmann, "le fédéralisme helvétique et l'enchevêtrement des territoires de compétences qu'il suppose, complique singulièrement le débat" (Kaufmann et al, 2001, p. 12). Par conséquent, bien que la Confédération joue un rôle prépondérant, la politique ne s'applique pas de manière similaire dans chacun des 26 cantons.

L'objectif n'est pas ici de traiter en détail l'historique de la politique de transports en Suisse durant la deuxième moitié du XX^{ème} siècle. Néanmoins, le but de ce chapitre est d'observer comment la problématique environnementale a été intégrée dans les politiques publiques, ceci afin de comprendre comment la zone à émissions réduites s'articule dans le cadre de la politique de protection de l'air. Pour ce faire, il nous faut néanmoins nous concentrer sur les politiques passées, soit depuis les années 1970 jusqu'au début des années 1990. La politique des transports entre le milieu des années 1990 et nos jours étant plutôt axée sur une monétarisation de la mobilité (débat sur le péage urbain, redevance poids lourds par exemple) ne concerne pas notre analyse. Après notre historique (point 2.2), nous nous focaliserons sur l'application de la politique de protection de l'air en explicitant les types de mesures engendrées par la loi sur la protection de l'environnement (LPE) (point 2.3). Nous en décrirons également les diverses caractéristiques. Nous introduirons ensuite le plan d'action dans le but de comprendre où se situe la mesure *zone à émissions réduites*. Nous nous

concentreront ensuite l'articulation de cette dernière aux niveaux institutionnel et administratif (point 2.4).

2.2 Intégration d'une politique de protection de l'air : de 1970 à 1990

Comme explicité au point 2.1, l'environnement n'est pas intégré dans les politiques des transports avant le début des années 1970. La politique suisse en matière de transports est liée à la croissance économique des Trente Glorieuses. L'essor du transport privé dans les années 1960 a permis l'augmentation du niveau de vie des Helvètes. En effet, la démocratisation de la voiture particulière a permis une accessibilité facilitée aux diverses opportunités de vie offertes par la croissance économique. La Confédération et les cantons ont donc favorisé le développement d'un système de transport axé sur les transports individuels motorisés permettant à tout un chacun de satisfaire ses besoins fondamentaux. Comme l'explique Oetterli, "jusqu'au début des années 1970, la politique suisse des transports se concentre sur l'aménagement et le développement des réseaux de transports ; elle poursuit donc une optique orientée moyens de transports. On considère qu'il faut étendre le réseau des infrastructures de transports afin de favoriser la division géographique du travail et de promouvoir le développement de l'économie et de la société. Plus de mobilité pour tous – telle est la devise politique" (Oetterli, 2001, p. 2). En d'autres termes, plus de mobilité équivalait à plus de croissance économique et donc plus de bien-être. Encore inconsciente des nuisances dues aux transports ainsi que de leur coût, la Confédération n'intègre une problématique environnementale dans le cadre des politiques des transports qu'au début des années 1970.

En 1972, elle crée une conception globale suisse des transports (CGST) ayant pour but de réorienter la politique des transports vers "un redéploiement des transports collectifs urbains dans les principales agglomérations suisses" (Kaufmann et al : 2001). En effet, l'urbanisation s'étant faite en fonction du tout à l'auto, les réseaux de transports publics avaient été en majeure partie démantelés. Mais une législation imposant la prise de mesures pour réduire les impacts environnementaux

dus aux transports n'advient que dans la première moitié des années 1980. En effet, avec certains phénomènes tels que la mort des forêts et les pluies acides, la pollution atmosphérique est considérée comme un problème "collectif et global" et une législation environnementale concernant directement les transports fait son apparition (Savary, 2008, p.p. 99-100). La Confédération prend conscience qu'il faut réduire les émissions polluantes à la source et adopte en 1983, une loi pour la protection de l'environnement (LPE). Elle-même sera suivie en 1985 et 1986 de deux ordonnances d'application qui fixent les seuils à ne pas dépasser en matière de pollution de l'air et de bruit (OPair et OPbruit). Il en résultera l'élaboration de plans d'action éditant une multitude de mesures (c.f. point 2.3) dont certaines ciblent directement le domaine des transports. Les premiers apparaîtront entre la fin des années 1980 et le début des années 1990 (1991 pour Genève).

La deuxième moitié des années 1990, est marquée par l'arrivée de nouvelles mesures prises par le Conseil fédéral. En plus de l'ajournement rigoureux des normes imposées par l'OPair, des mesures d'ordre pécuniaire font leur apparition, avec l'introduction en 1998 de la taxe sur les composés organiques volatils (COV), la redevance poids lourds et le centime climatique respectivement au début, puis au milieu des années 2000.

Maintenant que nous connaissons l'historique de la politique en matière de protection de l'air, nous pouvons nous concentrer plus en détail la nature des mesures adoptées pour combattre la pollution atmosphérique ainsi que sur les plans d'action Opair.

2.3 Application de l'ordonnance *OPair* et nature des mesures

La politique en matière de protection de l'air, comme la plupart des politiques, s'articule en fonction de la confédération, des cantons, et des communes. Cette structure en représente donc la colonne vertébrale :

- La Confédération impose des lois et des taux à faire respecter, comme nous l'avons vu avec la LPE et ses ordonnances OPair et OPbruit.
- Les cantons sont chargés par la Confédération de surveiller l'état et l'évolution de la pollution atmosphérique sur leur territoire en éditant des plans de mesures qu'ils doivent rédiger eux-mêmes (Savary, 2008, p. 102). Ils ont donc une importante marge de manœuvre, puisqu'il leur incombe de créer les mesures à adopter pour lutter contre la pollution. Le nombre d'organismes concernés à ce niveau institutionnel dépend de chacun des cantons.
- Les communes appliquent la politique en intégrant certaines mesures dans les plans d'affectation lorsqu'il en est nécessaire. Cela dit, leur rôle reste limité dans la mesure où il incombe aux cantons de faire respecter les normes adoptées par la Confédération. Par ailleurs, les enjeux liés à la protection de l'air dépassant les frontières communales, les plans de mesures actuels, ainsi que les aménagements, se font à l'échelle des agglomérations. C'est le cas avec la zone à émissions réduites dont le périmètre d'appoint dépasse les limites de la commune de Genève (c.f. chapitre 4, point 4.3.1.1).

2.3.1 Mesures

L'application des diverses mesures prises pour diminuer l'impact des transports sur la qualité de l'air passe par les politiques publiques. Les mesures peuvent être classées selon divers critères: leur nature (préventives ou thérapeutiques), leur objet (transports, habitat, etc), leur degré d'incidence (mesures techniques, mesures modifiant les comportements, etc..). Sans pour autant trop nous attarder sur les caractéristiques de ces mesures, nous proposons deux types de classification; la première découle de l'articulation en phases de la LPE et la deuxième s'inspire de l'étude de Savary (point 2.3.3). Nous nous arrêterons tout d'abord sur les mesures appliquées par les deux niveaux institutionnels (fédéral et

cantonal), puis sur les caractéristiques de ces mesures (techniques, qualitatives/fonctionnelles, quantitatives).

2.3.2 Mesures découlant de la Loi sur la protection de l'environnement (LPE)

Les mesures institutionnelles découlant de la LPE s'articulent selon une double logique. Les mesures dites "préventives" se distinguent des mesures dites "thérapeutiques". Les premières sont constituées par des normes, les valeurs limites d'émissions (VLE), fixées par la Confédération. Elles représentent "la limite supérieure des charges polluantes admissibles" par l'être humain et son environnement (Savary 2008, p. 101) et visent une baisse des taux de pollutions en s'attaquant directement à leurs sources d'émissions. Elles regrouperont par exemple des mesures d'ordre technique comme l'introduction de l'essence sans plomb ou des catalyseurs pour les véhicules essence dans le milieu des années 1980. Dans le cadre des transports, elles touchent donc les véhicules à l'origine des émissions plutôt que leurs utilisateurs.

Les mesures thérapeutiques concernent le dépassement des valeurs limites d'immissions (VLI). Celles-ci renvoient aux polluants déjà émis, présents dans l'air ambiant après qu'ils ont été transportés et/ou dilués (Savary, 2008, p. 101). La concentration d'ozone en milieu urbain représente un exemple d'immissions. Ce dernier n'est pas un polluant émis, il résulte des réactions photochimiques entre le dioxyde d'azote, émis par la combustion de carburants fossiles, et les ultraviolets émis par le soleil. Les VLI sont des indicateurs de la qualité de l'air ambiant. Si elles viennent à être dépassées, certaines mesures doivent être prises afin de pouvoir restaurer cette qualité, d'où l'aspect thérapeutique. Elles constituent donc un appoint et touchent les émetteurs de gaz polluants situés dans la zone concernée par le dépassement des VLI. Parmi celles-ci, nous trouvons les mesures visant à diminuer le trafic, telle que l'alternance de circulation entre véhicules ayant un numéro d'immatriculation pair et un numéro impair, lors des jours de smog intense par

exemple.

Les mesures préventives sont donc d'ordre fédéral, et concernent directement les émissions, alors que les mesures thérapeutiques sont d'ordre cantonal. Celle-ci sont intégrées dans un plan de mesures (c.f. point 2.4.1) et visent principalement à réduire les immissions lorsque leurs valeurs limites sont dépassées.

2.3.3 Caractéristiques des mesures

Savary classe les mesures agissant en faveur de la protection de l'air (également celles agissant sur l'aménagement de la voirie) en trois catégories:

Les mesures techniques: comme explicité plus haut, ce sont les mesures apportant des adaptations ou des modifications techniques aux moyens de transports. L'exemple le plus connu est celui de l'équipement obligatoire des véhicules d'un catalyseur dès 1986, ou encore l'équipement des voies publiques d'un nouveau revêtement permettant la diminution du bruit. Savary relève également que les mesures techniques ne concernent pas le comportement des usagers. Par conséquent, les autorités ont "d'abord visé à réglementer l'exploitation de l'air par ce type de mesure car elles évitaient le difficile débat politique lié à la réorganisation de la manière de circuler" (Savary, 2008, p. 83). En effet, toucher aux habitudes individuelles devient délicat dans la mesure où l'on touche à la sphère privée des individus. Ces derniers ne seraient donc pas nécessairement disposés à modifier leurs comportements, bien ancrés depuis les années 1960.

Les mesures qualitative/fonctionnelles: les mesures qualitatives (ou fonctionnelles) s'attaquent directement aux conséquences du trafic routier sur la qualité de l'air, en modifiant la façon de circuler. Les aménagements de zones 30 km/h ou de tronçons autoroutiers à 80 km/h en sont des exemples concrets. Bien qu'elles imposent une manière différente de circuler, elles ne modifient pas les habitudes de mobilité des individus.

Les mesures quantitatives: elles visent à diminuer le nombre de véhicules en circulation sur une période donnée, afin de contenir la quantité d'émissions polluantes. Nous pouvons citer à titre d'exemple, l'alternance des plaques pair/impair en fonction des jours ouvrables en cas de smog trop dense, l'interdiction aux poids lourds de circuler la nuit et le dimanche, etc. Contrairement aux deux précédentes catégories, les mesures quantitatives peuvent donc atteindre les pratiques modales des individus.

Maintenant que nous connaissons la nature des diverses mesures, nous pouvons nous focaliser en détail sur l'articulation de la zone à émissions réduites. En effet, comment celle-ci s'intègre-t-elle dans la politique de protection de l'air ? Dans quelle catégorie s'inscrit-elle en fonction de sa nature et de ses caractéristiques ? C'est ce que nous proposons de déterminer au point suivant.

2.4 Plan de mesures et articulation de la zone à émissions réduites

Maintenant que nous connaissons la la nature des diverses mesures adoptées pour contrer les nuisances dues à la pollution de l'air, nous pouvons nous concentrer sur les plans d'action qui les regroupent ainsi que sur la zone à émissions réduites en particulier.

2.4.1 Les plans de mesures

Les plans cantonaux OPair, sont constitués d'un nombre variable de mesures (en fonction des cantons) et concernent divers domaines ayant des impacts sur la qualité de l'air tels que: "les transports, les ménages et les industries" (Cormon, 1994, p. 7). Savary définit le plan de mesure comme "un instrument de coordination par lequel les autorités cantonales ordonnent, à la suite d'un examen global de la situation, les mesures nécessaire à l'assainissement qualitatif de l'air, tout en respectant le principe de l'égalité des charges entre les émetteurs (notamment entre les nouvelles installations et celles qui existent déjà)" (Savary, 2008, p. 102). En premier lieu, le plan Opair fait un bilan basé sur des mesures effectuées sur le

territoire cantonal, comme par exemple le réseau de stations de mesure ROPAG à Genève, avant d'élaborer des solutions qu'il appliquera ensuite.

Il est donc du ressort des cantons de composer ces plans de mesures en prévision d'un dépassement des VLI à partir des VLE fixées par la confédération. Ceci étant, ces plans de mesures ont un statut d'ordonnance administrative et font donc figure de recommandations plutôt que de lois. Par conséquent, ni les états ni la confédération ne peuvent imposer une contrainte sur les agissements des individus au travers du plan. Ce qui constitue une limite en soi puisque l'on cherche à interdire sans vraiment pouvoir le faire. D'autre part, seul l'Etat doit s'adapter à l'ordonnance, alors qu'aucune obligation ne touche les habitudes de la population.

Nous retrouvons cette idée dans la zone à faible émissions. Ceci constitue paradoxalement un avantage et un inconvénient. Elle permet certes de contourner le cadre légal en interdisant l'accès aux véhicules non conformes, sans pour autant en interdire l'accès aux individus, et donc de s'en prendre à leurs habitudes. Néanmoins, l'autorisation de circuler subsistant pour l'extrême majorité du parc automobile (94% du parc VT genevois) n'induirait nécessairement pas de report modal significatif, ce qui atténuerait très vraisemblablement les effets positifs sur l'amélioration de la qualité de l'air. La zone à émissions réduites s'inscrit dans la deuxième génération du plan OPair genevois, que nous allons traiter au point 2.4.2.

2.4.2 Les plans *OPair* à Genève

Le plan d'action Opair actuel représente la deuxième génération. La première fut appliquée à Genève au début des années 1990. Bien que les objectifs des 33 mesures de ce plan n'aient été atteints que partiellement, il a été novateur du fait qu'il a fait figure de "principal levier pour une nouvelle conception de la circulation au centre ville" (Savary, 2008, p. 310). En effet, suite aux mesures proposées dans cette première mouture, le schéma de circulation du centre-ville genevois s'en est trouvé modifié. Ce qui a eu pour conséquence, avec l'inauguration de l'autoroute de contournement en 1993, de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air en

déviant les flux du trafic de transit. La quantité de pollution émise a donc été diluée sur le territoire, ce qui en a fait baisser les concentrations au centre-ville. De plus, la première génération du plan Opair a donc permis de créer un lien entre les différents organismes institutionnels mettant en œuvre les politiques publiques d'assainissement de l'air, et les divers organismes gérant l'aménagement du territoire.

La deuxième génération se concentre sur la période 2003-2010, et s'inscrit dans le prolongement de la première génération. Néanmoins, elle entend aller plus loin en "améliorant la coordination de la politique de la protection de l'air avec les autres politiques améliorant la qualité de l'air" (Savary, 2008, p. 103). Cependant, lors du bilan à mi parcours en 2007, les autorités ont constaté que les objectifs fixés pour l'horizon 2010 ne seront pas atteints, comme le stipule le plan : "les actions du plan Opair actuel [dans sa version 2003-2010] ne sont à l'évidence pas suffisantes pour assurer le respect des VLI OPair" (SCPA, 2008, p. 46). Ceci montre une des limites de la politique de protection de l'air, puisque l'amélioration de la qualité de l'air ne sera pas suffisante, malgré les mesures adoptées par le plan.

Le plan Opair révisé en 2007 compte désormais 36 mesures réparties en 13 objectifs (c.f. annexe B). Parmi lesquelles, se trouve l'objectif 2 *réduire le trafic motorisé dans le centre de l'agglomération*. Pour ce faire, ce point propose quatre moyens à mettre en œuvre, dont le point 2.2 *périmètre de restriction du trafic motorisé pour la protection de l'air : mesure zone à émissions réduites*. Celui-ci a été ajouté après la révision du plan et se base sur une mesure prise à Berlin que nous décrivons plus en détail au chapitre 3.

2.4.3 Caractéristiques de la zone à émissions réduites

Ayant, défini les caractéristiques des mesures luttant contre la pollution atmosphérique aux points 2.3.1.1 et 2.3.1.2, nous pouvons cerner plus précisément la zone à émissions réduites. Celle-ci se pose premièrement comme une mesure thérapeutique puisqu'elle est intégrée dans le plan cantonal en faveur de la

protection de l'air. Son objectif est bel et bien de contribuer à la diminution des immissions de polluants lorsque leurs valeurs limites sont dépassées. Comme l'indique le plan Opair, "la mesure zone à émissions réduites relève de la démarche d'assainissement de la zone à immissions excessives" (SCPA, 2008, p. 71). Elle relève d'un projet d'assainissement localisé, qui touche les sources de polluants émettant dans la zone concernée, c'est-à-dire les anciens diesels (antérieurs au standard européen d'émissions *Euro 3*) et les véhicules essence sans pot catalytiques (immatriculés avant 1987).

D'autre part, la zone à émissions réduites s'inscrit comme une mesure quantitative puisqu'elle vise à désengorger le centre-ville d'un certain nombre de véhicules. Il est cependant important de souligner que les véhicules touchés par cette interdiction, le sont de manière permanente, ce qui contraste avec d'autres mesures ponctuelles, comme l'alternance de circulation en fonction du numéro de plaque par exemple, qui n'advient que lors des jours de smog intense. Nous sommes cependant amenés à nous questionner sur ce point. En effet, comment peut-on désengorger le centre-ville, de manière significative, avec une mesure concernant 7% des voitures de tourisme genevoises, 6% des vaudoises et 17% de leurs homologues frontalières (c.f. chapitre 4, points 4.5.1.1 à 4.5.1.4)? Nous chercherons à répondre à cette question au chapitre 5. Mais avant, nous souhaitons expliciter quels sont les acteurs qui se préoccupent de la mise en œuvre de la mesure.

2.4.4 Articulation institutionnelle et modifications légales

Ce point se concentre sur les organismes sollicités par la mesure. Premièrement sur une dimension verticale, avec le rôle joué par le Conseil fédéral qui décidera de diverses modifications légales requises par le canton. Deuxièmement sur un niveau horizontal, avec les divers organismes cantonaux chargés de mettre en place la zone à émissions réduites.

Après avoir été rédigé par le canton de Genève, le plan contenant la mesure sera soumis au Conseil fédéral, et accompagnée d'une demande de modification de certaines bases légales fédérales. En effet, les ordonnances sur la signalisation routière (RS 741.21), concernant les exigences techniques requises pour les véhicules routiers (RS 741.41), et sur les règles de la circulation routière (RS 741.11) devront être modifiées. De plus, une ordonnance fédérale en matière de zone à faibles émissions devra être élaborée (SCPA, 2008, p. 70). Le rôle de la Confédération ne se limite donc pas à éditer les mesures concernant le respect des VLE. Celle-ci se doit également de valider les mesures prises par les cantons et d'adapter la législation lorsque cela est possible.

En ce qui concerne le plan horizontal, l'état de Genève mandatera divers acteurs, pour la mise en œuvre de cette mesure. Les services sollicités se concentrent en majorité dans le département cantonal du territoire:

- Le Département Général de l'Environnement (DGE) en collaboration avec le Service des Automobiles et de la Navigation (SAN), l'Office Cantonal de la Mobilité (OCM), et la police cantonale genevoise se chargeront de la préparation de la mesure.
- Le Service Cantonal de la Protection de l'Air (SCPA) se chargera de la coordination de la mise en œuvre.
- Le Service de l'Information et de la Communication, en collaboration avec la police cantonale, sera responsable de la communication. (SCPA, 2008, p. 71)

2.5 Conclusion

Au travers des décennies, nous remarquons l'évolution de la relation entre transports et environnement au travers des politiques publiques. En effet, bien que

les politiques en matière de protection de l'environnement n'aient été introduites que très tardivement, elles jouent aujourd'hui un rôle prépondérant dans la gestion de la mobilité et des aménagements territoriaux qui en découlent. Cependant, le potentiel des politiques publiques en matière de protection de l'air reste limité par trois éléments:

Premièrement, les plans de mesures ne représentent que des ordonnances administratives. Même si les cantons et les administrations doivent s'adapter, la législation ne permet pas d'imposer des interdictions aux individus. Deuxièmement, les valeurs limites n'ont pas de limite globale (Savary, 2008, p. 107). Elles permettent certes de donner des indications sur la qualité de l'air, et de justifier des mesures en cas de dépassement. Mais elles n'ont aucune influence sur l'augmentation du nombre de véhicules, et donc sur les sources d'émissions de polluants. Troisièmement, la carence en mesures incitatives limite les résultats des mesures découlant de la LPE. En effet, des mesures comme une défiscalisation partielle des véhicules les plus écologiques ou la gratuité des transports en commun pourraient influencer le choix modal des individus. Néanmoins, celles-ci représentent un poids économique supplémentaires sur les finances cantonales et fédérales.

Ceci étant, la zone à émissions réduites se pose malgré tout comme une mesure novatrice, qui semble avoir fait ses preuves en Allemagne. Mais sera-t-elle capable de contribuer de manière significative à l'amélioration de la qualité de l'air à Genève? C'est ce que nous étudierons au chapitre 4. Mais nous nous intéresserons d'abord au concept de zone à émissions réduites ainsi qu'à la ville de Berlin, qui fut une ville pionnière quant à l'introduction d'une telle mesure. Ceci dans le but d'illustrer ce que représente une zone à faibles émissions.

3. CONCEPT DE ZONE A EMISSIONS REDUITES

3.1 Introduction

Pour combattre les effets néfastes de la pollution, et ainsi améliorer la qualité de l'air, de plus en plus de villes européennes optent pour une mesure innovante mais dont les résultats restent encore à prouver. Ces dernières ont en effet décrété des zones écologiques au sein de leur territoire communal. Celles-ci, dont la superficie varie en fonction des villes, autorisent l'accès uniquement à certains véhicules munis d'une pastille de couleur. Ce chapitre a pour but d'expliquer le fonctionnement du système mis en place lors de l'introduction d'une zone à émissions réduites, comme par exemple l'obtention d'un macaron de couleur, ou encore les périmètres concernés et illustrera ce système en s'appuyant sur l'exemple de la ville de Berlin. Cependant, le concept de zone à émissions réduites étant récent, il nous incombe de le définir avant d'explicitier le modèle berlinois.

Une zone à émissions réduite, (ou zone à faibles émissions) se définit comme un périmètre dans lequel les véhicules les plus polluants ne sont plus admis. Ce qui implique que les véhicules en sont bannis, lorsqu'ils ne respectent pas un standard d'émissions minimum⁵ (EU, s.d.). Hormis les standards d'émissions, les *low emissions zones* (ou LEZ) peuvent être appliquées en fonction de divers paramètres décidés par les autorités locales. La plupart sont actives toute l'année, bien que certains périmètres d'appoint entrent en fonction lors des jours de forte pollution, comme il en serait le cas à Genève par exemple. A Milan, la zone n'est active que durant les heures de pointe. Au Japon, il existe également des zones à émissions réduites bannissant tout les véhicules possédant un moteur à combustion. On parle alors de *zéro emissions zones* (ZEZ).

En conséquence, une LEZ peut également être adaptée en fonction de la catégorie de véhicules que l'on veut exclure. Certaines concernent donc tous les types de véhicules, autant les poids-lourds que les autobus, en passant par les

⁵ Les standards d'émissions *Euro* sont constitués de valeurs limites d'émissions imposées par l'Union Européenne. Ces valeurs doivent être respectées par les constructeurs d'automobiles, s'ils entendent commercialiser leurs véhicules (c.f. Annexe B).

deux-roues motorisés, et les voitures de tourisme bien évidemment. La zone à émissions réduites peut donc s'adapter en fonction de diverses modalités à partir des attentes à l'échelle de chaque agglomération. Aussi nous définiront plus loin les modalités de la zone à faibles émissions genevoise, dont nous analyserons les impacts aux chapitres 4 et 5.

D'autre part, nous souhaitons mentionner un élément primordial de notre analyse. En effet, la Confédération n'ayant pas encore adopté de modalités définitives sur la zone à émissions réduites, nous nous sommes basés sur le modèle berlinois. Toujours est-il que le Conseil Fédéral a élaboré une sélection dont les critères sont plus précis et plus strictes que ceux que nous avons utilisés dans notre analyse. L'annexe A les illustre et les synthétise. Ceci étant, pour comprendre la sélection des véhicules admis ou exclus par une zone à faibles émissions, nous allons d'abord nous pencher sur les standards concernant les prescriptions des gaz d'échappement suisses (et européennes le cas échéant).

3.2 Prescription concernant les gaz d'échappement

Les premières prescriptions concernant les gaz d'échappement ont été introduites en Suisse au début des années 1970. Celles-ci concernaient en premier lieu les fumées émises par les moteurs diesel et furent renforcée en 1974 par de nouvelles prescriptions plus complètes incluant des valeurs limites d'émissions. Ces dernières deviendront de plus en plus sévères durant les années 1980, ceci dans le but d'atteindre les objectifs fixés par la LPE. Au milieu des années 1990, la Suisse harmonisera ces prescriptions avec les standards européens (OFEV, 2009b). Ces prescriptions en matière d'échappement concernent donc tous les polluants émis pour chaque catégorie de véhicules (VT, VL, et PL) et deviennent de plus en plus sévères à mesure que les années passent (c.f. annexe B). Ceci afin d'imposer aux constructeurs automobiles une évolution technologique qui permette de diminuer les émissions des véhicules, pour ainsi contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air en milieu urbain.

La sélection des véhicules refoulés par les diverses zones à émissions réduites se base donc sur ces normes. Une sélection se basant uniquement sur les divers segments du marché automobile, comme par exemple l'exclusion des véhicules utilitaires de sport (SUV) et autres grosses berlines controversées, s'avérerait erronée si elle ne tenait pas compte de l'ancienneté des véhicules. En effet, le seuil maximum des valeurs limites d'émission est durci tous les 4 ans environ. Par conséquent, plus un véhicule est récent, moins il pollue, indépendamment de sa cylindrée. Par exemple, un SUV diesel répondant à la norme *Euro 5* polluera moins qu'une petite citadine française (à motorisation diesel également) répondant à la norme *Euro 2*. La sélection des véhicules admis à l'intérieur du périmètre d'une zone à faibles émissions s'effectue donc à partir des prescriptions déterminant les valeurs limites d'émissions et en fonction du carburant.

Comme explicité plus haut, les prescriptions concernant les gaz d'échappement concernent tous les types de véhicules. Cependant, au-delà de chaque catégorie de véhicule, une classification est également effectuée pour chaque type de motorisation, autant essence que diesel. En effet, il est communément admis que le diesel est plus écologique que l'essence, dans la mesure où le bilan énergétique est meilleur, et les émissions de CO₂ moindres. Il n'en est rien. Certes les motorisations diesel consomment moins de carburant, mais elles polluent différemment en comparaison avec les moteurs à essence. Comme l'explique l'OFEV, les voitures diesel "consomment moins de carburant et libèrent donc moins de CO₂ dans l'air (-12%) que les véhicules à essence, mais elles émettent nettement plus d'oxydes d'azotes. En outre, leurs émissions de suies de diesel sont élevées (jusqu'à 1'000 fois plus qu'une motorisation essence) en l'absence de filtres à particules efficaces" (OFEV, 2009b). De plus, il est important de souligner que le CO₂ émis n'est pas directement nocif pour les êtres humains ou les animaux qui le respirent. Or la zone à émissions réduites réduite vise principalement la réduction des taux de deux polluants : les oxydes d'azote (NO_x), ainsi que les particules fines (PM₁₀). Ceux-ci représentent une des causes

directement liées aux problèmes respiratoires de la population⁶. Par conséquent, l'exclusion touchera les véhicules essence n'ayant pas de catalyseur (mis en circulation avant 1987), et les véhicules diesels répondant aux normes *Euro 3* (sans filtre à particules) et antérieures, auxquels un macaron coloré sera attribué.

3.3 Les macarons de couleur

Pour reconnaître un véhicule admis (ou exclu) dans la zone à émissions réduites, les autorités berlinoises ont mis au point un système de macaron à mettre en évidence sous le pare-brise, au même titre qu'un ticket délivré par un horodateur dans un parking collectif. Les macarons se déclinent en quatre catégories⁷:

- Les véhicules les plus anciens, c'est-à-dire répondant aux normes *Euro 0* et *Euro 1* sans filtre à particules (FAP), entrent dans la première catégorie. Ceux-ci n'obtiendront aucun macaron.
- Le macaron rouge représente l'interdiction d'entrer dans le périmètre délimitant la zone à faibles émissions. Il sera délivré aux véhicules essence sans pot catalytique ainsi qu'aux diesels *Euro 1* munis d'un FAP et *Euro 2*.
- Le macaron jaune représente un sursis. En effet, il sera attribué aux véhicules qui ne répondront plus aux critères de la zone à émissions réduites lorsque la deuxième étape de son introduction entrera en vigueur, 2010 pour Berlin, 2015 pour Genève. Les véhicules diesel *Euro 2* avec FAP et *Euro 3* obtiendront ce macaron.




⁶ Selon l'Association Transport et Environnement (ATE), la pollution due aux NO_x et aux PM provoque 3'300 décès prématurés, 45'000 cas de bronchites et 23'000 crises d'asthme chez les enfants en Suisse (Association Transports et Environnement [ATE], 2005, p.2).

⁷ Comme explicité en page 47, la Confédération Suisse n'a publié ses propres critères concernant les zones à émissions réduites qu'après notre recherche. Ceux-ci diffèrent du modèle "berlois" que nous avons suivi et se trouvent à l'annexe A du présent rapport.

- Le macaron vert désigne l'autorisation de circuler dans le périmètre définissant la zone à émissions réduites. Les diesel *Euro 3* munis d'un FAP et les diesels *Euro 4* et plus récents obtiendront ce macaron.

Le macaron se présente donc sous une forme circulaire colorée qui est à placer en bas à gauche du pare-brise. Le chiffre qui est présent sur la première moitié indique la norme antipollution européenne et la bande blanche nommée *Platzhalter für Kfz-Kennzeichen* au bas de la figure 3.1, est destinée au numéro d'immatriculation du véhicule.

Figure 3.1 Obtention d'un macaron en fonction de la norme européenne d'émissions

	Schadstoffgruppe			
	1	2	3	4
Plakette	keine Plakette			
Anforderung für Diesel	Euro 1 oder schlechter	Euro 2 oder Euro 1 + Partikel-filter	Euro 3 oder Euro 2 + Partikel-filter	Euro 4 oder Euro 3 + Partikel-filter
Anforderung für Benziner	ohne geregelten Kat			Euro 1 mit geregeltem Kat oder besser

Platzhalter für Kfz-Kennzeichen

source: S-Bahn Berlin, 2007

Dans le but de comprendre la signification du macaron jaune, il convient de décrire l'introduction de la zone à faibles émissions à Berlin. Celle-ci a été effectuée en deux étapes. Premièrement, les véhicules n'ayant pas de reçu de macaron se sont vu interdire l'accès au centre-ville depuis le 1^{er} Janvier 2008. Les véhicules ayant obtenu un macaron rouge et jaune pouvaient toujours circuler en 2008, mais se sont vu retirer le droit de circuler en centre-ville à partir du 1^{er} janvier 2010. Et enfin, les véhicules possédant un macaron vert peuvent circuler sans aucune restriction dans le périmètre concerné.

Avant de continuer la description du modèle berlinois, nous souhaitons spécifier deux éléments dont nous n'avons pas tenu compte dans notre analyse. Il s'agit premièrement de l'étape intermédiaire. En effet, à Berlin, la zone à émissions réduites est entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2008, et admettait les véhicules munis d'une pastille jaune (soit en sursis) jusqu'en 2010. Année à partir de laquelle, seuls les véhicules munis d'une pastille verte pouvaient circuler. A Genève, les autorités prévoient également d'introduire une période de transition pour les véhicules munis d'une pastille jaune. La mesure entrerait en vigueur à l'horizon 2012-2013, et n'admettrait que les véhicules possédant une pastille verte uniquement à partir de 2015. Pour des raisons de simplification et de précision, nous avons effectué notre analyse en considérant l'entrée en vigueur de la mesure à partir de 2015 et n'accrochant que les véhicules munis d'une pastille verte uniquement. Ceci pour éviter d'élaborer des scénarios à partir de 2012, qu'il aurait fallu introduire dans les scénarios élaborés pour 2015.

Deuxièmement nous n'avons pas tenu compte des filtres à particules pour deux motifs. D'une part, parce que les filtres à particules ne sont que très peu diffus dans le parc automobile helvétique (6% des VT diesel vendues en 2003 possédaient un filtre⁸). D'autre part, par manque de données, puisque les coefficients d'émissions à partir desquels nous avons basés nos calcul ne tiennent pas compte des filtres à particules (c.f. chapitre 4, point 4.7). La réduction des

⁸ ATE, 2005, p. 3.

émissions dues aux filtres étant variable, nos calculs auraient été complexifiés, sans pour autant en améliorer la précision. Maintenant que nous connaissons le système des macarons, nous pouvons décrire les nouveautés concernant la signalisation routière.

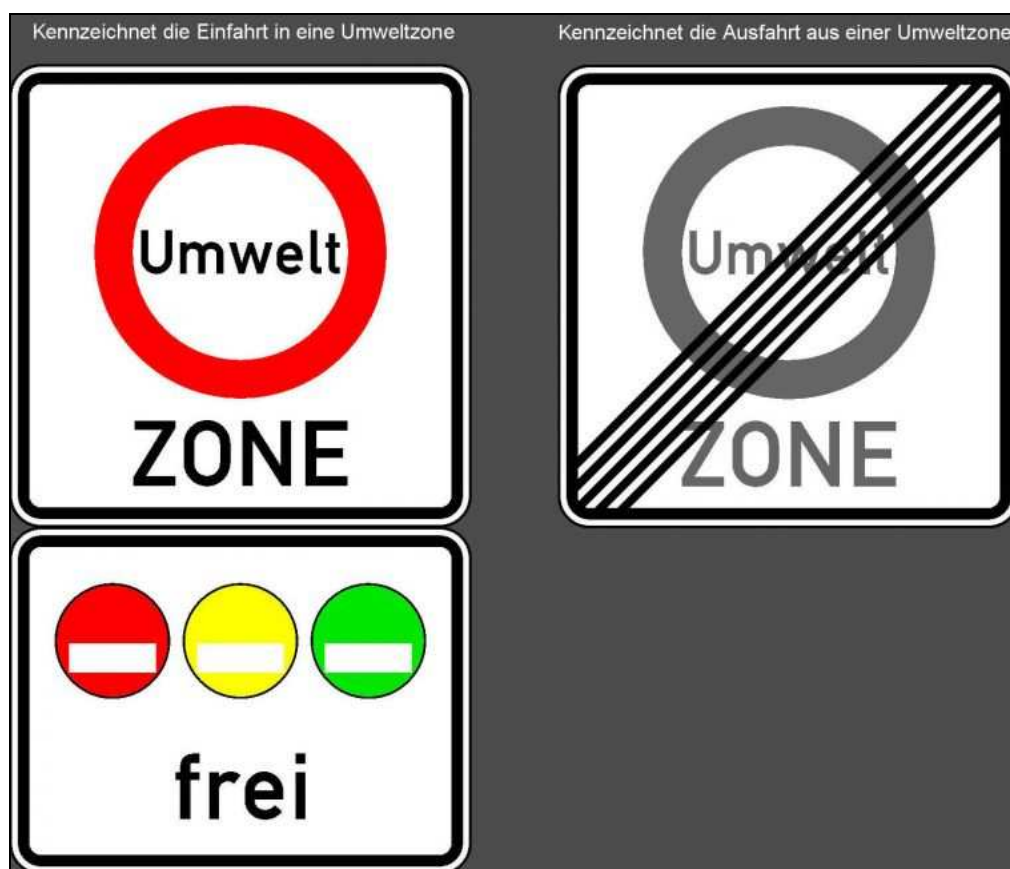
3.4 La signalisation routière

Comment reconnaît-on une zone à émissions réduites ? La question se pose parmi beaucoup d'automobilistes transitant par Berlin, surtout pour celles et ceux qui n'y viennent que de manière occasionnelle. Les autorités compétentes ont mis en place une signalisation routière très simple, dans la mesure où elle est constituée de trois panneaux de signalisation. Il est intéressant de remarquer que ceci constitue un avantage par rapport à d'autres mesures de réduction du trafic routier, comme par exemple la modification d'un tronçon routier ou l'introduction d'un péage urbain, qui nécessitent l'installation d'infrastructures lourdes et coûteuses. Les panneaux de signalisation sont donc placés aux abords de la zone et indiquent aux conducteurs qu'ils entrent dans le périmètre, ou qu'ils le quittent. La figure 3.2 illustre la signalisation routière. Les deux éléments situés sur la gauche de la figure, indiquent aux conducteurs qu'ils entrent dans le périmètre de la zone à faibles émissions. Ils vont de pair dans la mesure où le panneau complémentaire indique la catégorie de véhicules admis dans la zone. Tandis que l'élément de signalisation présent sur la partie droite de la figure, indique que l'automobiliste sort du périmètre.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, un tel système de signalisation s'avère donc relativement simple. Son deuxième avantage consiste dans les coûts d'installation et d'entretien, dont on peut imaginer qu'ils sont peu onéreux, et qu'ils seront couverts par les recettes engendrées par l'attribution des macarons (c.f. point 3.5). Cependant un tel système de signalisation comporte un inconvénient. En effet, la signalisation mise à part, aucun obstacle physique n'est prévu pour autoriser ou interdire l'accès aux véhicules. Un individu pourrait donc circuler sans

vignette dans le périmètre. Par conséquent, un système de contrôle devra être instauré afin de veiller au respect du périmètre de la zone à émissions réduites.

Figure 3.2 Signalisation routière de la zone à émissions réduites⁹



Source: Essen, (n.d.).

3.5 Tarification et contrôle des abus

L'introduction d'une zone à faibles émissions dans le centre-ville se pose également comme un exemple d'internalisation des coûts. Ce système de réduction du trafic routier reprend en effet le principe de la taxe du pollueur-payeur. En effet, les macarons de couleurs ne sont pas distribués gratuitement. Les individus doivent donc s'acquitter d'une taxe qui varie en fonction de la couleur du macaron et des différentes villes. Un macaron coûte donc entre 5 et 40 Euro. Les tarifs suivent bien évidemment la classification des catégories. En d'autres termes, un macaron vert, permettant l'accès au périmètre concerné coûtera moins qu'un

⁹ C.f. annexe A pour la signalisation routière en Suisse

macaron rouge, dont la catégorie regroupe les véhicules les plus polluants. Par ailleurs, il est à noter que la tarification d'une telle mesure peut varier en fonction des pays, les prix d'une telle mesure pouvant être différents si elle était introduite en Suisse.

Tableau 3.1 Revenus (Euro) engendrés par la zone à émissions réduites	
Voitures de tourisme	
Macaron vert	545'868
Macaron jaune	217'485
Macaron rouge	1'221'802
Voitures de livraison	
Macaron vert	21'920
Macaron jaune	31'410
Macaron rouge	58'615
Poids-lourds	
Macaron vert	10'120
Macaron jaune	10'058
Macaron rouge	9'210
Total (Euro)	2'126'488
Total (CHF)	3'125'937

D'autre part, le problème du non-respect de la zone environnementale peut être résolu par de simples contrôles de la circulation routière. En effet, les contrevenants s'exposent à une amende de 40 Euros (Allavoine, 2008). Cependant, comme explicité plus haut, le prix des macarons et le montant des amendes peuvent varier en fonction du pays ou de la région. Nous avons observé la législation fédérale en matière de circulation routière afin d'estimer le montant de l'amende dont individu devrait s'acquitter à Genève, s'il devait pénétrer dans le périmètre de la zone à faibles émissions avec un véhicule non conforme. Parmi la liste des multiples infractions pouvant être commises, nous avons cherché l'infraction la plus proche du *non respect de l'interdiction d'accès engendrée par la zone à faibles émissions*. Il en a résulté que cet agissement revient à ne pas respecter le signal de prescription *accès interdit* (art 27, al. 2 de la loi sur la circulation routière), ce qui implique un amende de 100.- (Confédération Suisse, 1996). Ce tarif devrait donc être appliqué pour le non respect du périmètre de la zone à émissions réduites.

Quant à la tarification des macarons, celle-ci peut être variable. Par manque de données, il nous est très difficile de la déterminer. Aussi, nous convertirons les tarifs appliqués par la ville de Berlin. Ne connaissant pas le prix du macaron jaune, nous l'estimerons en calculant la moyenne arithmétique entre les prix minimum et maximum (5€ et 40€), soit 22.50€. En outre, nous avons rendu le macaron obligatoire pour l'entier du parc de véhicules (VT, VL, PLM) immatriculé dans le canton de Genève. Selon la modélisation du parc automobile franco-valdo-

genevois (c.f. chapitre 4, points 4.5.1.2 à 4.5.1.4), la zone à faibles émissions devrait rapporter une somme de 2'126'488€, soit 3'125'937CHF. Une fois le macaron obtenu, sa durée de vie équivaut à celle du véhicule (TCS, 2008, p. 2). Cependant, le montant calculé pourrait également devenir une source de revenu régulière pour le canton, si la durée du macaron venait à être limitée à 365 jours. Le tableau 3.1 synthétise les revenus en fonction du parc de véhicule et de la couleur du macaron.

3.6 L'exemple de Berlin

Pour illustrer l'application de la zone à émissions réduite, nous avons choisi de nous pencher sur l'exemple constitué par la ville de Berlin. Cette ville compte 3,5 millions d'habitants et en regroupe 4,5 millions si nous considérons son agglomération. La capitale allemande représente donc un pôle économique et démographique. Par conséquent, elle génère d'importants flux de biens et de personnes, qui remettent en cause les enjeux sociaux et environnementaux de la région. En effet, les seuils de pollution concernant les PM₁₀ et le dioxyde d'azote (NO₂) sont régulièrement dépassés dans les artères principales du centre-ville (Pesch, 2008). Le trafic routier est à l'origine d'environ 40% des émissions de PM₁₀ et de 80% des émissions de NO₂. La zone à faible émissions a donc été introduite pour diminuer ces taux.

La figure 3.3 illustre la zone environnementale introduite dans le centre-ville berlinois. Elle est délimitée par les Westkreuz, Südkreuz, et Ostkreuz respectivement à l'Ouest, au Sud, à l'Est, et par le Gesundbrunnen au Nord. Le périmètre suit la ligne de tram appelée *Ring*, délimitant le centre-ville. Sa superficie représente une surface de 88 km² peuplée par un million d'habitants (Pesch, 2008). Il est intéressant de souligner que le périphérique autoroutier berlinois est inclus dans la partie sud de la zone à émissions réduites, mais qu'il n'en fait pas partie. Ce dernier sert au contraire à canaliser et évacuer le flux de trafic routier des véhicules ne répondant pas aux normes permettant d'obtenir un macaron adéquat.

Figure 3.3 Périmètre de la zone à émissions réduites dans le centre-ville berlinois



source : Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, (n.d.)

Depuis le 1^{er} janvier 2008, les véhicules diesel antérieur à la norme *Euro 2* (ou *Euro 1* avec FAP) ainsi que les véhicules essence sans catalyseur sont bannis du centre-ville. Depuis le 1^{er} janvier 2010, soit deux ans après, le périmètre n'admet que les véhicules diesel répondant à la norme *Euro 4* (et *Euro 3* avec FAP) ainsi que les véhicules essence munis d'un catalyseur (norme Euro 1 et plus récents). Avec l'instauration de cette zone écologique et du durcissement des restrictions, la ville de Berlin espère pouvoir réduire de 25% la pollution atmosphérique due au trafic routier (Pesch, 2008), et ainsi améliorer la qualité de l'air pour le million d'habitants y résidant.

3.7 Conclusion

Une année après l'entrée en vigueur de la mesure, les premiers résultats semblaient concluants. La mesure a premièrement affecté le nombre d'immatriculation de véhicules non conformes à la LEZ. En effet, une baisse de -73% des immatriculations de voitures de tourisme et de -53% des véhicules commerciaux en 2008 ne pouvant pas obtenir de macaron, soit Euro 0 (Lutz, 2009, p. 6). Quant à la baisse des émissions dues au trafic, celle-ci se monte à -24% pour les particules fines et -14% de NO_x (Lutz, 2009, p. 8). Pour ce qui est des charges de trafic, lors de la première année de mise en service, Lutz stipule qu'aucune baisse n'est attribuable à la LEZ. En effet, les mesures effectuées en 2008 montrent que les charges de trafic ont diminué de -4% à l'intérieur du périmètre, et de -6% dans les quartiers la jouxtant. Cette baisse est due principalement "au pic des prix du carburant de 2008" (Lutz, 2009, p. 4). En outre, avec l'entrée en vigueur de la deuxième étape, depuis le 1^{er} janvier 2010, les autorités berlinoises ont pour objectif d'atteindre une baisse de -40 % de suies dues au diesel et diminuer de 25% le nombre de personnes exposées au dépassement des valeurs limites d'immissions de PM₁₀ et de NO_x.

D'autre part, la zone à émissions réduite appliquant le principe du pollueur-payeur (les macarons devant être payés), les retombées financières permettent non seulement de couvrir les frais engendrés par la mise en service d'un tel système, mais devraient également représenter une source de revenus. En conséquence, les bénéfices pourraient constituer un appoint financier pour l'entretien des infrastructures composant le réseau de transports. Par ailleurs, la mesure pourrait même être renforcée, afin de maintenir une accélération du renouvellement du parc automobile berlinois à long terme. Par conséquent, les individus devraient donc être incités à opter pour des véhicules toujours plus écologiques.

Finalement, nous souhaitons souligner que la zone écologique berlinoise concerne un million d'habitants pour une surface de 88 km². Il reste donc à savoir

si une telle mesure est applicable à l'échelle d'une agglomération helvétique telle que Genève dont la superficie dédiée à une telle zone serait moins importante, et dont le parc automobile est composé de moins de diesel que le parc allemand. Ce que nous nous proposons de traiter au chapitre 4.

DEUXIEME PARTIE

4. INTRODUCTION D'UNE ZONE A EMISSIONS REDUITES A GENEVE

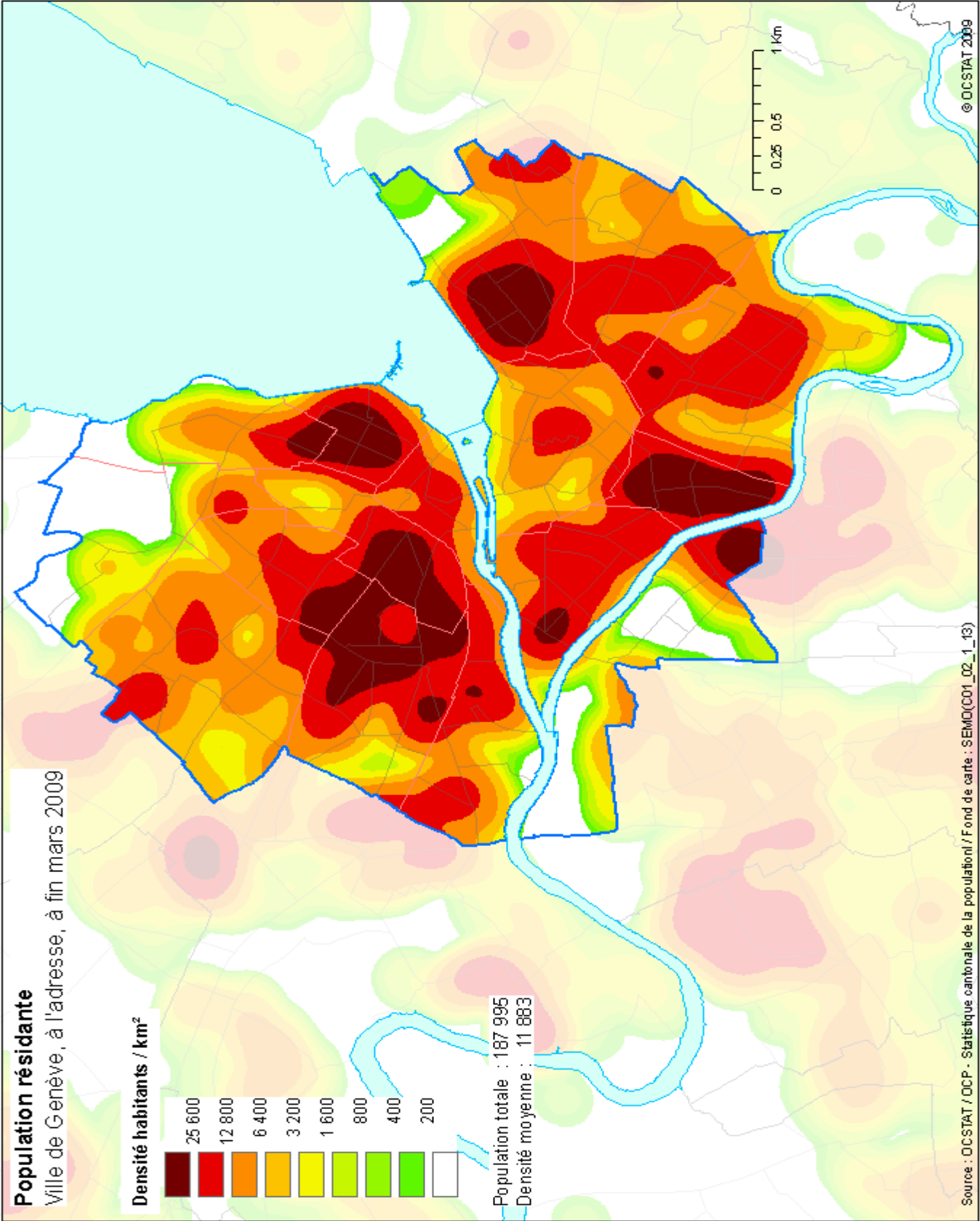
4.1 Introduction

Après s'être concentrés sur l'exemple de Berlin, il nous incombe de vérifier si une zone à émissions réduites serait efficace à Genève. Ce chapitre propose une analyse des données du Microrecensement des transports de 2005, et des résultats de *L'enquête aux frontaliers* (OCM, 2006) afin d'illustrer les habitudes de la population franco-valdo-genevoise en matière de mobilité. Ceci nous permettra de comprendre comment les individus se déplacent, pour quels motifs, et vers quelle destination. Nous pourrons ensuite vérifier si la baisse des émissions de NO_x et de PM ainsi que le nombre de véhicules refoulés seraient significatif pour améliorer la qualité de l'air à l'échelle de l'agglomération. Mais nous souhaitons nous concentrer sur les caractéristiques sociales et démographiques du canton et de son agglomération d'abord, puis sur l'évolution de la qualité de l'air.

4.2 Caractéristiques de Genève

L'agglomération genevoise draine un bassin de vie très important. Elle concentre 78% des 457'628 habitants du canton dans seulement 10 communes (OCSTAT, 2009b). La densité moyenne pour la ville de Genève était de 11'883 habitants/km² fin mars 2009 (c.f. figure 4.1). En outre, l'OCSTAT recensait 242'400 employés résidants en plus des 65'126 travailleurs frontaliers en 2008. La ville du bout du lac représente donc un nœud possédant une forte polarité. Elle constitue en effet un lieu de transit important en termes de flux d'échanges et donc de mobilité, autant par le biais de l'aéroport international de Cointrin, que par sa situation limitrophe avec la France. La forte densité des activités et de leur mixité engendre des flux dont l'impact génère une dégradation de la qualité de l'air, qui nuit à la majorité de la population concentrée autour de l'hypercentre genevois.

Figure 4.1 Population résidente en ville de Genève fin mars 2009
(source: OSCTAT, 2009c)



En outre, la situation topographique genevoise étant particulière, la dégradation de la qualité de l'air s'en trouve dramatiquement accentuée. En effet, le canton-ville se trouve encerclé par le Jura au Nord-Ouest, par les Alpes au Sud-Ouest, et par le lac Léman à l'Est. Il en résulte que la ville du bout du lac est sujette à une importante rétention des polluants, qui peinent à être évacués lorsque les conditions météorologiques sont propices à des inversions thermiques en hiver ou à des conditions anticycloniques en été. En conséquence, la population du centre de l'agglomération se trouve souvent exposée à des taux de pollution trop élevés. La figure 4.1 illustre la densité de la population pour la commune de Genève.

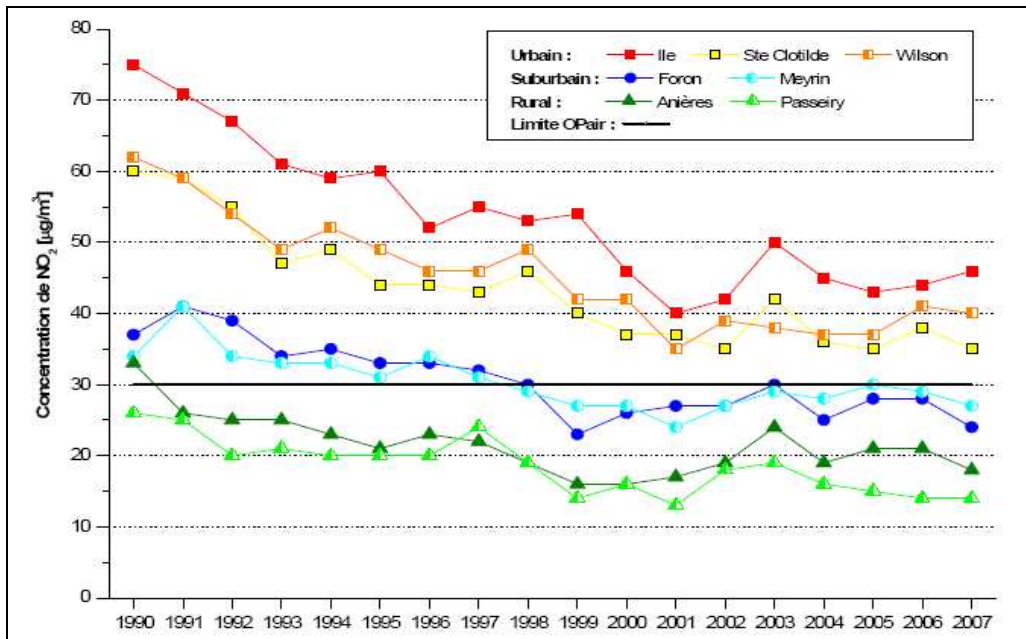
4.2.1 Evolution de la qualité de l'air

Les résultats des diverses politiques de protection de l'air et de réaménagements territoriaux concernant les transports, qui ont débuté entre la fin des années 1980 et 1990, ont montré une nette amélioration de la qualité de l'air dans les années 1990. Mais malgré la volonté politique de faire perdurer cette amélioration, l'augmentation de la part croissante des véhicules diesel a ralenti puis dégradé la situation à partir des années 2000. Les deux polluants qui nous concernent, le dioxyde d'azote NO_2 et les particules fines PM_{10} , ont connu une évolution différente.

4.2.2 Evolution des immissions pour le NO_2

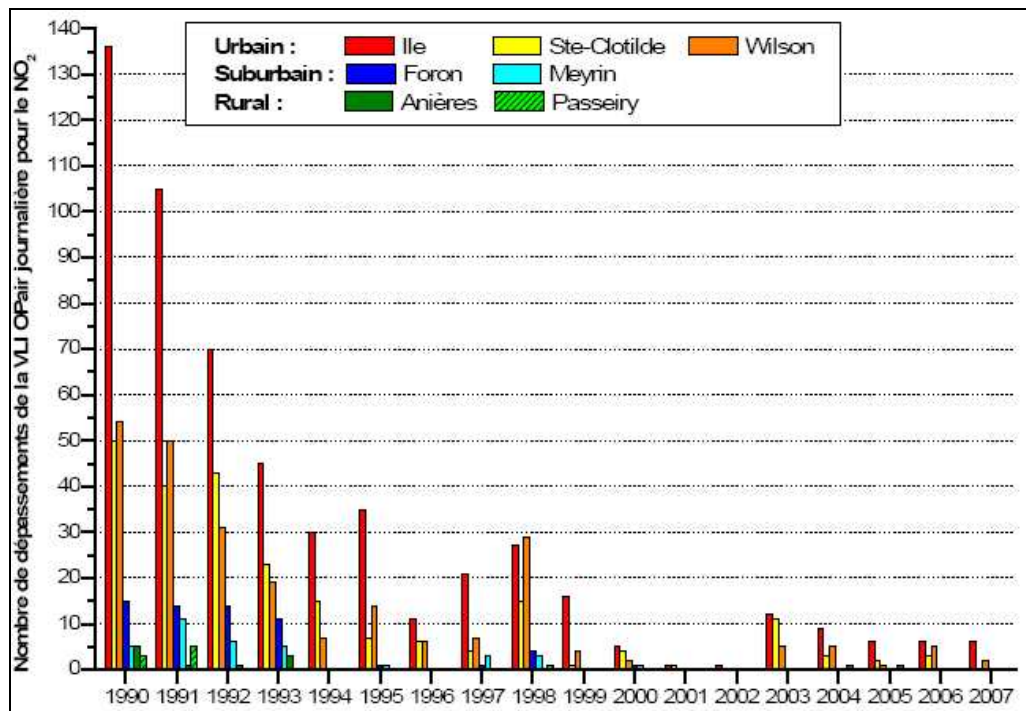
En nous rapportant à la figure 4.2, nous constatons que le dioxyde d'azote (NO_2), a connu une forte diminution entre les années 1990 et 2000. En effet, les stations de mesure ROPAG ont enregistré une baisse significative des taux de dioxyde d'azote. Les trois stations en milieu urbain ont enregistré les plus fortes baisses. L'île est passée de 75 à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 1990 et 2001, Ste-Clothilde de 60 à 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et Wilson de 62 à 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ceci étant nous remarquons que les taux des sept stations stagnent de manière générale pour la période 2004 à 2007. Le pic de 2003 est dû à la forte canicule engendrée par les conditions anticycloniques exceptionnelles durant l'été.

Figure 4.2 Evolution des concentrations moyennes annuelles des NO₂ (1990-2007)



source : SCPA, 2008, p. 11

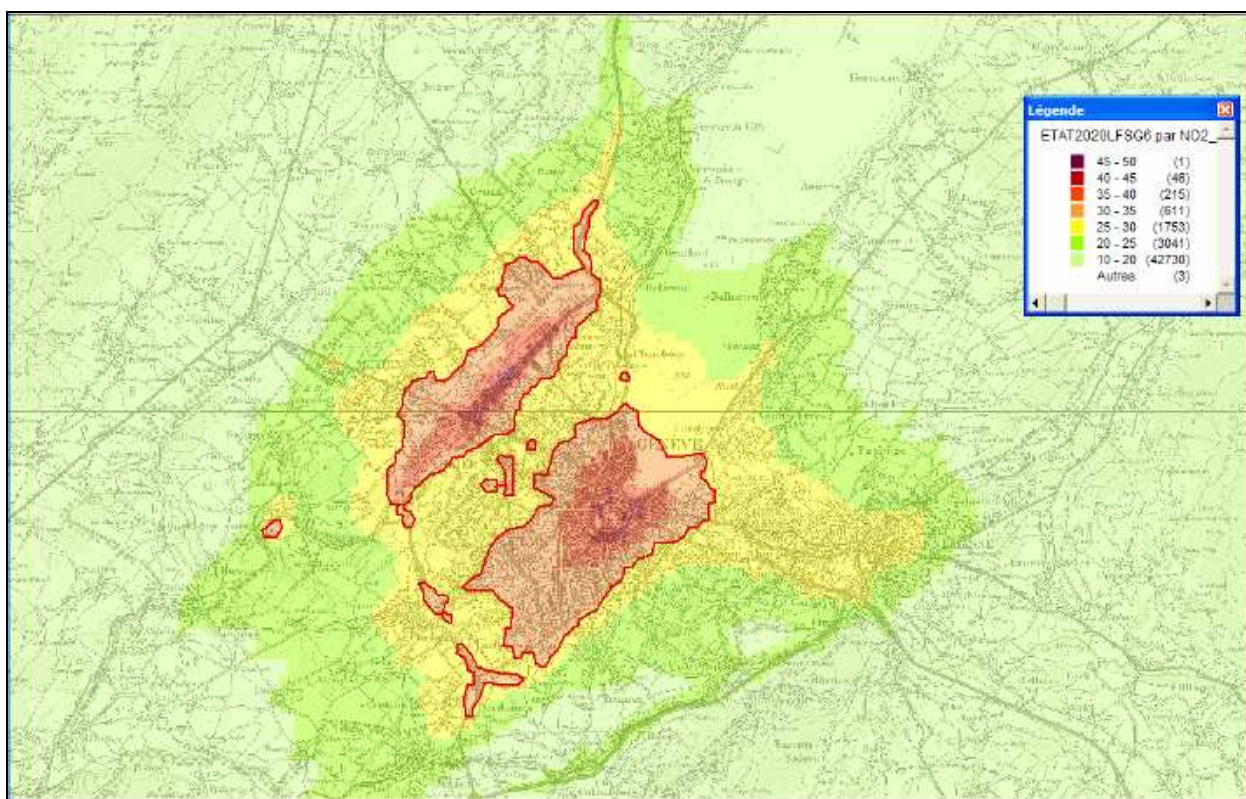
Figure 4.3 Evolution du nombre de dépassements de la VLI OPAir pour le NO₂ (1990-2007)



source : SCPA, 2008, p. 12

En parallèle, nous remarquons sur la figure 4.3 la diminution très importante du nombre de jours durant lesquels les VLI concernant le NO₂ ont été dépassées pour la période 1990-2002. 2001 et 2002 marquent les deux années durant lesquelles les jours dépassant les VLI n'ont pratiquement pas été dépassés. Mais après un pic en 2003, la tendance est également à la stagnation entre 2004 et 2007. La figure 4.4 montre l'évolution des immissions de NO_x pour 2020 selon un scénario "tendance", c'est-à-dire si rien de plus n'est fait pour diminuer les émissions.

Figure 4.4 Cartographie modélisée des immissions moyennes annuelles de NO₂ en µg/m³ (projection 2020)

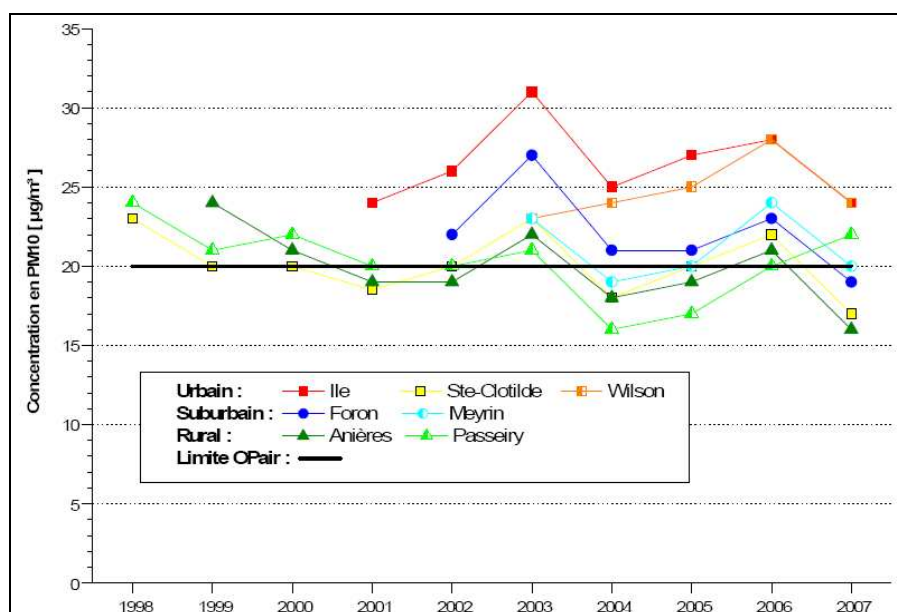


source : SCPA, 2008, p.30

4.2.3 Evolution des immissions pour les PM₁₀

Sur la figure 4.5, nous observons que les mesures du réseau ROPAG montrent qu'entre 1998 et 2002, les valeurs d'immissions de PM₁₀ étaient proches de la valeur limite autorisée par l'Opair. Deux pics suivent en 2003 et 2006. De plus, il nous semble intéressant de souligner que deux stations de la couronne suburbaine (Foron et Meyrin) ont enregistré des taux de PM₁₀ plus élevés que la station Ste-Cotilde qui est située dans une zone plus urbanisée et où se concentrent généralement la plupart des immissions polluantes.

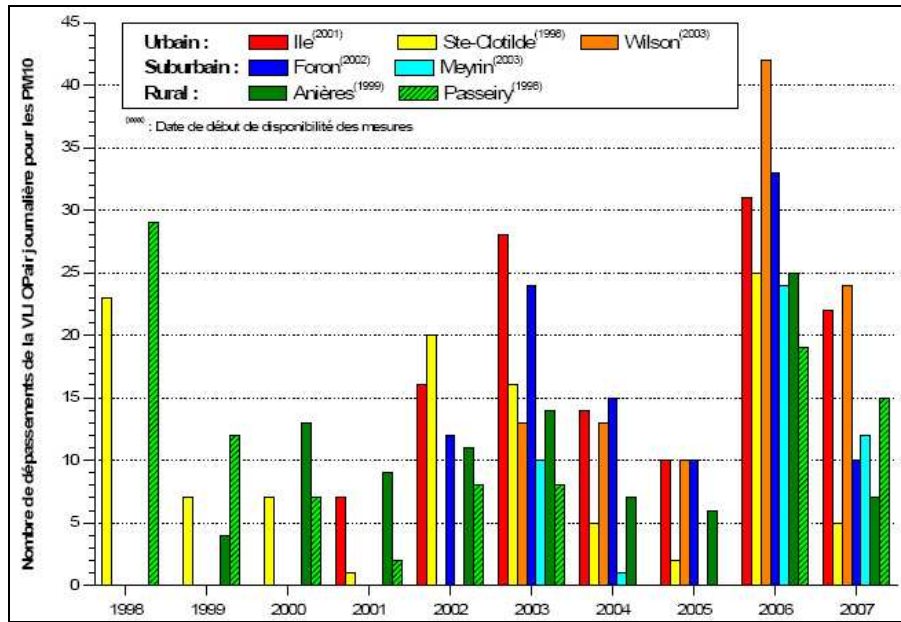
Figure 4.5 Evolution des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ (1998-2007)



source : SCPA, 2008, p.13

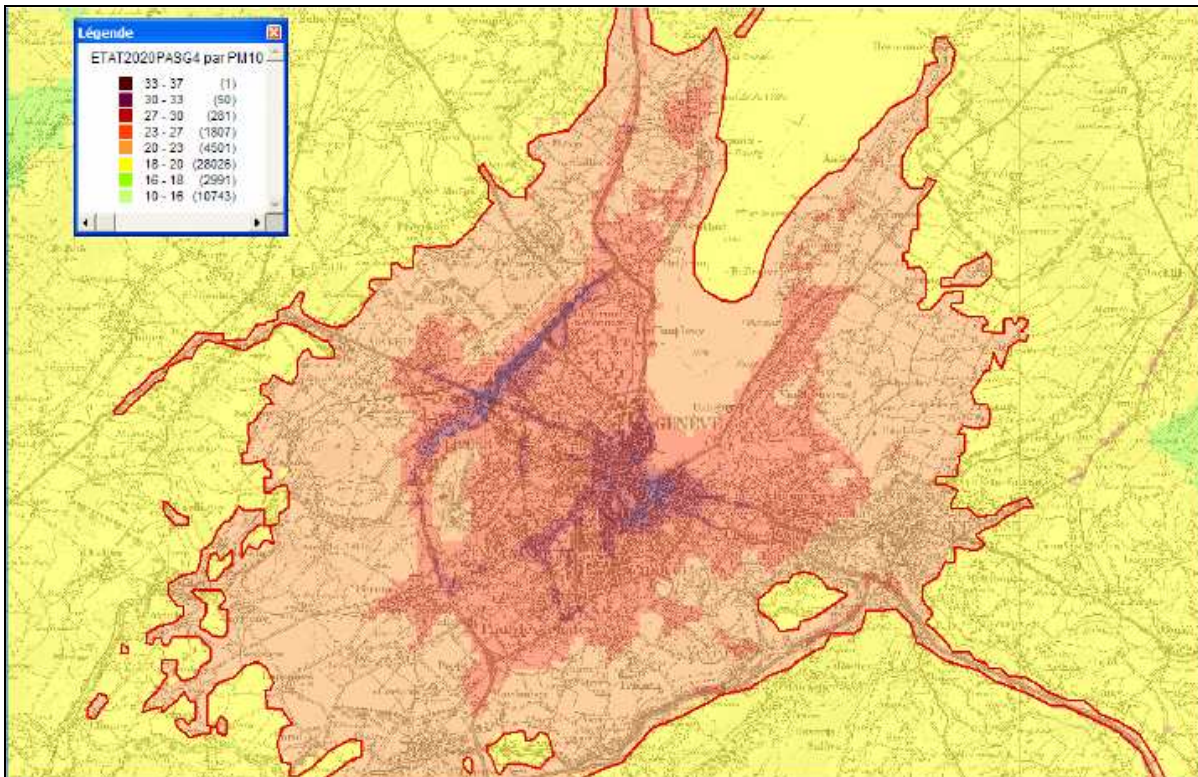
En ce qui concerne le nombre de dépassements journaliers des VLI, nous notons que l'évolution est marquée sur la figure 4.6. En effet, bien que les mesures ne soient effectuées par les sept stations uniquement depuis 2003, l'année 2006 marque un record (plus de 40 jours au-dessus des VLI pour la station Wilson). Ce qui demeure frappant avec les quantités de PM₁₀, est que toutes les stations du réseau (y compris les stations rurales) mesurent des dépassements journaliers importants. Ce qui nous laisse penser que la diffusion des immissions de particules fines touche une plus grande superficie territoriale que celles de dioxyde d'azote.

Figure 4.6 Evolution du nombre de dépassements de la VLI O'Pair journalière pour les PM₁₀ (1998-2007)



source : SCPA, 2008, p.14

Figure 4.7 Cartographie modélisée des émissions moyennes annuelles de PM₁₀ (µg/ m³) (projection 2020)



source : SCPA, 2008, p. 33

La figure 4.7 confirme notre observation en illustrant les projections des immissions de PM₁₀ sur le territoire genevois en 2020, selon un scénario d'émissions maîtrisées. Nous remarquons premièrement qu'une extrême majorité du territoire sera couverte. Deuxièmement la concentration de PM₁₀ sur les axes routiers convergeant vers les frontières avec les départements français est flagrante. Après avoir observé les immissions et leur évolution, il nous semble justifié de vérifier quelle part jouent les transports dans la pollution de l'air genevois.

4.2.4 Part des transports pour les émissions de NO_x et de PM₁₀

Les transports étaient responsables de 69% des émissions d'oxyde d'azote en 1990 (59% pour le trafic routier, 9% pour l'aéroport, et 1% pour le rail). La part des émissions a été réduite à 56% en 2007 (45% pour le trafic, 10% pour l'aéroport et 1% pour le rail). Il est important de remarquer l'importante baisse de la part du trafic routier malgré l'augmentation du parc automobile, les émissions ayant diminué de 59% à 45%. Le tableau 4.1 synthétise ces valeurs.

Tableau 4.1 Evolution des émissions de NO _x et de PM ₁₀ sur le territoire cantonal genevois (1990 à 2007)						
Polluant	Emissions 1990		Emissions 2003		Emissions 2007	
NO_x	3'466 t/an	59%	1'660 t/an	50%	1'332 t/an	45%
PM₁₀	261 t/an	34%	224.8 t/an	32%	217.4 t/an	31%

sources : SCPA, 2008, p.p. 19-22

En ce qui concerne les émissions de particules fines, tout comme pour les émissions de dioxyde d'azote, les transports possèdent une part majoritaire dans les émissions de PM₁₀. En effet, ils étaient responsables de 56% des émissions de PM₁₀ en 1990 (34% pour le trafic routier, 21% pour le rail). De plus, leur part a faiblement augmenté en 2007 (+1%). En revanche, les émissions du trafic routier ont faiblement diminué sur la période 1990-2007 (-3%), Mais cette légère baisse est compensée par une hausse des émissions du rail (+4%). Maintenant que nous avons pris connaissance de la situation des immissions pour les deux polluants concernant notre analyse ainsi que leurs parts respectives dans la totalité des quantités, nous pouvons passer à l'analyse proprement dite.

4.3 Analyse

4.3.1 Périmètres retenus

Lors d'une présentation au Tessin en octobre 2008, la société d'ingénieurs mandatée (C'S'D) pour l'étude de faisabilité quant à l'introduction d'une zone à émissions réduites à Genève a présenté les deux périmètres retenus pour l'introduction de la mesure. Il nous a paru pertinent de reprendre ces périmètres. Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction (point 1.5), la zone à émissions réduites sera déclinée en deux périmètres : le périmètre A, et le périmètre B. Nous souhaitons relever que les deux périmètres suivent des grands axes routiers. Ceci pour permettre de favoriser le transit des véhicules refoulés autour de ceux-ci, comme c'est le cas à Berlin. Au travers des deux points suivants, nous proposons d'explicitier le tracé des deux périmètres. Les figures 4.8 et 4.9 (pages 71-72) illustrent les périmètres déterminés. Nous souhaitons souligner que nous avons utilisé la même terminologie que le C'S'D, c'est pourquoi dans les points et chapitres suivants (points 4.3.1.1 et 4.3.1.2 excepté) le périmètre B, actif en permanence, sera toujours traité avant le périmètre A, actif uniquement lors des jours de forte pollution.

4.3.1.1 Périmètre A

Le périmètre A s'étendra sur la quasi-totalité de la commune de Genève, et débordera sur les communes adjacentes au Sud, et au Sud-Est. Il ne sera actif que durant les jours où les VLI concernant les NO_x et les PM₁₀ seront dépassées. Depuis la Place des Nations, son tracé suivra la Route de Ferney en direction du Nord-Ouest jusqu'au Grand-Saconnex. De là, il empruntera le Chemin Edouard Sarasin, puis le Chemin des Terroux en direction du Sud-Est pour rejoindre l'Avenue Louis-Casaï. Il longera celle-ci sur environ 500 mètres pour bifurquer en direction du Sud-Est sur l'Avenue du Pailly. A la hauteur du Pont de l'Ecu, le tracé empruntera le Viaduc de l'Ecu puis l'Avenue de l'Ain, pour longer la Route du Pont-Butin après avoir traversé le Rhône. Au bout de la Route du Pont-Butin, il suivra la Route du Grand-Lancy jusqu'au carrefour avec la Route des Jeunes qu'il

Figure 4.8 Périmètres d'étude retenus



source: Clericetti, 2008, p. 12

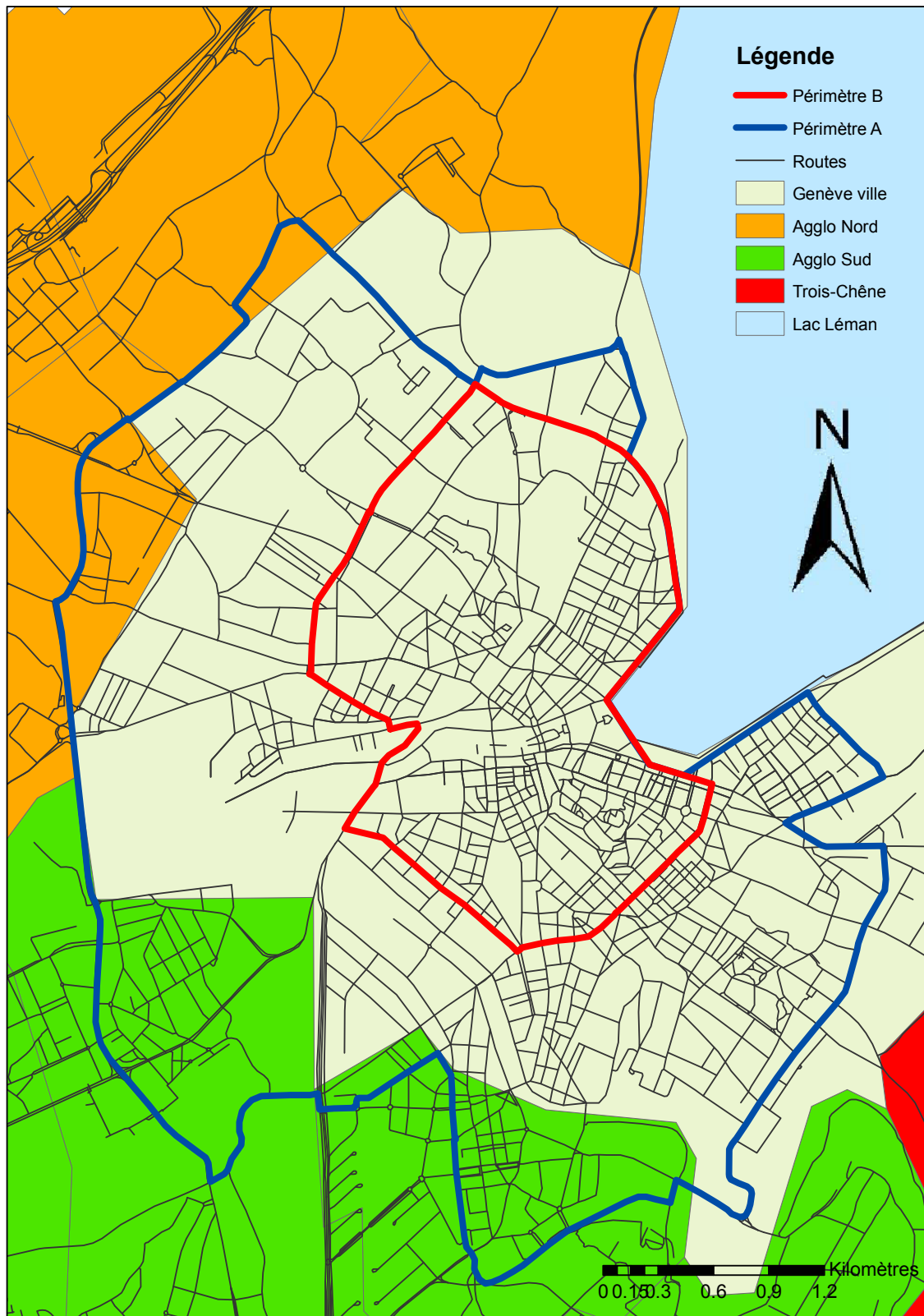
empruntera direction Sud. Au bout de celle-ci, le tracé suivra la Route Saint-Julien en direction du Nord-Est pendant sur environ 800 mètres, pour ensuite emprunter la Route du Val d'Arve, jusqu'au pont homonyme. Au croisement entre la Route de Vessy et la Route du Bout-du-Monde, le tracé suivra cette dernière, puis l'Avenue Louis-Aubert et le Chemin Rieux jusqu'à la Route du Malagnou. Il la suivra en direction du Nord-Ouest jusqu'au parc homonyme. De là, le tracé longera la Rue Villereuse, la Rue de Jargonnant, puis la Route de Frontenaix en direction du Nord-Est, pour bifurquer direction Nord-Ouest et longer le Parc La Grange par l'Avenue William Favre. Ensuite, il longera le Quai Gustave-Ador en direction du Quai du Général Guisan. Après avoir traversé le Pont du Mont-Blanc, il longera le Lac Léman par les quais du Mont-Blanc, Wilson, et l'Avenue de France. A la hauteur du Parc Mont-Repos, le tracé empruntera la Route de Lausanne pour

bifurquer sur l'Avenue de la Paix à la hauteur de la Place Albert-Thomas qu'il suivra jusqu'à la Place des Nations.

4.3.1.2 Périmètre B

Le périmètre B concerne l'hypercentre de la ville de Genève. L'interdiction d'accès sera permanente. Depuis le nord, le périmètre s'étendra depuis la Place des Nations, à la hauteur de l'avenue de France et de l'avenue Giuseppe Motta. Il empruntera cette dernière en direction du Sud-Ouest, pour longer ensuite la rue Hoffmann, et l'avenue Wendt jusqu'à la place des Charmilles. De là, le tracé prendra la direction Sud-Est en longeant la rue des Charmilles jusqu'au Pont des Délices où il empruntera la rue Saint-Jean en direction de l'Est. Il bifurquera 100 mètres plus loin sur la rue Sous-Terre en direction Sud-Ouest à nouveau. Après avoir traversé le Rhône, le tracé suivra la rue des Deux-Pont jusqu'au rond-point de la Jonction où il empruntera le Boulevard Carl Vogt jusqu'à la hauteur du Boulevard du Pont d'Arve, qu'il suivra pour longer ensuite le Boulevard Helvétique. Au croisement avec la rue François Versonnex, il bifurquera en direction du quai du Général Guisan pour traverser le Pont du Mont-Blanc. Après avoir remonté les quais du Mont-Blanc et Wilson, le tracé empruntera l'avenue de France pour rejoindre l'avenue Giuseppe Motta.

Figure 4.9 Périmètres retenus pour la zone à émissions réduites



sources : SIG-UNIL / traitement : auteur

4.4 Répartition modale

Maintenant que nous connaissons les deux périmètres d'étude, nous pouvons nous concentrer sur les habitudes de mobilité que la population franco-valdo-genevoise entretient avec ces derniers. Pour ce faire, nous rappelons que nous avons analysé les données du *MRT 2005* pour les genevois, et nous nous sommes basés sur les résultats de *L'enquête aux frontaliers : rapport technique* (OCM, 2006) pour les déplacements effectués depuis la France voisine.

4.4.1 Genève et district de Nyon

Pour traiter de la répartition modale, nous nous sommes basés sur le rapport de l'Observatoire Universitaire de la Mobilité qui catégorise la nature des déplacements en fonction des 7 modes de transports suivants : la marche, le vélo, les deux roues motorisés, la voiture (conducteur), la voiture (passager), les transports en commun, et la combinaison entre voiture et transport en commun (OUM, 2008a, p. 43). Par souci de clarté et de pertinence, nous allons traiter uniquement des parts modales de la voiture (conducteur)¹⁰ et des transports en commun.

4.4.1.1 Répartition modale pour les déplacements vers le périmètre B

Les données du *MRT 2005* montrent que la part modale de la voiture augmente à mesure que l'on s'éloigne de la ville centre. En effet, les déplacements effectués en VT se montent à 12.8% pour Genève ville, augmentent respectivement à 26.6% et 27.3% pour ce qui est des zones Agglo Nord et Genève-Nord – Terre-Sainte. Quatre zones possèdent un taux supérieur à 30%. Ce sont : Trois-Chêne (31.8%), Champagne-Mandement (31.4%), Agglo Sud (34.1%) et Agglo-Est (39.8%).

Bien que deux zones périphériques possèdent les plus faibles taux, soit l'Agglo Est (13.3%) et Champagne-Mandement (14.6%), la part modale des TC ne

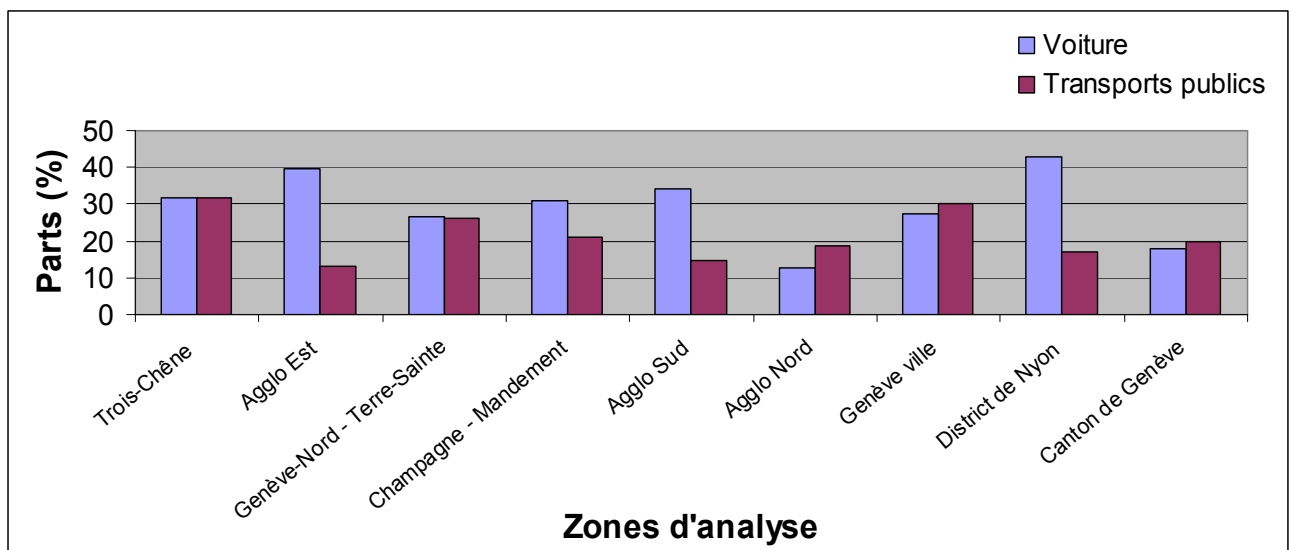
¹⁰ Nous avons exclu les déplacements effectués en voiture en tant que passager, puisque cela signifierait surévaluer le nombre de déplacements. Ceci aurait pour conséquence une surestimation des distances parcourues, et donc des émissions polluantes.

diminue pas forcément à mesure que l'on s'éloigne de la ville centre. En effet, deux autres zones périphériques possèdent des taux élevés. La part s'élève à 30.3% pour la zone Genève-Nord – Terre Sainte et à 31.8% pour la zone Trois-Chênes.

Pour la ville centre, les déplacements en TC ne représentent que 18.5%. Nous souhaitons souligner que ce résultat peut s'expliquer par le poids de la mobilité douce (marche et vélo). En effet, la part cumulée pour les déplacements à destination du périmètre B atteint 60.3% pour la zone Genève ville.

Pour ce qui est du district de Nyon, les parts modales entre la voiture particulière et les TC reflètent des proportions similaires (18.1% pour les VT et 19.6% pour les TC). La figure 4.10 explicite les parts modales des déplacements en VT et en TC à destination du périmètre B.

Figure 4.10 Répartition modale des déplacements vers le périmètre B



4.4.1.2 La répartition modale pour les déplacements vers le périmètre A

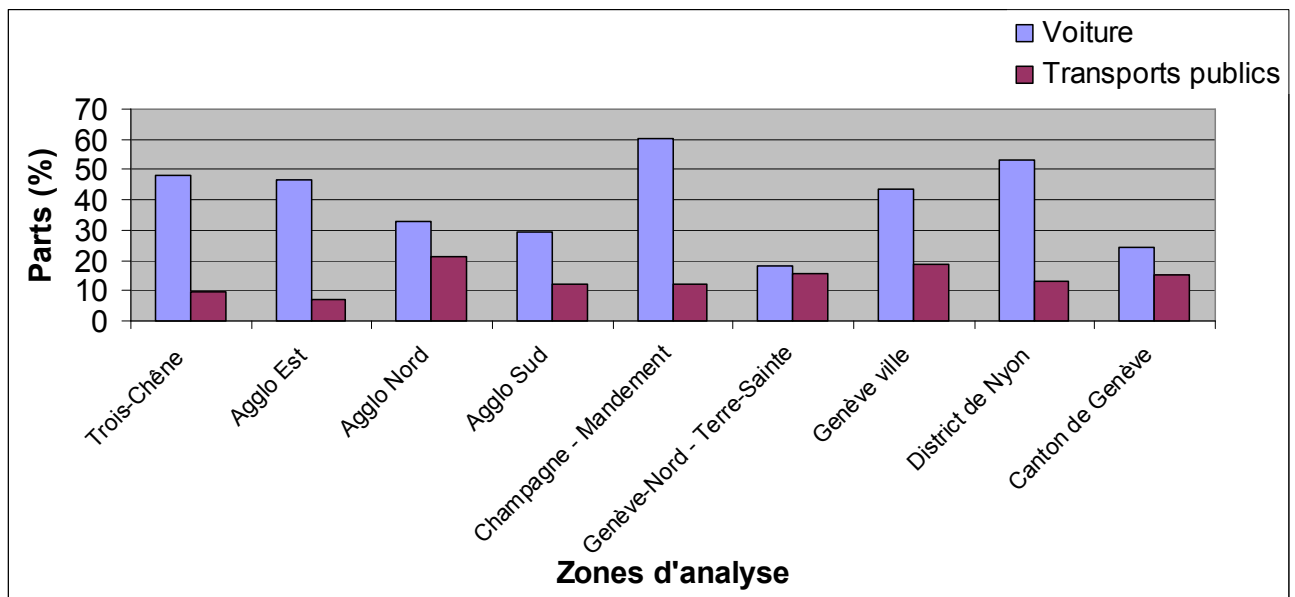
En ce qui concerne le périmètre A, la part modale de la voiture est plus importante que celle des transports publics. Au total, la part des déplacements en voiture conducteur se monte à 24.3% contre 15.1% pour les déplacements en TC. Cependant, les différences entre les parts modales des VT et TC varient en fonction des zones de notre analyse. En effet, la part modale de la voiture est dominante

dans toutes les zones sans exception. Elle atteint au minimum 18.4% (Genève-Nord – Terre-Sainte), et se monte entre 40% et 61% pour cinq zones : Genève ville (43.8%), Agglo Est (46.6%), Trois-Chêne (48.2%), district de Nyon (53.3%) et Champagne-Mandement (60.3%).

Quant à la part modale des TC, celle-ci demeure moins importante par rapport au périmètre B. Elle est en effet contenue entre 9.4% (Trois-Chêne) et 21.4% (Agglo Nord). Les parts des 6 zones restantes sont similaires et se situent entre 12% et 18%. La figure 4.11 illustre la répartition modale entre VT et TC pour les déplacements à destination du périmètre A.

Maintenant que nous connaissons les résultats concernant les pratiques modales des valdo-genevois, nous pouvons observer celles des frontaliers se rendant à Genève.

Figure 4.11 Répartition modale des déplacements vers le périmètre A

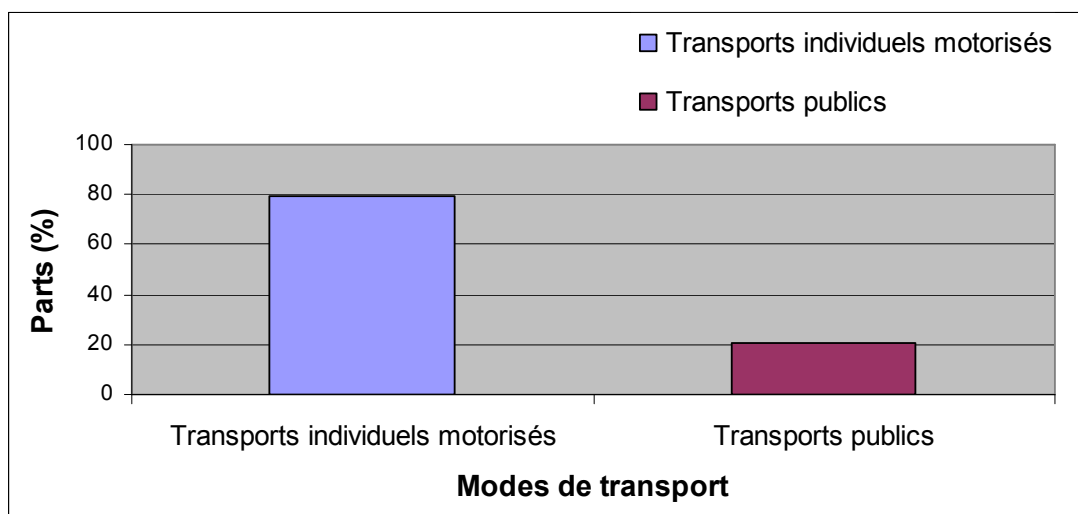


4.4.2 Répartition modale pour les déplacements transfrontaliers

L'Enquête aux frontaliers (OCM, 2008a) nous a permis d'observer la répartition modale des déplacements vers les périmètres concernés. Les

destinations étant détaillées pour tout le canton de Genève, nous avons donc pu vérifier les parts modales des VT et les TC pour les déplacements à destination de Genève (rives droite et gauche). Cependant, cette étude n'effectue pas la distinction entre les périmètres A et B de la zone à émissions réduites. Or, comme nous l'avons explicité au point 4.3.1.1, le périmètre A s'étend sur la totalité de la commune de Genève. Par conséquent, l'utilisation des résultats de l'enquête s'en trouve justifiée. Pour répartir les déplacements entre les périmètres A et B, nous avons calculé les probabilités conditionnelles en fonction du motif de déplacement (c.f. chapitre 5, point 5.3.2). La figure 4.12 illustre la part modale des déplacements transfrontaliers vers le centre-ville genevois.

Figure 4.12 Répartition modale des déplacements transfrontaliers vers le centre-ville de Genève (Rive droite et Rive gauche)



En 2005, 246'185 personnes entraient quotidiennement dans le canton de Genève, dont 160'305 provenaient de France. Parmi ces dernières, 152'930 venaient en transports individuels motorisés (OCM, 2006, p.52), et 52'730 se déplaçaient à Genève centre en voiture (33'880 à Centre-Rive gauche et 18'850 à Centre-Rive droite). A l'échelle des déplacements transfrontaliers (vaudois et suisses inclus), la répartition modale vers Genève centre était de 79.39% pour la voiture et de 20.61% pour les TC (OCM, 2006, p. 54). Pour les déplacements provenant depuis la France, la part modale des TIM était de 95,4% contre 4.6% pour les TC. Nous avons rapporté les distances parcourues par les VT frontalières à la population de 2015, mais il n'est pas pertinent de les énumérer ici (c.f. points

4.6.1 et 4.6.2.2). Ceci étant, nous nous baserons sur les pratiques modales que nous venons d'explicitier pour répartir les déplacements frontaliers de 2015 et calculer ainsi les distances parcourues. Mais avant, il est nécessaire de se focaliser sur la modélisation des parcs VT, VL, et PLM concernés par la zone à émissions réduites.

4.5 Modélisation des parcs automobile

4.5.1 Parcs VT genevois et vaudois

Comme pour la démographie, l'évolution d'un parc automobile suit un modèle de survie et s'apparente donc à l'évolution d'une population humaine. La première étape consiste à structurer la flotte étudiée en fonction de l'âge des véhicules. En d'autres termes, il faut organiser les effectifs par année de première mise en circulation. Ceci nous permettra d'en déduire l'âge, et de les classer par valeurs limites d'émissions. Il faut ensuite déterminer le type de carburant utilisé par les véhicules concernés, c'est-à-dire s'ils sont propulsés par un moteur fonctionnant à l'essence ou au diesel¹¹.

Une fois la structure du parc automobile établie, le principe de base consiste à soustraire le nombre de véhicules mis hors circulation pour une année de référence donnée, et en suivant un modèle de survie (c.f point 4.5.1.1). Ensuite, il faut ajouter les nouvelles immatriculations à la population de véhicules survivants. La projection de ces nouvelles immatriculations à plus ou moins court terme représente la part d'incertitude de la modélisation. En effet, les nouvelles mises en circulation dépendent de divers facteurs, tels que la conjoncture économique, les prix de l'essence, etc. Ceci étant, cette part d'incertitude n'as qu'une faible influence sur le modèle. Comme le stipule l'OFEFP : "l'évolution comparativement incertaine des nouvelles mises en circulation n'a qu'une incidence minime car les mises en circulation annuelles représentent moins de 10% du parc automobile" (OFEFP, 2004, p. 16). Quant au taux de mises hors circulation, ils restent

¹¹ Nous ne tiendrons compte que du diesel et de l'essence en tant que carburants. La part des véhicules hybrides et des biocarburants étant négligeable.

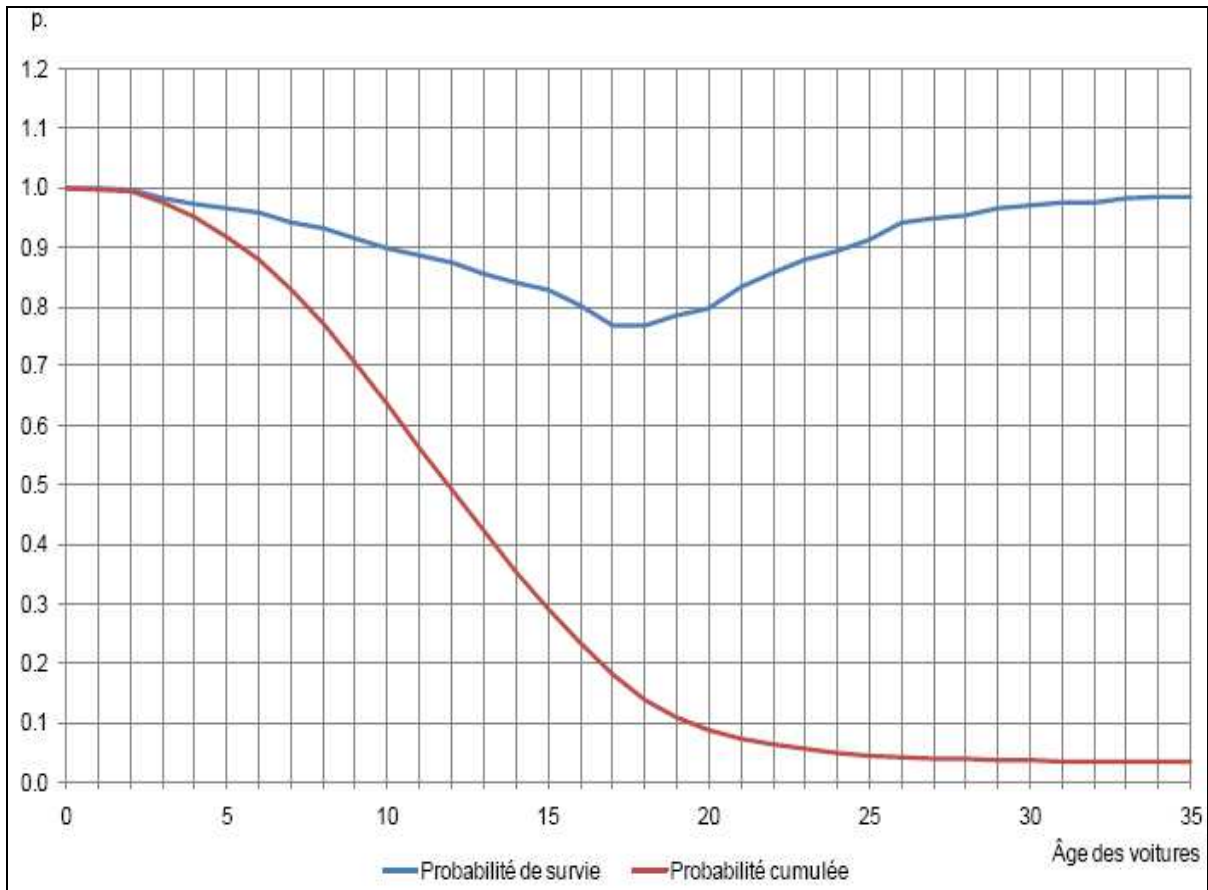
“relativement stables sur l’axe du temps et constituent une base de projection fiable” (OFEFP, 2004, p. 16). L’évolution d’un parc automobile d’une année à l’autre peut donc se résumer ainsi:

$$\text{Effectif d'une année donnée} = (\text{effectif de l'année précédente} - \text{mises hors circulations}) + \text{nouvelles immatriculations}$$

4.5.1.1 Modèle de survie

Pour déterminer le nombre de véhicules mis hors circulation, l’OFEFP se base sur un modèle qui considère la probabilité de survie d’un véhicule dès l’année de sa première mise en circulation. Cette probabilité diminue à mesure que les années passent à cause de divers facteurs tels que : l’usure du véhicule, généralement de plus en plus présente à mesure que le temps passe, les accidents, les vols ou encore les exportations (Steiner, 2009, p. 69). Néanmoins, la probabilité de survie augmente à nouveau à partir de 17 ans, ce qui signifie qu’au bout d’un certain temps (environ 29 ans), les chances que le véhicule soit retiré de la circulation sont très faibles (Steiner, 2009, p. 69). La courbe *probabilité de survie* peut être interprétée comme l’évolution dans le temps d’un effectif de véhicules mis en circulation lors d’une année donnée. En effet, le nombre de véhicules composant la flotte du millésime donné diminue avec le temps, bien que les survivants aient de moins en moins de chances d’être mis hors circulation individuellement. La figure 4.13 montre l’évolution de la probabilité de survie au travers du temps.

Figure 4.13 Probabilité qu'un véhicule soit en circulation l'année suivante, et probabilité cumulée



source : Steiner, 2009, p. 69

En ce qui concerne la modélisation de nos parcs automobiles, nous avons utilisé les deux modèles de survie. Pour les parcs genevois, vaudois et frontaliers, nous nous sommes basés sur la probabilité de survie, ceci pour observer l'évolution de la part des véhicules diesels entre 2005 et 2015. Nous avons donc calculé l'évolution des parcs pour chaque année. Pour les autres parcs (voitures de livraison et poids-lourds marchandises), nous avons suivi la courbe *probabilité cumulée*. En effet, possédant le nombre de nouvelles immatriculations à partir de 1990 jusqu'à 2009, et en extrapolant les nouvelles immatriculations jusqu'en 2015, nous avons pu structurer ces divers parcs. Malgré le fait que les VL et les PLM possèdent une durée de vie plus longue que les voitures de tourisme, nous souhaitons mettre en évidence que nous avons dû calculer l'évolution de ces deux parcs en nous basant sur la même modèle de probabilité de survie que les VT. Ceci par manque de données quant à leur modèle de survie. Nos modèles

concernant ces deux parcs seront donc plus jeunes que ce qu'ils ne le seraient réellement en 2015.

4.5.1.2 Parc VT genevois

Comme explicité au point précédent, nous avons calculé l'évolution du parc VT genevois pour chaque année de 2005 à 2015. Nous souhaitons relever que la récolte des données ayant été effectuée entre 2005 et 2006, nous avons soustrait à l'échantillon les véhicules ayant été immatriculés en 2006. Nous avons intégré les immatriculations de ce millésime lors du calcul de l'évolution du parc. Notre échantillon pour les véhicules genevois se monte donc à 971 véhicules, dont 903 carburent à l'essence et 68 au diesel. Nous avons ensuite réparti cet échantillon, en fonction de l'année de première mise en circulation et du carburant utilisé. La fourchette s'étire de 1928 pour le véhicule le plus ancien, à 2005 pour les véhicules les plus récents (le diesel le plus ancien date de 1986).

Ceci étant, comme l'explique Steiner, les répondants ont estimé l'âge de leurs véhicules en l'arrondissant lors de l'enquête de 2005. En conséquence, l'échantillon de véhicules présente des pics tous les 5 ou 10 ans (Steiner, 2009, p. 68). Dans le but de supprimer ces pics, nous avons procédé à un lissage des données. Nous avons calculé la moyenne arithmétique entre les 5 ans avant l'année de première mise en circulation et les 5 ans successifs (Steiner, 2009, p. 68), ceci pour chaque millésime. Nous avons ensuite calculé la part pour les effectifs essences et diesels, pour chaque année de notre échantillon. Enfin, nous avons rapporté cette part au parc total immatriculé en 2005.

Année	2005	2006	2007	2008	2009
Effectifs	224'694	222'710	221'251	217'702	215'009

source : OFS, 2010a

Ensuite, nous avons multiplié les effectifs pour chaque année et pour chaque carburant (essence et diesel) par leur probabilité de survie respective. A l'aide des données de l'OFS sur l'effectif total des VT genevoises pour les années 2005 à

2009, nous avons soustrait le nombre de véhicules survivants au total de l'effectif de l'année successive ; ceci pour obtenir le nombre de nouvelles immatriculations. Nous avons répété l'opération pour les années 2006 à 2009. Le tableau 4.2 montre l'évolution du parc VT genevois entre 2005 et 2009, et le tableau 4.3 illustre les nouvelles immatriculations obtenues.

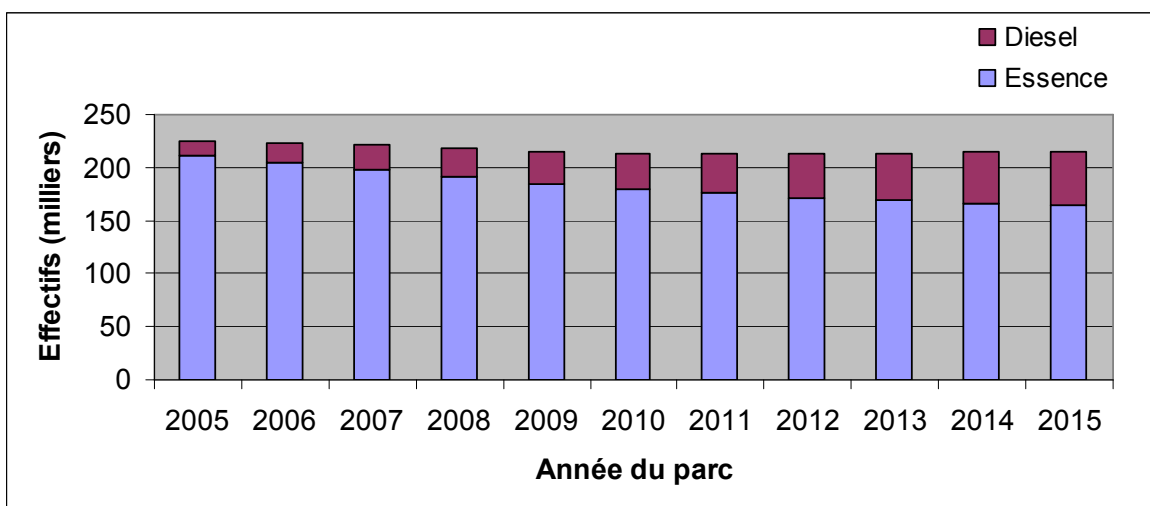
Tableau 4.3 Evolution des nouvelles mises en circulation de 2006 à 2009					
Année	Effectifs essence	Effectifs diesel	Total	Part annuelle essence (%)	Part annuelle diesel (%)
2006	12'651	5'396	18'047	70.1	29.9
2007	11'989	5'772	17'761	67.5	32.5
2008	10'050	4'817	14'867	67.6	32.4
2009	10'680	4'449	15'129	70.6	29.4
Moyenne	11'343	5'109	16'451	68.9	31.1

sources : OFS, 2010a / Auto-Suisse SA, 2010

Pour obtenir le nombre des nouveaux diesels immatriculés, nous avons considéré leur part à partir des données d'importations fournies par l'association des importateurs automobile Auto-Suisse S.A.; ceci pour chaque année jusqu'en 2009. Il nous a paru justifié de calculer le taux moyen d'immatriculations de diesel entre 2005 et 2009 (31.1%). Nous avons ensuite appliqué cette moyenne à l'effectif des nouvelles immatriculations pour chaque année jusqu'en 2015.

Pour ce qui est de l'évolution totale de 2010 à 2015, nous avons également calculé la moyenne des nouvelles immatriculations de 2005 à 2009. Même si le nombre d'immatriculations peut se montrer très variable d'une année à l'autre, son influence sur l'âge et les caractéristiques du parc ne sont que minimales comme le stipule l'OFEFP (c.f. point 4.5.1). Nous avons donc ajouté 16'451 véhicules pour chaque année entre 2010 et 2015, que nous avons répartis en fonction de la part de chaque carburant. Sur ces 16'451 immatriculations, 68.9% sont des véhicules fonctionnant à l'essence et 31.1 % sont des diesels (soit respectivement 11'343 et 5'109). La figure 4.14 nous montre l'évolution modélisée du parc VT genevois entre 2005 et 2005.

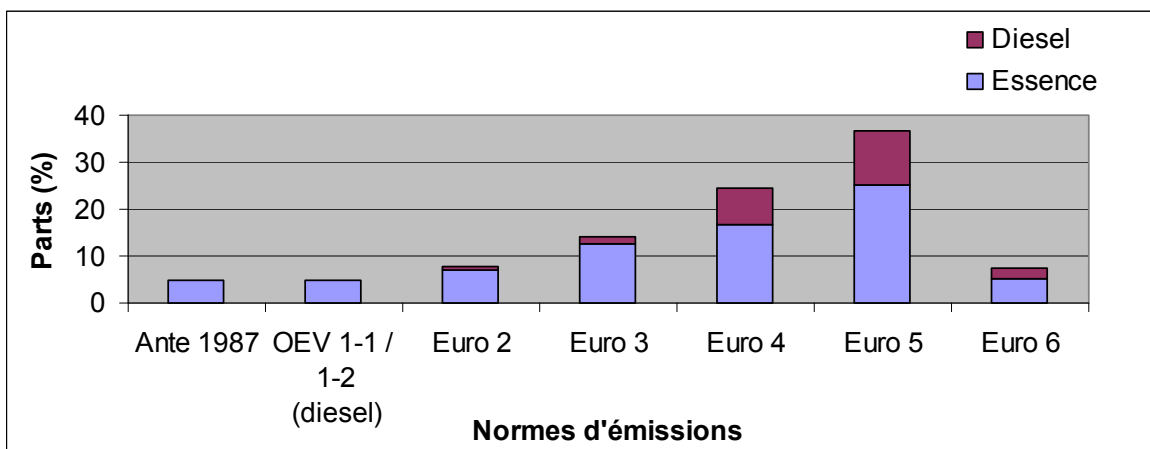
Figure 4.14 Evolution modélisée du parc VT genevois de 2005 à 2015



Les résultats découlant de nos calculs montrent que l'effectif évoluera de manière stable. En effet, il comportera 214'631 véhicules en 2015 contre 224'694 en 2005, soit une baisse de 4.47%. Nous pouvons également observer l'effectif croissant des véhicules diesels dont le nombre passe de 13'954 unités en 2005, à 50'459 en 2015. Leur part sera alors de 23.5% (contre 6.21% en 2005). Nous pouvons déjà en déduire que la part des diesels refoulés par la zone à émissions réduites sera relativement restreinte pour ce parc.

En effet, après avoir modélisé le parc genevois, nous avons regroupé les effectifs en fonctions des prescriptions concernant les gaz d'échappement. Ce qui nous permettra par la suite de calculer les émissions à partir des distances parcourues par les effectifs des diverses normes. La figure 4.15 illustre la structure du parc VT genevois modélisé en 2015 en fonction du carburant et des prescriptions concernant les valeurs limites d'émissions. Nous souhaitons souligner que la norme *ante 1987* représente une agrégation des normes précédant la prescription *OEV 1-1*. Nous l'approfondirons lors du calcul des émissions. De plus, la norme *OEV 1-2* concerne les VT fonctionnant au diesel uniquement.

Figure 4.15 Structure modélisée du parc VT genevois en 2015 en fonction des normes d'émissions



Nous observons sur la figure 4.15 que la part des véhicules concernés par la zone à faibles émissions reste restreinte pour les VT genevoises. En effet, les véhicules essence immatriculés avant 1987 représenteront 4.7% du parc concerné. Nous avons exclu les véhicules diesels immatriculés avant 1987 pour des raisons de représentativité statistique. Les véhicules diesels répondant aux normes *OEV 1-1* à *Euro 3* ne représenteront que 2.14% du parc automobile concerné. Au total, seuls 6.84% du parc VT genevois seraient refoulés par la zone à émissions réduites. Nous souhaitons souligner que nos résultats sont proches des 7% déclarés par le conseiller d'état Robert Cramer à la Tribune de Genève (c.f. chapitre 1, point 1.2).

Pour répartir les effectifs composant le parc VT genevois sur le territoire cantonal, nous disposons d'une base de données distribuant les immatriculations à l'adresse sur tout le territoire genevois en 2009. Celle-ci nous permettra de distribuer le parc automobile pour chacune de nos 7 zones d'analyse concernant le canton de Genève. A partir de cette dernière, nous pourrions distribuer l'effectif du parc de 2015 dans le but de calculer les distances parcourues vers les périmètres de la zone à émissions réduites (c.f. point 4.6.2). Le carburant utilisé n'étant malheureusement pas indiqué dans la base de données de l'OTC, nous utiliserons la structure illustrée dans la figure 4.15 pour l'effectif de chacune de nos 7 zones genevoises.

4.5.1.3 Parc VT vaudois

Pour ce qui est du parc VT vaudois, nous avons utilisé la même méthode que pour le parc genevois. Nous avons répartis les véhicules de l'échantillon du MRT 2005 par année de première mise en circulation et par type de carburant. L'échantillon vaudois se monte à 1'165 véhicules dont 1'048 fonctionnent à l'essence et 117 au diesel. La fourchette des années de première mise en circulation s'étire de 1953 à 2005. Nous avons également procédé à un lissage en suivant la méthode développée lors du point précédent (4.4.3.2).

Pour ce qui est des données concernant l'évolution du parc de 2006 à 2009, nous nous sommes basés sur les données publiées par le SCRIS. Le tableau 4.4 indique l'évolution de l'effectif¹² des VT vaudoises entre 2006 et 2009, tandis que le tableau 4.5 montre les nouvelles immatriculations que nous avons calculées ainsi que les moyennes obtenues. Pour l'évolution de 2010 à 2015, nous avons également suivi la méthode développée au point 4.4.3.2. La figure 4.16 modélise l'évolution du parc VT vaudois de 2005 à 2015.

Année	Effectif
2005	350'484
2006	353'728
2007	358'173
2008	362'529
2009	369'022

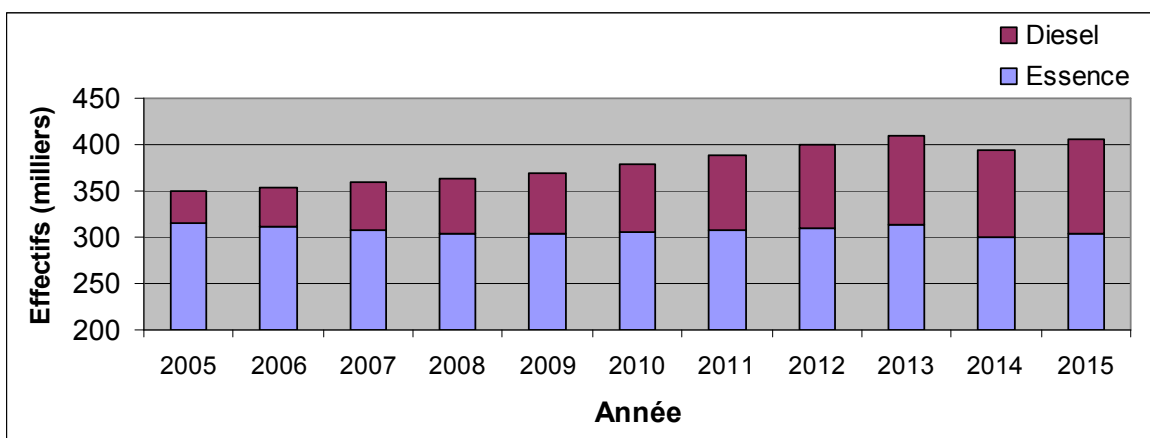
sources : SCRIS, 2010

Année	Effectifs essence	Effectif Diesel	Total	Parts essence (%)	Parts Diesel (%)
2005	22'142	8'653	30'795	70.1	29.9
2006	22'429	9'613	32'042	67.5	32.5
2007	20'696	9'965	30'661	67.6	32.4
2008	37'414	15'580	52'994	70.6	29.4
Moyenne	25'670	10'953	36'623	68.9	31.1

sources : OFS, 2010a / SCRIS, 2010

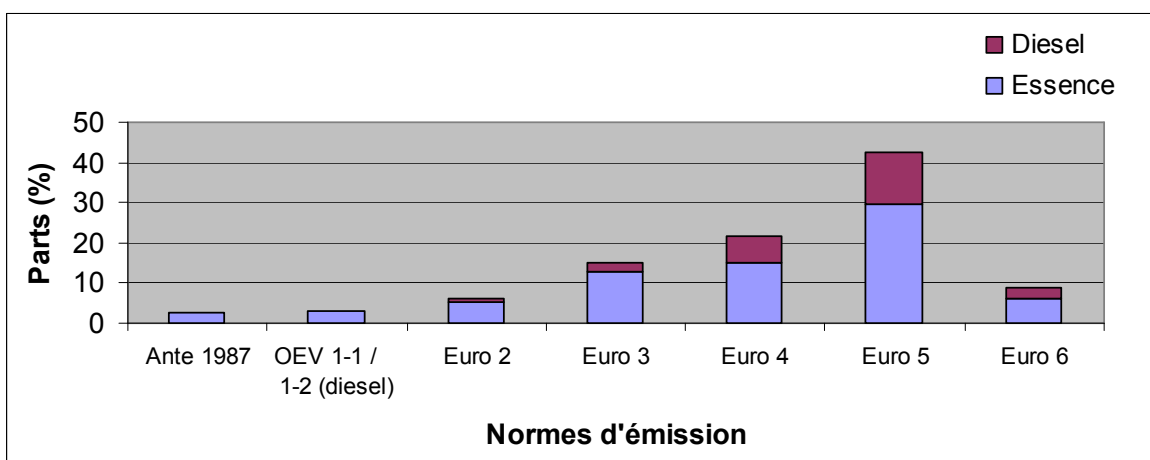
¹² La base de données vaudoise inclut les voitures de tourisme dites "lourdes" dans les effectifs.

Figure 4.16 Evolution modélisée du parc VT vaudois entre 2005 et 2015



D'après les résultats de notre modélisation, le parc vaudois devrait connaître une croissance bien plus marquée en comparaison avec le parc genevois puisque son effectif devrait passer de 350'484 en 2005 à 404'897 véhicules. La part de diesels devrait passer de 10.03% en 2005 à 25.14% en 2015. L'effectif des véhicules vaudois concernés par la mesure sera déterminé lors du calcul des distances parcourues vers les deux périmètres de la zone à émissions réduites. En ce qui concerne la structure du parc 2015 modélisé, nous avons également agrégé nos effectifs en fonction des diverses années de première mise en circulation regroupées par les diverses valeurs limites d'émissions. Cette structure est illustrée par la figure 4.17.

Figure 4.17 Structure modélisée du parc VT vaudois en 2015 (modèle)



La part des véhicules concernés par la LEZ reste également limitée pour le parc VT vaudois. Comme pour le parc genevois, nous avons agrégé les effectifs des VT essence immatriculées avant 1987. Celle-ci ne représente que 2.58% de l'effectif total. Quant aux véhicules diesels, les parts cumulées des normes *OEV 1-1* à *Euro 3* représente seulement 2.94%. Au total, ce sont donc 5.52% des véhicules qui seraient *refoulés* du centre-ville genevois. Connaissant les modèles des parcs VT genevois et vaudois de 2015, nous pouvons observer celui du parc frontalier.

4.5.1.4 Parc VT français

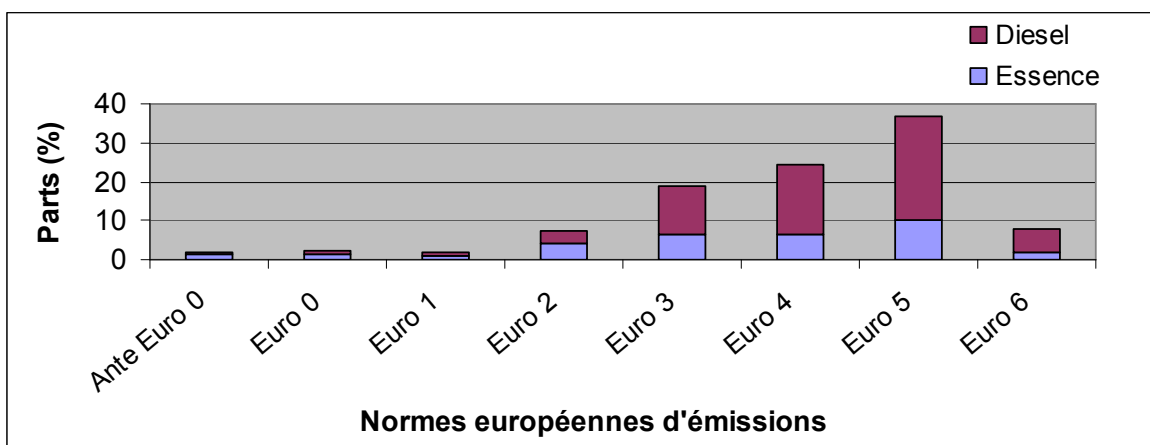
Année	Immatriculations
1980	1'873
1985	1'766
1990	2'309
1996	2'132
1997	1'713
1998	1'944
1999	2'148
2000	2'134
2001	2'255
2002	2'145
2003	2'009
2004	2'014
2005	2'068
2006	2'001
2007	2'065
2008	2'050

source: CCFA, 2010

Comme expliqué au point 4.5.1.1, pour le parc des voitures de tourisme provenant de France voisine, nous avons utilisé une méthodologie similaire à celle appliquée lors de la modélisation des parcs VT genevois et vaudois. Nous avons tenu compte des immatriculations de l'entier du parc VT français entre 1980 et 2009, en nous basant sur les données publiées par le Comité de Constructeurs Français d'Automobiles (CCFA, 2009). La différence réside dans le fait que nous avons utilisé la courbe *probabilité cumulée* (cf. point 4.5.1.1). Ceci pour structurer le parc de 2008 directement. Nous avons également calculé l'évolution du parc d'année en année, mais de 2008 jusqu'à 2015. Nous avons donc utilisé le modèle de survie élaboré pour le parc suisse initialement, et partons de l'hypothèse que les VT françaises vieillissent de la même manière, bien qu'il n'en serait pas de même dans la réalité. En outre, nous souhaitons également spécifier que nous avons réparti les différences 1980 et 1985 sur les années 1981 à 1984, et avons fait de même pour les années 1986 à 1989.

Après avoir calculé l'évolution du parc français, nous en appliquerons la structure à l'effectif VT frontalier. Le parc français comportant un nombre de véhicules diesels plus important, nous pouvons déjà en déduire que la zone à émissions réduites concernerait un nombre plus élevé de VT chez les frontaliers que chez les valdo-genevois. Le tableau 4.6 synthétise les immatriculations en France pour la période 1980-2008 tandis que la figure 4.18 illustre la modélisation du parc français pour 2015.

Figure 4.18 Structure modélisée du parc VT français en 2015



A l'opposé des parcs VT genevois et vaudois, la part des véhicules diesels du parc français est beaucoup plus importante. En effet, selon les résultats de nos calculs, les VT diesels composeront 67.74% du parc, soit environ deux véhicules sur trois. La part des véhicules essence refoulés devrait atteindre 1.2%. Nous souhaitons relever les parts cumulées des véhicules diesels interdits d'accès pour les normes *Ante Euro 0* à *Euro 3*. Ceux-ci concerneront 17.71% du parc total, ce qui représente une part beaucoup plus importante en comparaison avec les parcs VT genevois et vaudois.

Comme explicité plus haut, nous avons adapté le parc VT français à l'effectif des véhicules provenant de France voisine. Pour ce faire, nous nous sommes basées sur les résultats de *L'enquête aux frontaliers*. En effet, nous avons relevés le nombre de véhicules relevés provenant des deux départements français jouxtant la frontière helvétique. De plus, nous avons exclus les parts des normes *ante 1987*

et *Euro 0* pour diverses raisons. Premièrement, les parts cumulées de ces deux normes ne représentent qu'une très faible partie du parc (environ 5%). Deuxièmement, les véhicules âgés de plus de 25 ans sont pour la majorité des véhicules de collection avec lesquels on ne se déplace pas pour aller sur son lieu de travail ou pour aller faire ses courses. La mobilité liée aux véhicules de collection, aurait plutôt pour destination une activité de loisir liée à la périphérie. Et bien que certains privilégiés se rendent sur leur lieu de travail avec ce type de véhicule, il ne représenterait qu'une part très faible qui ne serait pas statistiquement représentative. Par conséquent, nous avons adapté la structure du parc automobile français à l'effectif des véhicules provenant de France voisine, mais uniquement à partir de la norme *Euro 2*. Le tableau 4.7 énumère les effectifs comptés aux divers écrans frontaliers en 2005.

Tableau 4.7 Nombre de véhicules provenant de France entrant à Genève en 2005 (24h)	
Ecran	Effectifs
Chablais	9'115
Annemasse	19'525
Saint-Julien	27'179
Ain	31'607
Total	87'426

source : OCM, 2006

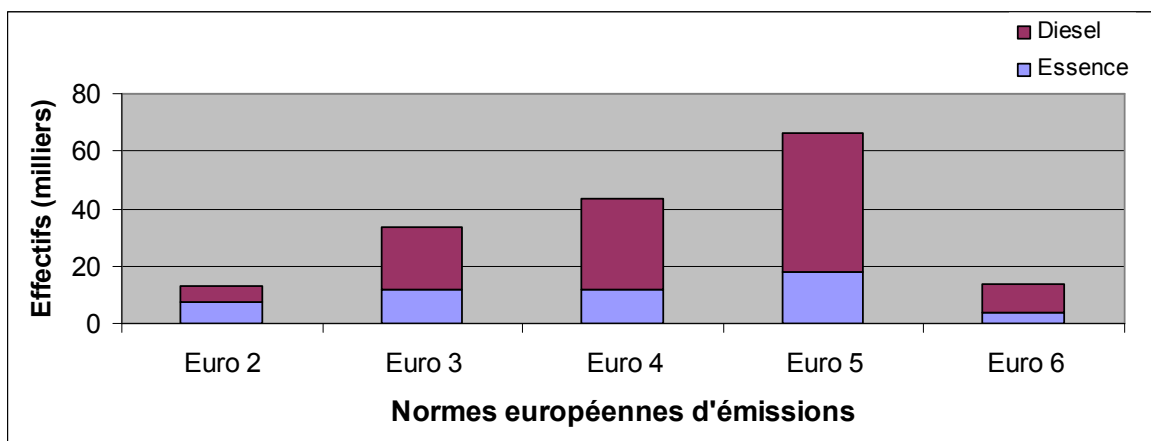
Modéliser l'évolution de la population de France voisine se rendant dans le canton de Genève n'est pas chose aisée. Premièrement, parce que les motifs de déplacements sont divers et vont donc au-delà de l'attribution du nombre de permis frontaliers. En effet, le nombre de frontaliers employés dans le canton dépend de divers facteurs tels que la conjoncture économique ou le marché du travail par exemple. Le calcul de son évolution s'en trouve donc complexifié. Ceci étant, pour des raisons de simplification, nous avons procédé de la manière suivante : nous avons calculé en premier lieu la part de la population de l'Ain et de la Haute-Savoie se rendant à Genève en 2005, à partir des résultats de *L'enquête aux frontaliers* (OCM, 2006). Nous avons ensuite calculé l'évolution des populations¹³ jouxtant la frontière helvétique, ceci en fonction de divers scénarios. Puis nous avons appliqué la part de la population frontalière se rendant dans le canton de Genève en 2005 aux résultats obtenus pour 2015. Nous sommes

¹³ Le calcul de l'évolution de la population nous aura également permis de calculer les distances parcourues par les individus, et donc les déplacements et les distances parcourues en 2015.

également partis du principe que les pratiques modales constatées en 2006 resteraient constantes.

Il est clair que notre méthodologie mériterait d'être beaucoup plus approfondie et affinée, ceci dans le but d'obtenir des résultats bien plus précis. Malgré tout, nous souhaitons rappeler qu'il ne relève pas de la portée de notre travail d'effectuer une étude de faisabilité, mais plutôt de faire le tour de la question quand à l'introduction d'une zone à émissions réduites au centre-ville de Genève. La figure 4.19 illustre le parc modélisé des voitures de tourisme provenant de France voisine et se rendant dans le canton de Genève en 2015.

Figure 4.19 Structure modélisée du parc des voitures de tourisme provenant de France voisine en 2015



D'après nos calculs, l'effectif du parc VT provenant de France voisine devrait se monter à 170'048 en 2015. Il serait composé de 30.6% de véhicules essence, et de 69.4% de véhicules diesels. Ayant supprimé les véhicules immatriculés avant 1995 du modèle, les VT essence représentée ici ne seront pas concernées par la LEZ. En revanche, la part cumulée des VT fonctionnant au diesel refoulées au centre-ville se monterait à 16.34% (dont 3.34% seraient des véhicules *Euro 2*, et 13% des véhicules *Euro 3*). Maintenant que nous connaissons les trois parcs VT, nous pouvons observer les parcs des véhicules utilitaires et des poids-lourds marchandises.

4.5.2 Parc VL et PLM

Nous avons modélisé l'évolution des parcs des véhicules de livraison (VL) de la même manière que les parcs VT. Une différence subsiste : nous n'avons modélisé les parcs année en année mais nous avons suivi la courbe *probabilité de survie* (c.f. point 4.5.1.1). Ceci dans le but d'obtenir directement l'effectif survivant d'une année donnée en 2015. Par manque de sources concernant le vieillissement des véhicules de livraison, nous avons utilisé le même modèle de survie que pour les voitures de tourisme. Notre parc 2015 serait donc plus jeune que l'évolution réelle de 2015, sachant que la durée de vie est plus longue pour les véhicules de transports de marchandises que pour les voitures particulières.

Nous avons d'abord considéré le nombre de nouvelles d'immatriculations annuelles depuis 1987 à l'aide d'une base de données qui énumère les immatriculations publiée par l'OFS (OFS, s.d.). Nous avons ensuite extrapolé le nombre de nouvelles immatriculations en calculant la moyenne sur 5 ans pour chaque année depuis 2010 jusqu'à 2015. Nous avons en suite observé la diésélisation du parc des véhicules de transports de choses à l'échelle suisse (OFS, s.d.), que nous avons appliquée à notre modèle. La figure 4.20 illustre la diésélisation du parc des véhicules de transport de choses (VL et PLM) de 1990 à 2009.

Figure 4.20 Dieselisation du parc des véhicules de transport de choses en Suisse de 1990 à 2009



La part des véhicules diesel est passée de 39.43% du parc en 1990 à 71.48% en 2009. Pour ce qui est des nouvelles immatriculations des véhicules utilitaires, l'OFEV stipule qu'actuellement 80% des nouvelles voitures de livraison vendues fonctionnent au diesel" (OFEV, 2009a). Nous avons donc inclus ce pourcentage dans l'extrapolation des nouvelles immatriculations. Les figures 4.21 et 4.22 illustrent la modélisation du parc VL en 2015 pour chaque carburant (essence et diesel).

Figure 4.21 Parts des VL essence selon la norme d'émissions en 2015 (modèle)

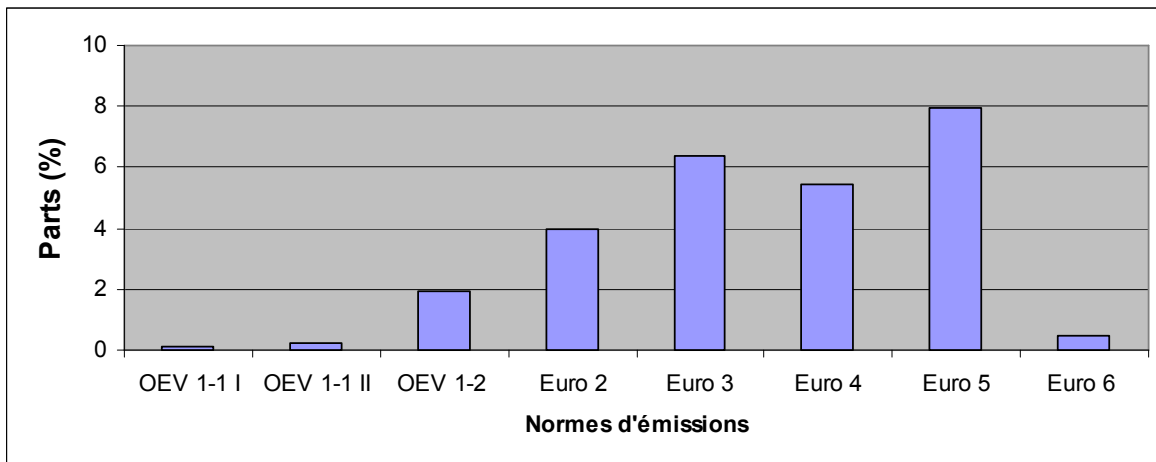
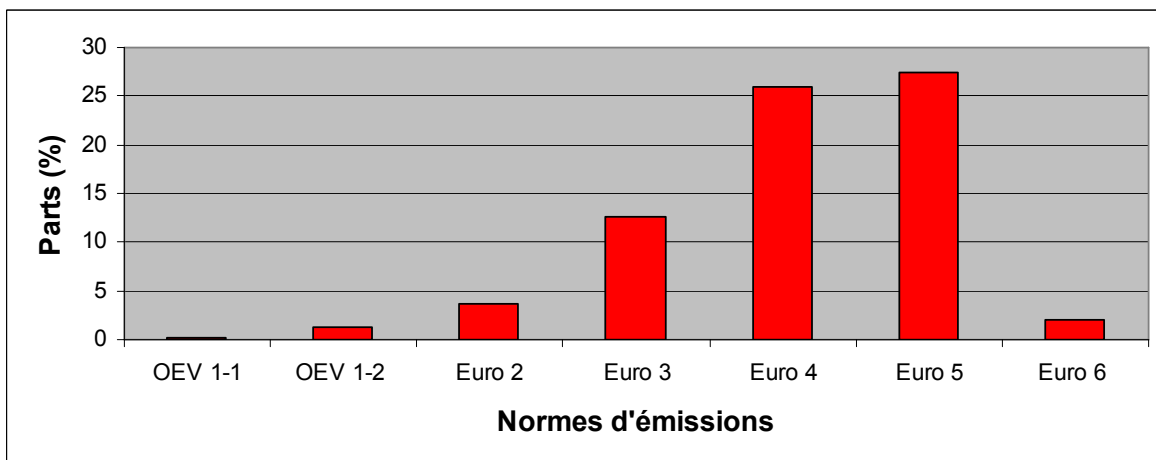


Figure 4.22 Part des VL diesel selon la norme d'émissions en 2015 (modèle)

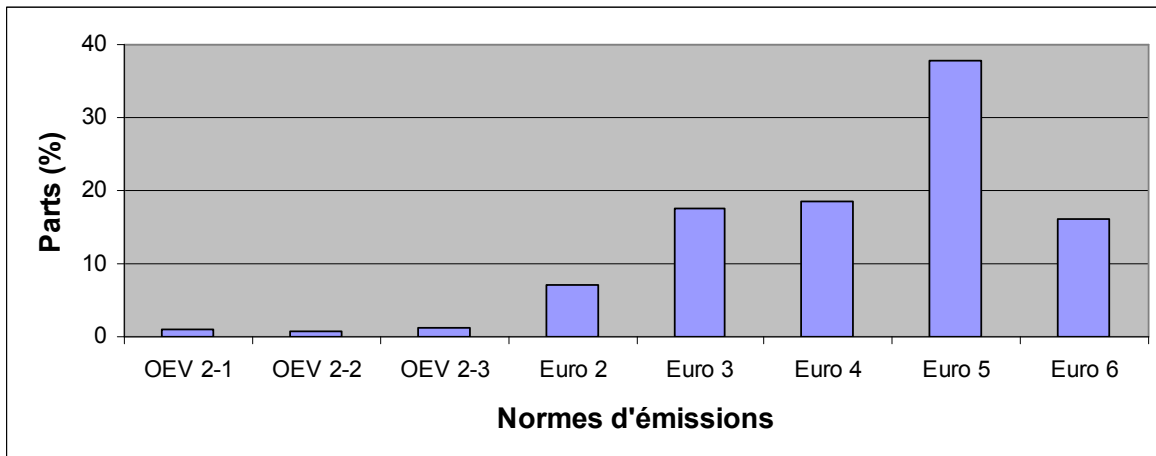


Nous pouvons observer l'importance de la part des véhicules diesel qui représenteraient 73.46% du parc en 2015. La part cumulée des véhicules répondant aux normes *OEV 1-1* à *Euro 3* serait de 17.98%, respectivement 0.25%,

1.34%, 3.68% et 12.71%. En ce qui concerne le parc PLM, nous avons appliqué la même méthodologie que pour le parc VL, en nous basant également sur la base de données de l'OFS (OFS, s.d.).

Mais après avoir calculé l'évolution et déterminé la structure, nous avons appliqué cette dernière aux effectifs calculés par la société ENERS Energy Concept, soit 2544 véhicules (ENERS, 2006, p. 11). Nous souhaitons également souligner qu'à la différence des parcs de véhicules modélisés jusqu'ici, le parc PLM est composé de véhicules fonctionnant au diesel uniquement. La part cumulée des poids lourd marchandises répondant aux normes *OEV 2-1* à *Euro 3* concernés par la zone à faibles émissions se monterait à 27.57%. La figure 4.23 illustre le parc PLM 2015 modélisé.

Figure 4.23 Structure modélisée du parc PLM en 2015 (diesel uniquement)



4.6 Distances parcourues

4.6.1 Evolution de la population

La deuxième étape du calcul des émissions est constituée par la détermination des distances totales parcourues par les différents effectifs de véhicules. Pour ce faire, il est indispensable de connaître le nombre de déplacements effectués par la population. En disposant des données du *MRT 2005* et de *L'enquête aux frontaliers* (OCM, 2006), nous avons pu le déterminer

pour 2005. Il serait cependant erroné de partir du principe que le nombre de déplacement resterait le même en 2015. C'est pourquoi nous avons considéré l'évolution de la population franco-valdo-genevoise pour cette même année, dans le but d'en obtenir le nombre de déplacements. Néanmoins, nous avons dû adapter notre méthodologie en fonction des sources considérées. Nous possédons les données du *MRT 2005* pour la population genevoise, mais uniquement les résultats l'enquête pour les français de l'agglomération. Aussi, en observant l'évolution de chacune des populations (Genève, district de Nyon, Ain et Haute-Savoie), nous pourrions extrapoler le nombre de déplacements effectués en 2015. Pour ce faire, nous avons obtenus des ratios dont nous détaillerons la méthodologie de calcul au point 4.6.2.

Nous avons considéré l'évolution de la population en reprenant les scénarios publiés par l'OCSTAT dans son rapport *Projections démographiques pour le canton de Genève : population résidente de 2004 à 2030* (OCSTAT, 2005, 19) pour ce qui est de l'évolution de la population genevoise. Pour les populations vaudoises et de France voisine (Ain et Haute-Savoie), nous avons considéré des bases de données similaires, publiées par l'OCSTAT également. Toutes ont en commun de prendre en compte les mêmes scénarios pour chaque population étudiée. Nous avons donc obtenu leur évolution moyenne à partir de ces scénarios.

Nous avons ensuite calculé l'évolution moyenne de la population genevoise à partir des résultats ci-dessus. En 2015, la population atteindrait 472'273 individus. Nous avons ensuite réparti ce résultat dans chacune des 8 zones d'analyse (pour le canton de Genève), en fonction de la distribution de la population sur le territoire en 2009. La figure 4.24 illustre l'évolution de la population du canton genevois entre 2003 et 2030 tandis que le tableau 4.8 synthétise la distribution de la population par zone d'analyse.

Figure 4.24 Population résidente totale selon le scénario, de 2003 à 2030

Situation en fin d'année	Canton de Genève									
	Effectifs							Variation 2003 - 2030		Variation annuelle moyenne (%)
	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	absolue	en %	
Scénario A	434 473	446 127	469 608	489 367	507 323	524 253	540 148	105 675	24,3	0,81
Scénario B	434 473	444 181	463 470	480 432	496 957	513 300	528 808	94 335	21,7	0,73
Scénario C	434 473	442 169	456 062	467 019	477 178	486 974	495 828	61 355	14,1	0,49
Scénario D	434 473	441 048	451 260	459 989	469 101	478 463	487 051	52 578	12,1	0,42
Scénario A1	434 473	446 259	470 867	492 652	513 065	532 436	550 663	116 190	26,7	0,88
Scénario E	434 473	437 449	442 790	444 179	442 022	437 511	430 823	-3 650	-0,8	-0,03

(1) Population : situation à fin 2003; projections dès 2004.
Source : OCSTAT / SCRIS

Tableau 4.8 Distribution de la population genevoise résidente en 2009 et 2015.

Zone	Population 2009	Parts 2009 (%)	Distribution 2015
Genève ville	189'269	42.7	201'555
Agglo Nord	65'531	14.8	69'785
Agglo Sud	64'989	14.7	69'208
Trois-Chêne	31'729	7.1	33'789
Agglo Est	27'335	6.1	29'109
Champagne - Mandemant	26'509	6.0	28'230
Genève-Nord - Terre-Sainte	38'123	8.6	40'598
Total	443'485	100	472'273

Pour les zones frontalières (district de Nyon compris), nous avons également calculé l'évolution de la population en fonction des scénarios moyens, mais une différence subsiste. En effet, après avoir calculé l'évolution de la population sur la base des divers scénarios de l'observatoire transfrontalier genevois, nous avons calculé le pourcentage de la population française (pour l'Ain et la Haute-Savoie) se rendant à Genève en 2005. Puis, nous l'avons appliquée à nos résultats calculés pour 2015. La raison qui nous a orientés vers cette méthode va bien au-delà des questions de simplification. En effet, nous pensons que l'agglomération genevoise n'attire pas uniquement des travailleurs frontaliers, mais également des individus venant consommer des biens et des services. Par conséquent, le nombre de

permis frontaliers accordés étant difficile à prévoir d'une année à l'autre, et les motifs de déplacements pour les Français venant à Genève nous étant donnés par *L'enquête aux frontaliers* (OCM, 2006), il nous a paru pertinent de considérer l'évolution de l'entier des populations des régions jouxtant le canton genevois. Le tableau 4.9 montre l'évolution des populations pour le district de Nyon ainsi que des départements de l'Ain et de la Haute-Savoie.

Tableau 4.9 Population résidente totale en 2015 en fonction du scénario et de la région			
Effectifs			
Scénarios	Nyon	Ain	Haute-Savoie
Scénario 1	94'563	103'402	214'132
Scénario 2a	93'806	102'666	212'292
Scénario 2b	94'804	105'245	216'912
Scénario 3	93'849	102'005	210'459
Scénario 4	93'492	100'525	209'778
Scénario moyen	94'103	102'767	212'715

source : OTS, s.d.

L'évolution moyenne des populations en 2015 atteindrait donc 94'103 individus pour le district de Nyon, 102'767 pour l'Ain et 212'715 pour la Haute-Savoie. En ce qui concerne la part des frontaliers, nous nous sommes basés sur les résultats de l'enquête de 2005, et nous avons calculé la part de la population entrant dans les zones nous concernant. En 2005, 164'475 frontaliers se rendaient quotidiennement à Genève, soit 51'700 personnes venaient de l'Ain, et 112'775 depuis la Haute-Savoie¹⁴ (OCM, 2006, p. 14). Ils représentaient donc respectivement 59.15% et 60.42% de chaque population. Selon l'évolution en 2015, les populations de l'Ain et de la Haute-Savoie se monteraient à 102'769 et 212'715 individus. Si l'on applique les parts d'individus se rendant à Genève en 2006, les individus provenant de l'Ain et de la Haute-Savoie se monteraient donc à 67'787 et 128'522 personnes respectivement, soit au total 196'309 individus en 2015, ce qui représenterait une augmentation de 19.35% par rapport à 2005.

¹⁴ Tout modes de transports confondus.

4.6.2 Distances parcourues

Maintenant que nous connaissons l'évolution de la population franco-valdo-genevoise, nous pouvons déterminer les distances parcourues. Comme nous l'avons explicité au point 4.6.1, les deux sources de données que nous possédons, sont de nature différente. Par conséquent, nous avons adapté notre méthodologie en fonction de la source utilisée. Pour ce qui est du *MRT 2005*, nous avons calculé des ratios à partir de l'échantillon interrogé et de la population de référence de 2015. En revanche pour les frontaliers, l'évolution de la population nous a permis d'adapter le nombre de déplacements effectués, que nous avons catégorisé en fonction de cinq catégories de distances. Les deux points suivants (4.6.2.1 et 4.6.2.2) approfondissent notre méthodologie et énumèrent les distances obtenues à partir de nos calculs. Nous tenons cependant à rappeler que nous nous sommes basés sur l'hypothèse que les distances de déplacements ainsi que les pratiques modales resteront constantes entre 2005 et 2015, mais que les populations des diverses zones d'analyses évolueront en fonction de divers scénarios. En fonction de leur évolution, les distances parcourues par l'ensemble des parcs automobiles augmenteront, non pas par un allongement des déplacements, mais par l'augmentation de leur nombre.

4.6.2.1 Genève et Nyon

Comme explicité au point précédent, le calcul des distances parcourues connaît une méthodologie différente en fonction de la région analysée. En effet, pour les 9 zones qui constituent le canton de Genève et le district de Nyon, nous avons calculés les ratios à partir des populations de référence calculées. Nous avons rapporté les effectifs de personnes interrogées de nos zones, à la population de 2015 considérée au point 4.6.1, que nous avons ensuite distribuée sur le territoire (c.f. tableau 4.8).

Nous avons ensuite rapporté les ratios aux distances parcourues que nous avons obtenues par le traitement des données du *MRT 2005*. Le tableau 4.10 explicite les ratios calculés à partir des échantillons du *MRT 2005* et de la

population de référence de 2015 distribuée par zone d'analyse. Les tableaux 4.11 et 4.12 synthétisent les distances parcourues en voiture en 2015 pour chaque périmètre.

Zones	Echantillon MRT 2005	Population 2015	Ratio
Genève ville	1'559	201'555	129.28
Agglo Nord	456	69'785	153.04
Agglo Sud	790	69'208	87.6
Trois-Chêne	244	33'789	138.48
Agglo Est	211	29'109	137.96
Champagne-Mandement	172	28'230	164.13
Genève-Nord - Terre-Sainte	753	40'598	53.91
Nyon	343	94'103	68.19
Total Agglomération	4'001	566'377	141.55

Zones	Echantillon MRT 2005 (km)	Ratio	Distances quotidiennes (km)
Genève ville	2'895	129.28	374'266
Agglo Nord	251	153.04	38'413
Agglo Sud	578	87.6	50'633
Trois-Chêne	184	138.48	25'480
Agglo Est	372	137.96	51'321
Champagne-Mandement	154	164.13	25'276
Genève-Nord - Terre-Sainte	196	53.91	10'566
Nyon	423	68.19	28'884
Total	5'053	-	604'839
Total Canton (Nyon inclus)	106'963	141.55	15'140'613

Zones	Echantillon MRT 2005 (km)	Ratio	Distances quotidiennes (km)
Genève ville	3'621	129.28	468'123
Agglo Nord	412	153.04	63'052
Agglo Sud	1'470	87.6	128'772
Trois-Chêne	252	138.48	34'897
Agglo Est	211	137.96	29'110
Champagne-Mandement	373	164.13	61'220
Genève-Nord - Terre-Sainte	213	53.91	11'483
Nyon	214	68.19	14'593
Total	6'669	-	811'250
Total Canton (Nyon inclus)	106'963	141.55	15'140'613

L'échantillon du *MRT 2005* a quotidiennement parcouru en voiture 106'963 km au total, ainsi que 5'053 km vers le périmètre B et 6'669 km vers le périmètre A. Rapportés à la population de 2015, nos résultats indiquent que les individus devraient parcourir quotidiennement 15'140'613 km au total, et 604'839 km vers le périmètre B et 811'250 km vers le périmètre A.

4.6.2.2 Déplacements transfrontaliers

La méthodologie que nous avons appliquée pour calculer les distances des véhicules provenant de France voisine est différente. En effet, la base de données étant différente, il ne nous a pas été possible de calculer le cumul des distances de tous les déplacements effectués depuis l'Ain et la Haute-Savoie. Ceci étant, *L'enquête aux frontaliers* (OCM, 2006) nous a permis de déterminer les distances moyennes de chaque déplacement. Celles-ci ont été réparties en 5 classes : >10 km ; 10-20 km ; 20-30 km ; 30-50 km ; et 50 km <. Nous avons repris la moyenne de ces intervalles pour chaque classe. Par exemple, la distance moyenne *15km* représente la distance moyenne pour tous les déplacements dont la longueur était entre 10 et 15 km, etc. Pour la classe maximum (déplacements supérieurs à 50 km), nous avons considéré la valeur *55km* car les déplacements plus longs iraient au-delà des limites des zones et régions considérées dans notre analyse.

Dans un second temps, nous avons calculé la part de déplacements pour chaque classe de distance à partir des données de l'enquête (2005). Nous avons ensuite calculé le nombre de véhicules frontaliers se rendant dans le canton de Genève en 2015 à l'aide de l'évolution de la population (calculée au point 4.6.1). En 2005, 95.5% des déplacements transfrontaliers étaient réalisés en transports individuels. Parmi ceux-ci, 92% étaient effectués par des conducteurs (OCM, 2006, p. 16). Par conséquent, sur les 196'309 individus qui se rendraient dans le canton de Genève en 2015, 187'476 viendraient en TI, et 172'478 seraient conducteurs. L'annexe de l'enquête nous a également permis de déterminer le nombre de répondant se déplaçant en VT. Celui-ci se montait à 94% (OCM, 2006,

p. 130). Le nombre de VT frontalières se rendant à Genève serait donc de 162'129¹⁵.

Tableau 4.13 Distances quotidiennes parcourues par les VT frontalières en 2015						
Distances moyennes	5 km	15 km	25 km	40 km	55 km	Total
Parts totales des distances de déplacement en 2005 frontaliers (%)	18	31	20	19	12	100
Effectifs VT frontalières	28'271	50'407	33'032	31'305	19'114	162'129
Distance parcourues (km)	141'353	756'104	825'802	1'252'219	1'051'265	4'026'743

Nous avons ensuite réparti l'effectif total des véhicules en le multipliant par les pourcentages de déplacement de chaque classe de distance. Nous avons donc obtenu le nombre de VT pour chaque classe de distance. Enfin, nous avons multiplié ce résultat par la distance moyenne de chaque classe pour obtenir les distances parcourues par les frontaliers. Les VT frontalières parcourraient donc 4'026'743 km quotidiennement. Le tableau 4.13 illustre notre méthodologie.

Il nous est fondamental de considérer encore deux éléments. Premièrement, *L'enquête aux frontaliers* (OCM, 2006a) nous a permis de déterminer les destinations des déplacements, mais les périmètres A et B n'ont bien évidemment pas été considérés. Cependant, nous avons observé que 20% des individus se déplaçaient à Genève centre-Rive gauche et 12% à centre-Rive droite (OCM, 2006a, p. 54). Ces deux destinations agrégées représentent, d'une manière plus ou moins précise, le périmètre A. Nous avons ensuite déterminé la part d'individus se rendant dans chaque périmètre, par le biais du calcul d'une probabilité conditionnelle en fonction du motif de déplacement. Selon nos calculs, 49% des frontaliers se rendent dans le périmètre B et 51% dans le périmètre A (c.f. chapitre 5, point 5.3.2).

¹⁵ Notons que l'extension du réseau express régional RER et la réalisation du tronçon Coranvin-Eaux-Vives-Annemasse (CEVA) pourraient réduire, à terme, la croissance du trafic automobile (OUM, 2009, p.118) (c.f. point 5.5.1.1, p. 136).

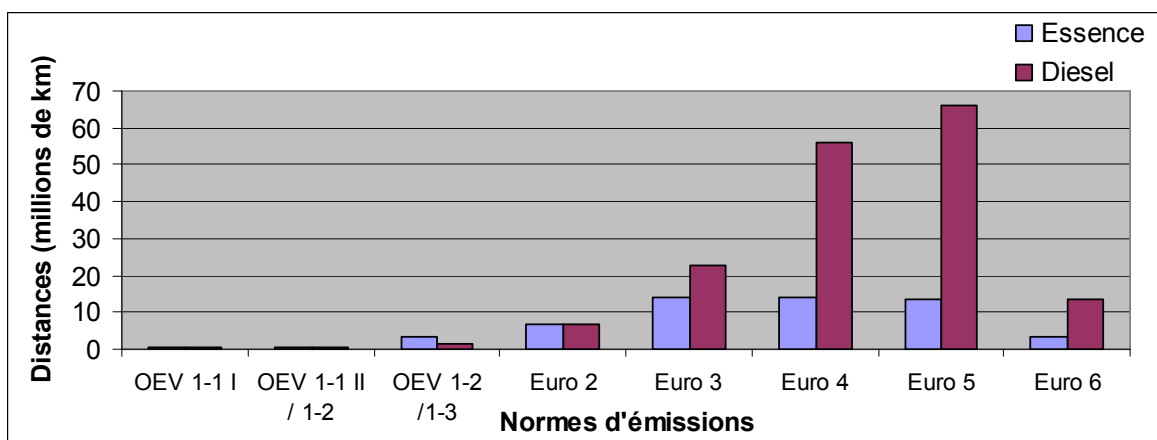
Le deuxième élément que nous souhaitons mettre en perspective réside dans la longueur du déplacement. En effet, il serait incongru d'observer des déplacements frontaliers de moins de 5 km pour des individus provenant d'une zone éloignée, comme par exemple le Chablais français. Nous avons donc réparti le total de la distance parcourue en fonction du nombre de véhicules frontaliers, dans le but d'obtenir la distance moyenne parcourue quotidiennement par une VT française. Ceci nous a permis d'éliminer les incohérences, et ainsi d'uniformiser la longueur des déplacements. En conséquence, nous obtenons une distance moyenne de 24.83 km parcourus par VT et par déplacement. Le nombre de voitures se rendant au centre se monte à 51'881 (32%). La distance parcourue vers le centre-ville s'élève donc à 1'288'205 km. En distribuant cette distance en fonction de la probabilité calculé au point 5.3.2, les distances parcourues à destination de chaque périmètre se montent à 631'850 km et 656'355 km respectivement. Maintenant que nous connaissons les distances parcourues pour les voitures de tourisme de l'agglomération genevoise, nous pouvons nous consacrer aux véhicules de transports de choses, soit aux VL et aux PLM.

4.6.2.3 VL et PLM

Comme explicité au point 1.2, nous nous sommes inspirés des prestations kilométriques du rapport ENERS (ENERS, 2006, p.p. 5-7). Le rapport estime les effectifs de VL et PLM à 13'668 et 2'544 respectivement. Il explicite également que les prestations kilométriques de ces deux types de véhicules seront de 224 million de véhicules-km pour les VL et de 114 millions pour les PLM. Nous avons divisé les prestations kilométriques pour en obtenir la distance moyenne annuelle parcourue par chaque voiture de livraison et chaque poids-lourd. Nous aboutissons donc à une distance moyenne annuelle de 16'389 km parcourus par un VL et 44'811 km pour un PLM. Nous avons réparti les effectifs des deux parcs en fonction des modèles calculés au point 4.5.2. Nous avons ensuite multiplié la distance moyenne par l'effectif de véhicules composant la structure de chaque parc. Les tableaux 4.14 et 4.15 synthétisent nos résultats, tandis que les figures 4.25 et 4.26 les illustrent.

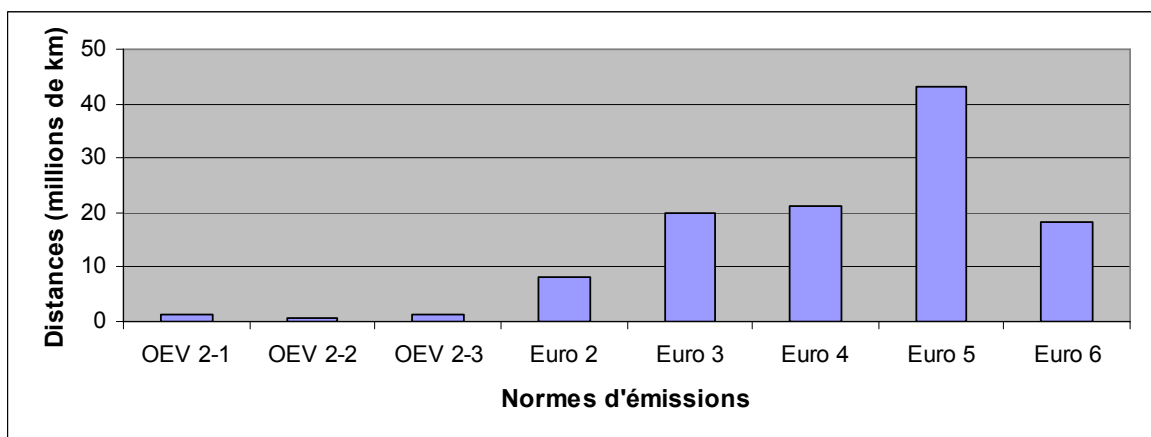
Essence			Diesel		
Norme	Effectifs	Distances (km)	Norme	Effectifs	Distances (km)
OEV 1-1 I	16	256'013	OEV 1-1	32	524'071
OEV 1-1 II	33	548'782	OEV 1-2	26	428'380
OEV 1-2	217	3'559'377	OEV 1-3	89	1'452'727
Euro 2	422	6'919'053	Euro 2	401	6'578'037
Euro 3	853	13'973'764	Euro 3	1'396	22'879'682
Euro 4	856	14'030'772	Euro 4	3'424	56'123'089
Euro 5	821	13'458'456	Euro 5	4'041	66'234'263
Euro 6	208	3'406'923	Euro 6	832	13'627'693

Figure 4.25 Distances moyennes annuelles parcourues par les VL en 2015



Normes	Effectifs PLM	Distances (km)
OEV 2-1	27	1'230'435
OEV 2-2	16	732'772
OEV 2-3	28	1'268'133
Euro 2	182	8'176'310
Euro 3	447	20'019'271
Euro 4	473	21'201'822
Euro 5	960	43'040'851
Euro 6	409	18'329'590

Figure 4.26 Distances moyennes annuelles parcourues par les PLM en 2015 (diesel uniquement)



Pour les déplacements des VL et des PLM vers les deux périmètres, nous avons vérifié la concentration d'emplois dans la commune de Genève, qui se monte à 52.19% par rapport au canton. Nous en avons donc déduit que 52.19% des VL et PLM se déplacent en direction du centre-ville. Le manque de sources pour ce qui est de la répartition vers les deux périmètres nous a incités à distribuer les distances à raison de 50% chacun. En conséquence, 116'900'770 km et 59'509'008 km sont annuellement parcourus par les VL et PLM vers le centre de Genève. Soit 58'450'385 km et 29'754'504 km vers chaque périmètre. Maintenant que nous connaissons les distances parcourues par tous les parcs de tous les types de véhicules nous concernant, nous pouvons les segmenter.

4.6.3 Segmentation des parcs et des distances

Après avoir calculé les distances parcourues, et les avoir réparties en fonction de la structure de chacun des parcs de véhicules, nous les avons distribuées en fonction des segments composant ces derniers. Pour les parcs VT, nous avons repris la segmentation que Steiner propose (Steiner, 2009, p. 73), c'est-à-dire en fonction de trois catégories de cylindrées : <1.4 litres ; 1.4 litres à 2.0 litres ; et > 2.0 litres. Nous avons donc calculé à partir du *MRT 2005*, les parts de ces trois catégories pour chaque année et chaque carburant. Cependant, les effectifs essence datant d'avant 1990 et les effectif diesel datant d'avant 1997 n'étant plus statistiquement représentatifs, la répartition deviendrait trop aléatoire.

Il en va de même avec les VT immatriculées après 2009. En conséquence, nous reprendront les segments fixes calculés par Steiner, qui se basent sur les années postérieures à 1990 et 1997 pour les anciens véhicules et sur les années précédant 2009 pour les véhicules immatriculés après celle-ci. Le tableau 4.16 illustre ces segmentations fixes.

Carburants	< 1.4 l.	1.4 l. - 2.0 l.	> 2.0 l.
Parts essence (1989 et plus anciens)	20%	60%	20%
Parts diesel (1997 et plus anciens)	25%	55%	20%
Parts essence (2009 et après)	5%	65%	30%
Parts diesel (2009 et après)	10%	50%	40%

source : Steiner, 2009, p. 73

Une fois les parcs segmentés, nous en avons agrégé les résultats à fin d'en fonction des valeurs limites d'émissions, pour obtenir la part de chaque segment en fonction de la norme d'émission. Nous souhaitons cependant spécifier certains détails. Nous avons premièrement appliqué les segments des VT suisses au parc français. Deuxièmement, nous avons également segmenté le parc VL en trois catégories : < 2.0 litres ; 2.0 litres – 4.0 litres ; > 4.0 litres. Nous avons traité les données à partir de la base de données de l'OFS (OFS, s.d.) qui répertorie les parcs en fonction de leur cylindrée. Troisièmement, nous avons, à partir de la même base de donnée, segmenté le parc PLM en fonction de la charge utile : < 5 tonnes ; 5- 10 tonnes ; 10 – 20 tonnes. Le tableau 4.17 explicite cette segmentation, tandis que les figures 4.27 à 4.33 illustrent répartitions des distances vers les périmètres B et A en fonction des segments des divers parcs de véhicules.

Année	> 5 tonnes	5-10 tonnes	10-20 tonnes
1990	15.1	62.2	22.7
1995	13.8	58.4	27.8
2000	13.8	53.3	32.9
2005	16	48	36
2008	19.7	43.8	36.5

source : OFS, s.d.

Figure 4.27 Distances quotidiennes parcourues par les VT franco-valdo-genevoises (essence) vers le périmètre B en 2015

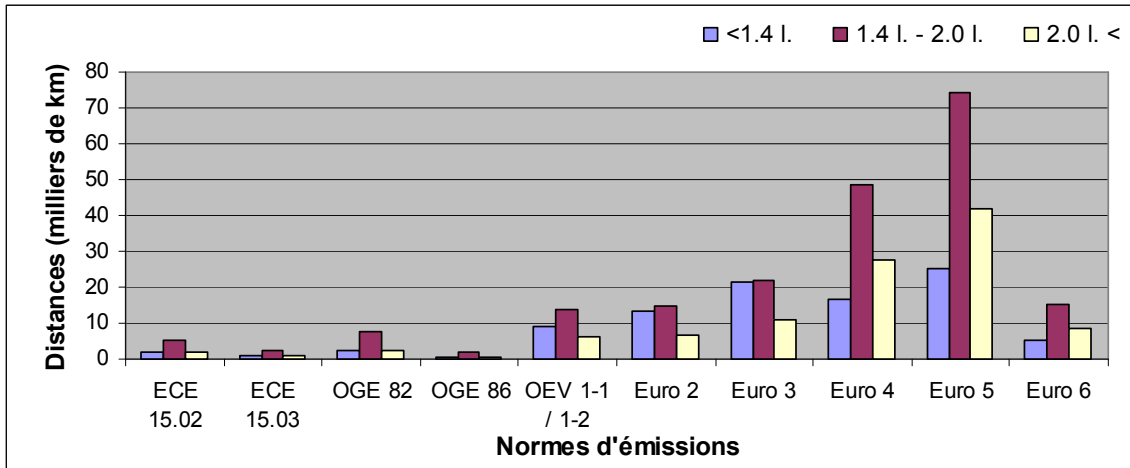


Figure 4.28 Distances quotidiennes parcourues par les VT franco-valdo-genevoises (diesel) vers le périmètre B en 2015

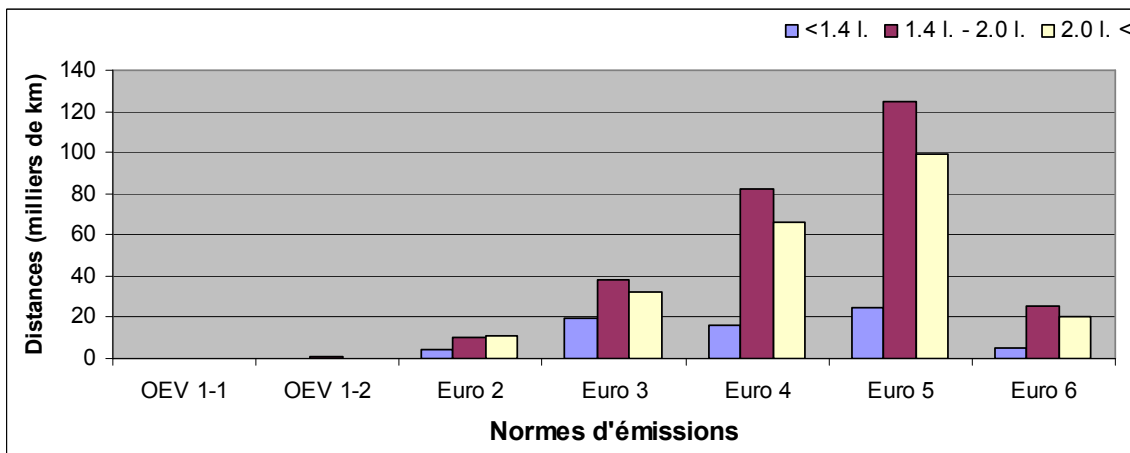


Figure 4.29 Distances quotidiennes parcourues par les VT franco-valdo-genevoises (essence) vers le périmètre A en 2015

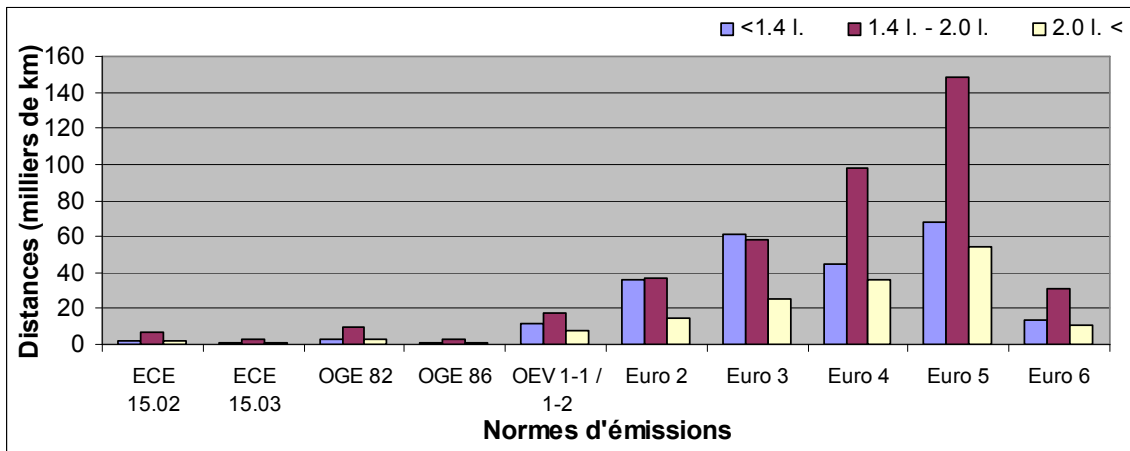


Figure 4.30 Distances quotidiennes parcourues par les VT franco-valdo-genevoises (diesel) vers le périmètre A en 2015

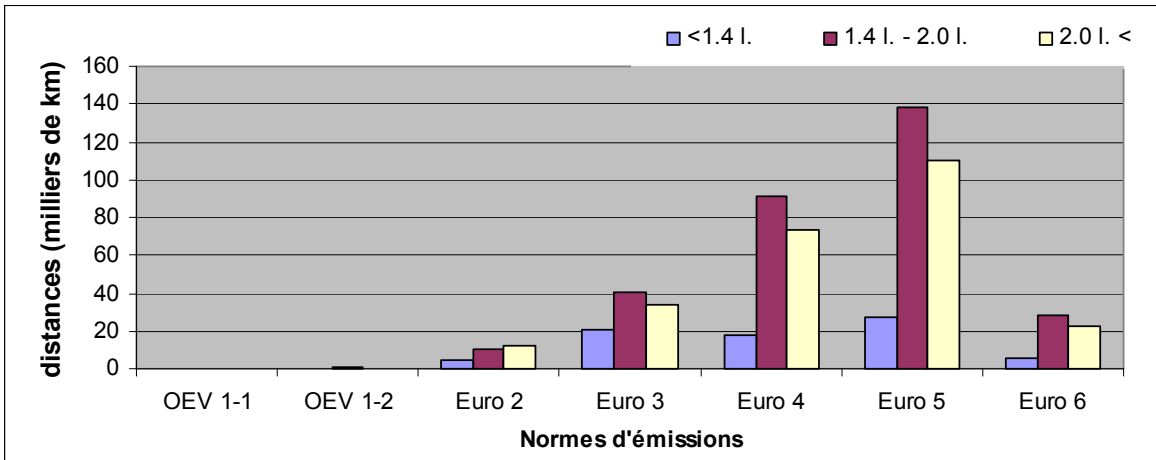


Figure 4.31 Distances parcourues par les VL essence en 2015

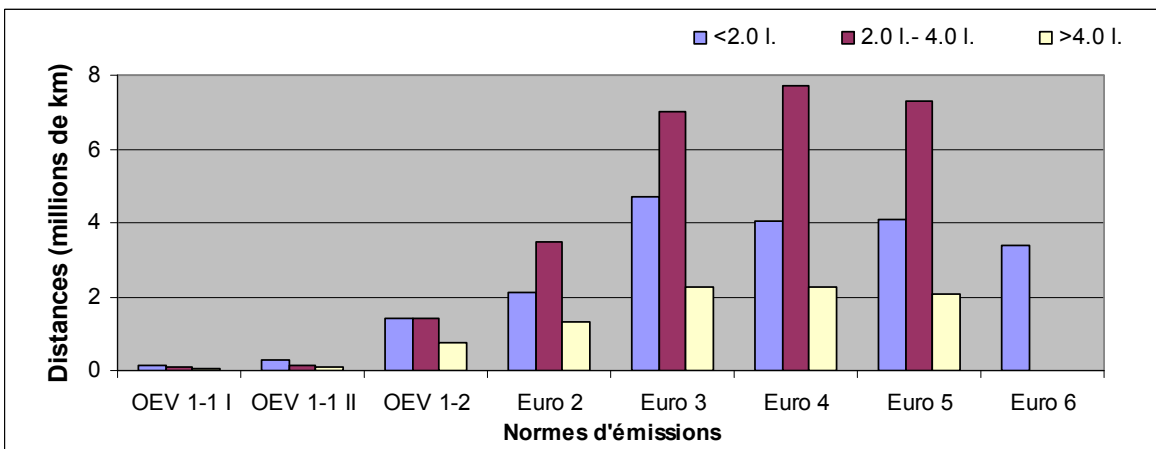


Figure 4.32 Distances annuelles parcourues par le parc VL diesel en 2015

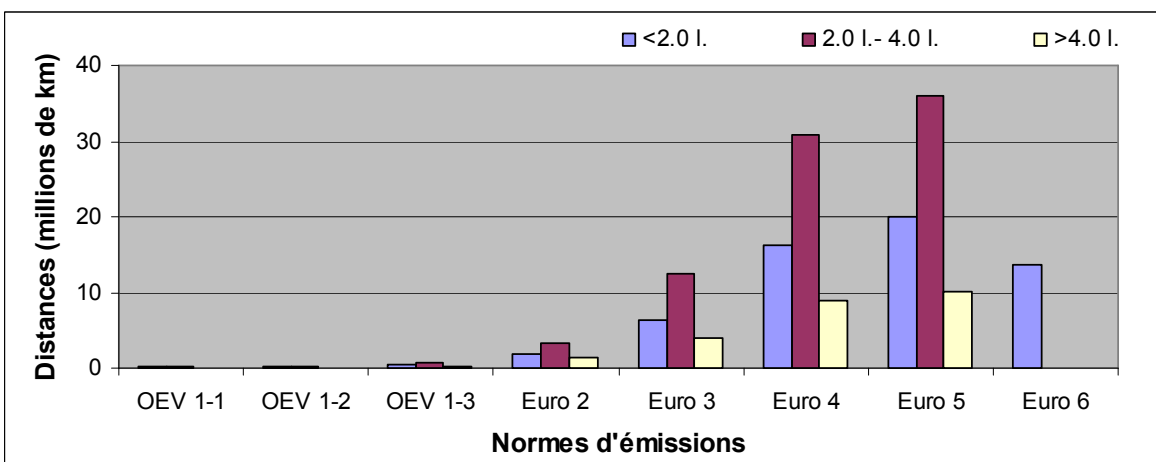
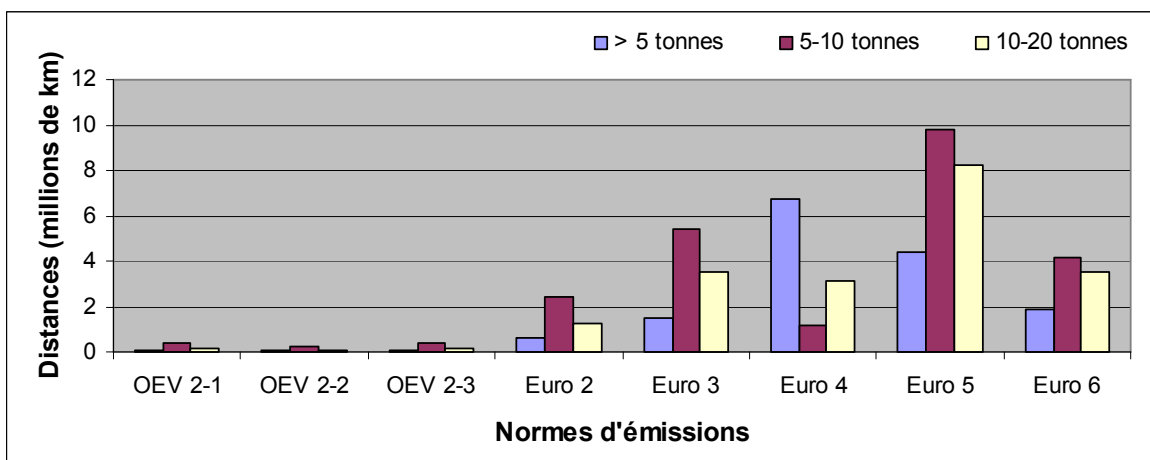


Figure 4.33 Distances parcourues par les PLM vers le centre-ville de Genève en 2015



Par souci de représentation graphique, nous avons agrégé les distances parcourues par les trois parcs VT (genevois, vaudois et frontaliers). Cependant, ils resteront indépendants lors de nos calculs jusqu'à l'agrégation des quantités d'émissions. Maintenant que nous avons modélisé les parcs de véhicules concernés et calculé les distances parcourues vers les deux périmètres de notre analyse, nous pouvons nous concentrer sur la troisième étape de notre méthodologie, qui est constituée par le calcul des émissions.

4.7 Extrapolation des coefficients d'émissions

Comme explicité au point 1.2, nous n'avons pas eu l'accès au manuel des coefficients d'émissions du MICET. Malgré tout, après avoir répartis et segmenté nos parcs en fonction de l'année de première mise en circulation et de la cylindrée (charge utile pour les PLM), nous avons pu extrapoler les émissions émises au kilomètre en répartissant les valeurs limites d'émissions des divers polluants en diverses classes. Ces VLE sont publiées sur le site internet de l'OFEV (OFEV, 2009a/b/c) et nous communiquent leur évolution à travers le temps pour chaque polluant (en quantité par kilomètre) et chaque catégorie de véhicule (VT, VL, PLM). Nous avons donc pu calculer les intervalles de confiance pour chacune des valeurs limites.

Tableau 4.18 Extrapolation coefficients d'émissions VT (essence et diesel)						
VT essence			NO_x (g/km)		PM (mg/km)	
Norme	Etape	Année	Minima	Maxima	Minima	Maxima
ECE 15	<i>ECE 15.02</i>	1977	3.01	4.7	5	5
	<i>ECE 15.03</i>	1980	2.5	3	5	5
OGE	<i>OGE 82</i>	1982	1.21	1.9	5	5
	<i>OGE 86</i>	1986	0.63	1.2	5	5
OEV 1	<i>OEV 1-1</i>	1987	0.51	0.62	5	5
OETV 1	<i>Euro 2</i>	1996	0.16	0.5	5	5
	<i>Euro 3</i>	2001	0.081	0.15	5	5
	<i>Euro 4</i>	2006	0.061	0.08	5	5
	<i>Euro 5</i>	2010	0.041	0.06	5	5
	<i>Euro 6</i>	2015	0.041	0.06	5	5
VT Diesel			NO_x (g/km)		PM (mg/km)	
Norme	Etape	Année	Minima	Maxima	Minima	Maxima
OEV 1	<i>OEV 1-1</i>	1987	0.51	0.62	124.1	370
	<i>OEV 1-2</i>	1988	0.51	0.62	80.1	124
OETV 1	<i>Euro 2</i>	1996	0.51	0.62	50.1	80
	<i>Euro 3</i>	2001	0.251	0.5	25.1	50
	<i>Euro 4</i>	2006	0.181	0.25	5.1	25
	<i>Euro 5</i>	2010	0.081	0.18	5	5
	<i>Euro 6</i>	2015	0.08	0.08	5	5

Pour ce faire, nous avons d'abord subdivisé chaque valeur limite en trois sous-catégories qui correspondent à la segmentation par cylindrée pour obtenir des extrema pour chaque classe d'émission. Nous avons ensuite multiplié les minima et les maxima de chacune de ces classes d'émissions par le nombre de véhicules ayant les cylindrées plus petites et plus élevées. En effet, les véhicules ayant une cylindrée inférieure à 1.4 litres pollueront au minimum, et les véhicules dont la cylindrée est supérieure à 2.0 litres, au maximum. Nous avons considéré les effectifs totaux et les effectifs se rendant vers les deux périmètres concernés par la zone à émissions réduites. Nous avons donc obtenu la quantité de pollution émise par kilomètre parcouru pour un effectif de véhicules donné. Quant aux segments intermédiaire, nous en avons extrapolé les quantités de polluants émises en calculant la moyenne arithmétique entre les quantités émises par les deux segments extrêmes (< 1.4 l et > 2.0 l. pour les VT par exemple). Nous avons

effectué l'opération pour chaque polluant (NO_x et PM), chaque type de carburant (essence et diesel), et chaque catégorie de véhicule (VT, VL, PLM). Ceci étant, pour les VT essence, les PM₁₀ n'ont été considérée qu'à partir de la norme *Euro 5*. Nous avons considéré que les véhicules antérieurs à cette norme émettaient la même quantité de polluants ce qui n'est pas forcément le cas dans la réalité. De plus, Nous souhaitons souligner que nous avons appliqué les normes suisses au parc VT frontalier. Les tableaux 4.18 et 4.19 relèvent les intervalles de confiance calculés pour les voitures de tourisme ainsi que pour les voitures de livraison.

Tableau 4.19 Extrapolation des coefficients d'émissions des VL (essence et diesel)								
VL Essence								
Polluants		NO _x (g/km)				PM (mg/km)		
Norme	Etape	Année	Classe I	Classe II	Classe III	Classe I	Classe II	Classe III
OEV 1	OEV 1-1	1987	1.11	-	1.4	5	5	5
	OEV 1-2	1990	0.71	-	1.1	5	5	5
OEV 1	Euro 2	1997/98	0.5	0.6	0.7	5	5	5
	Euro 3	2001/02	0.15	0.18	0.21	5	5	5
	Euro 4	2006/7	0.08	0.1	0.11	5	5	5
	Euro 5	2010/11	0.06	0.075	0.082	5	5	5
	Euro 6	2015/16	0.06	0.075	0.082	5	5	5
VL Diesel								
Polluants		NO _x (g/km)				PM (mg/km)		
Norme	Etape	Année	Classe I	Classe II	Classe III	Classe I	Classe II	Classe III
OEV 1	OEV 1-1	1988	1.11	-	1.4	162.1	-	370
	OEV 1-2	1990	1.1	1.1	1.1	162.1	-	370
	OEV 1-3	1992	0.7	1	1.1	124	-	162
OEV 1	Euro 2	1997/98	0.7	1	1.2	80	120	170
	Euro 3	2001/02	0.5	0.65	0.78	50	70	100
	Euro 4	2006/07	0.25	0.33	0.39	25	40	30
	Euro 5	2015/11	0.18	0.235	0.28	5	5	5
	Euro 6	2015/16	0.08	0.105	0.125	5	5	5

En ce qui concerne les VL, les classes des valeurs limites ont déjà été divisées en 3 groupes, nous avons donc maintenu cette division lors de nos calculs, et avons multiplié les valeurs par les effectifs des trois segments (< 2.0 l. ; 2.0 – 4.0 l. ; > 4.0 l.). Tout comme les VT, les coefficients des PM₁₀ pour les VL essence ne sont comptabilisés qu'à partir de la norme *Euro 5*, nous avons également considéré que les véhicules antérieurs à celle-ci émettaient la même

quantité de polluants. Pour les normes antérieures à *Euro 3* diesel, nous n'avons que deux classes au lieu de trois. Nous avons donc extrapolé les émissions pour la classe intermédiaire en appliquant la même méthodologie que pour les VT (c.f. tableau 4.19).

En ce qui concerne les PLM, les valeurs limites ne sont pas exprimées en quantité de polluant par kilomètre, mais en g/kWh. Il nous a donc fallu calculer la quantité de kWh consommée par kilomètre avant de calculer les émissions. Dans son rapport *Définition des condition cadres relatives à l'introduction des carburants de substitution dans le canton de Genève* (ENERS Energy Concept: 2006), l'ENERS estime à l'aide de 2 scénarios, que les PLM consommeront entre 733 et 675 TJ en 2015, soit 704 TJ en moyenne (ENERS, 2006 : 10-11). Cette quantité de diesel consommée équivaut à 195'555'556 kWh annuels. Divisé par les prestations kilométriques (114 million de véhicules-kilomètres), nous obtenons un résultat de 0.58 kWh consommé par kilomètre parcouru, qu'il reste à multiplier par les distances totales et vers les périmètres B et A. Ceci pour obtenir la quantité de kWh consommée, ce qui nous permettra par la suite de calculer la quantité de polluants émis par les PLM. Le tableau 4.20 précise les coefficients de polluants émis par kWh pour les PLM.

Polluants			NO _x (g/kWh)		PM (g/kWh)	
<i>Norme</i>	<i>Etape</i>	<i>Entrée en vigueur</i>	<i>minima</i>	<i>maxima</i>	<i>minima</i>	<i>maxima</i>
OEV 1	<i>OEV 2-1</i>	<i>1987</i>	9.01	14.4	0.41	0.7
	<i>OEV 2-2</i>	<i>2001</i>	7.01	9	0.151	0.4
	<i>OEV 2-3</i>	<i>1993</i>	5.01	7	0.1	0.15
OETV 1	<i>Euro 2</i>	<i>1996</i>	3.51	5	0.1	0.16
	<i>Euro 3</i>	<i>2001</i>	2.01	3.5	0.021	0.03
	<i>Euro 4</i>	<i>2006</i>	0.41	2	0.021	0.03
	<i>Euro 5</i>	<i>2009</i>	0.41	2	0.011	0.02
	<i>Euro 6</i>	<i>2014</i>	0.4	0.4	0.01	0.01

Maintenant que nous connaissons les coefficients d'émissions, nous pouvons les multiplier par les effectifs des divers parcs, dans le but d'obtenir la quantité de

pollution émise au kilomètre, que nous multiplierons ensuite par les distances calculées aux points 4.6.2 et 4.6.3.

4.8 Résultats

4.8.1 Voitures de tourisme

Après avoir multiplié les quantités de polluants émises au kilomètre par les distances parcourues, nous allons énumérer nos résultats de deux manières : émissions quotidiennes et émissions annuelles. La raison qui motive ce choix se trouve dans le nombre de jours durant lesquels les deux périmètres seront actifs. Certes le périmètre B sera en fonction de manière permanente, mais il en va autrement pour le périmètre A, qui entrerait en vigueur uniquement lors des jours de très forte pollution, lorsque les VLI quotidiennes seront dépassées. Nous avons donc multiplié les quantités de polluants concernant le périmètre B, par un facteur 330 qui correspond au nombre de jours durant lesquels la mobilité individuelle est réalisée (les congés et les vacances ayant été pris en compte). Nous en avons fait de même pour le périmètre A. Cependant, pour nous rendre compte de la baisse des taux de NO_x et de PM, nous avons également multiplié les émissions quotidiennes vers ce périmètre par un facteur 54. Celui-ci correspond en effet au nombre de jours moyen durant lesquels les VLI ont été dépassées entre 2000 et 2008. Après avoir souligné ces éléments méthodologiques, nous pouvons désormais nous concentrer sur nos premiers résultats.

4.8.1.1 Périmètre B

Les émissions annuelles concernées par la zone à émissions réduites se montent à 13'361 tonnes de NO_x et 175.4 tonnes de PM dans le périmètre B. Ce qui représente 22.29% et 7.06% des quantités de polluants rejetées pour les déplacements vers ce périmètre.

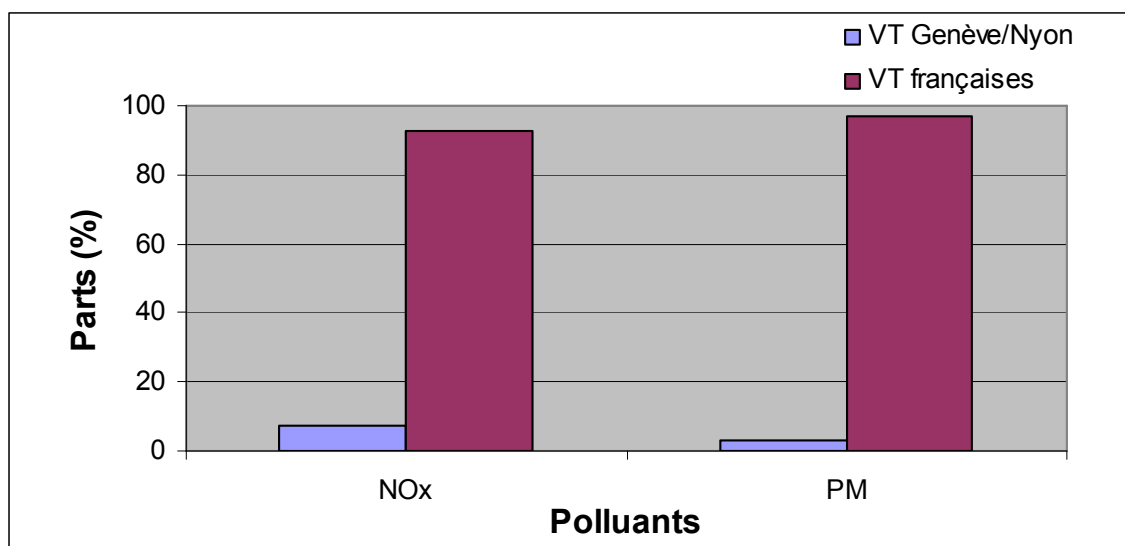
Tableau 4.21 Emissions annuelles totales (tonnes) pour les déplacements en VT		
Périmètre B	NO_x	PM
VT Genève/Nyon	10'422	765
VT françaises	49'534	1'719
Périmètre A	NO_x	PM
VT Genève/Nyon	13'427	985
VT françaises	53'920	1'897
Total	NO_x	PM
Total VT valdo-genevoises	316'68'426	32'071
Total VT françaises	2'018'850	7'018
Total absolu	33'687'276	39'089

A l'échelle du canton, ces quantités constituent 0.04% et 0.45% des émissions de NO_x et de PM respectivement. La part des VT françaises est très élevée pour chaque polluant avec 92.6% des émissions de NO_x et 96.9% des émissions de PM. Le tableau 4.21 énumère les quantités annuelles de NO_x et de PM émises pour

Périmètre B		
	NO_x	PM
VT Genève/Nyon	9.30	0.70
VT françaises	25.01	9.89
Parts totales	22.29	7.06
Périmètre A		
	NO_x	PM
VT Genève/Nyon	1.52	0.11
VT françaises	4.06	1.58
Parts totales	3.55	1.08

les déplacements vers les deux périmètres ainsi qu'à l'échelle du canton. Le tableau 4.22 explicite les parts d'émissions concernées par la zone à émissions réduites. En ce qui concerne le périmètre A, les parts tiennent compte du nombre de jours moyen durant lesquels les VLI sont dépassées. Enfin, la figure 4.34 illustre les parts d'émissions entre les parcs VT de France voisine et valdo-genevois.

Figure 4.34 Parts des émissions concernées de NO_x et de PM pour le parc VT franco-valdo-genevois (périmètre B)

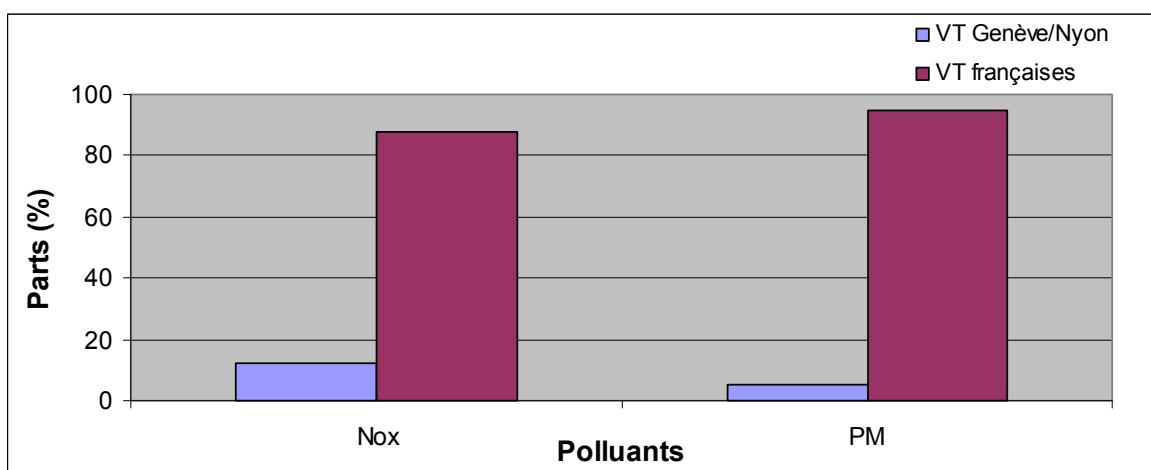


4.8.1.2 Périmètre A

En ce qui concerne le périmètre A, les émissions annuelles concernées par la mesure (54 jours en moyenne par an) s'élèvent à 2'393 tonnes de NO_x et 31.14

tonnes de PM. Rapportées aux émissions totales qui se montent respectivement à 67'347 et 2'882 tonnes (c.f. tableau 4.20), les parts concernées, lorsque le périmètre A entrera en vigueur, s'élèveront à 3.55% et 1.08%. A l'échelle de l'agglomération, les quantités de polluants concernées connaîtront des parts négligeables, soit 0.007% et 0.079% des émissions totales des voitures de tourisme. Quant aux voitures de tourisme provenant de France voisine, leurs parts d'émissions concernées est également très forte dans la mesure où celles-ci seraient responsables de 91.5% des émissions de NO_x et 96,4% des émissions de PM concernées. La figure 4.35 illustre ces pourcentages.

Figure 4.35 Parts des émissions de NO_x et de PM concernées pour le parc VT franco-valdo-genevois (périmètre A)



Maintenant que nous connaissons les émissions concernées pour les deux périmètres de la zone à émissions réduites, nous pouvons observer les résultats pour les véhicules utilitaires et les poids-lourds.

4.8.2 VL et PLM

Comme nous l'avons spécifié au point 4.6.2.3, nous avons estimé les effectifs VL et PLM se rendant au centre-ville en vérifiant la distribution des emplois sur le territoire cantonal. Comme 52.19% des emplois se concentrent sur la commune de Genève, nous avons considéré que la même part des effectifs de véhicules se rend au centre-ville. Comme pour les parcs VT, nous avons calculé les émissions totales (échelle du canton) et les émissions pour chaque périmètre. Comme nous

ne disposons pas de données plus précises, nous souhaitons rappeler que nous avons distribué nos résultats à raison de 50% pour chaque périmètre. Pour le périmètre A, nous avons maintenu le nombre de jours durant lesquels celui-ci entrerait en vigueur, et donc divisé nos résultats par 330 avant de les multiplier par 54.

4.8.2.1 VL

Les émissions totales annuelles du parc VL se montent à 67'596 tonnes de NO_x et 4'791 tonnes de PM. La quantité de polluants émis dans le centre-ville s'élèverait à 16'374 tonnes de composés azotés et 478 tonnes de particules, et serait respectivement de 8'187 et 239 tonnes dans chaque périmètre. A l'intérieur du périmètre B, les émissions concernées se monteraient à 1'264 tonnes de NO_x et à 96 tonnes de particules, soit 7.71% et 20%. Rapportées au total cantonal, elles représenteraient 1.86% et 2%. Quant au périmètre A, les émissions concernées par la mesure à émissions réduites se monteraient à 207 tonnes de composés azotés et 15.7 tonnes de particules, soit 2.52% et 6.5% des émissions annuelles dans le périmètre. Rapportées à l'échelle cantonale, elles représenteraient 0.3% et 0.32%. Le tableau 4.23 synthétise nos résultats.

Polluant	NO_x	PM
Périmètre B	1'264	96
Périmètre A	207	15.7
Total canton	67'596	4'791

4.8.2.2 PLM

Polluant	NO_x	PM
Périmètre B	1'046	19
Périmètre A	171	3
Canton	26'111	340

A l'échelle du canton, les 2'544 PLM émettent annuellement 26'111 tonnes de composés azotés ainsi que 340 tonnes de particules. Parmi ces émissions, 7'115 tonnes de NO_x et 93 tonnes des PM sont émises dans le centre-ville, soit 3'558 et 46 tonnes dans chaque périmètre. Les émissions concernées par la zone à émissions réduites se montent respectivement à 1'046 tonnes et 19 tonnes dans le périmètre B. Ces dernières représentent donc 29.4% et 41.3%. A l'échelle du canton, ces émissions

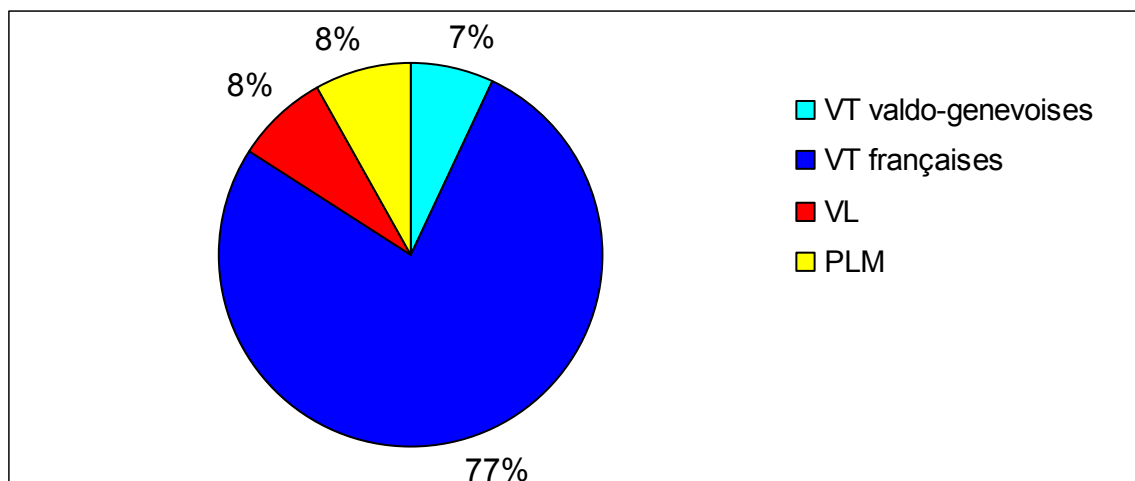
représentent 4% et 5.58% des quantités totales. En revanche, pour ce qui concerne le périmètre A, les émissions concernées s'élèvent à 171 tonnes de NO_x et 3 tonnes de PM, soit 4.8% et 6.5%. A l'échelle du canton, celles-ci ont une part très faible, elles se montent à 0.65% et 0.88%. Le tableau 4.24 synthétise nos résultats.

4.9 Synthèse

Tableau 4.25 Baisse potentielle des émissions de NO _x et de PM (%)		
Polluant	NO _x	PM
VT	12.37	3.84
VL	8.98	23.25
PLM	17.1	24.4
Total	12.27	8.31

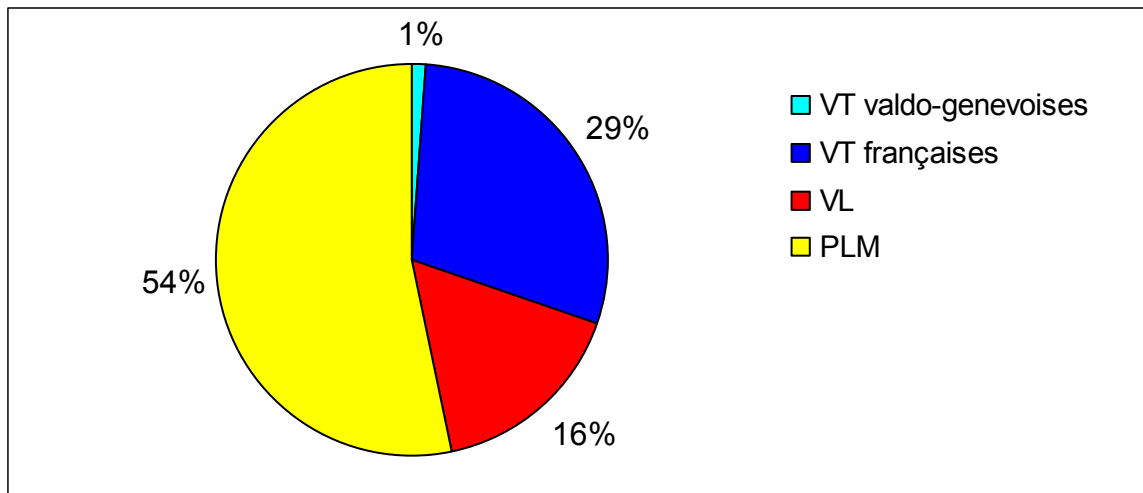
Les émissions concernées par la zone à émissions réduites varient en fonction du parc de véhicules observé. En effet, les émissions de NO_x concernées possèdent des parts similaires pour les VT genevoises, les véhicules de livraisons et les poids-lourds. L'effectif VT de France voisine émet une quantité majoritaire de composés azotés (79% des émissions concernées). Pour ce qui est des émissions de particules, Le parc VT genevois possède le plus faible taux d'émissions (2%). Les émissions concernées des voitures frontalières représentent également la part la plus élevée NO_x e (58%), mais les poids-lourds, sont responsable de 32% des émissions concernées de particules.

Figure 4.36 Parts des émissions de NO_x concernées en fonction du parc de véhicules (périmètres A et B confondus)



Toutes émissions confondues, le potentiel d'amélioration de la qualité de l'air reste grâce à la zone à émissions réduites reste limité. En effet, toutes flottes de véhicules confondues, la part de NO_x concernée serait de 12.27%, et de 8.31% pour les PM. Le tableau 4.25 synthétise nos résultats pour chaque parc, tandis que les figures 4.36 et 4.37 illustrent les parts des émissions concernées par la zone à émissions réduites pour chaque polluant et chacun des parcs considérés.

Figure 4.37 Parts des émissions de PM concernées en fonction du parc de véhicules (périmètres A et B confondus)



4.10 Conclusion

En conclusion, nous souhaitons mettre en perspective qu'il serait erroné de considérer les résultats de notre recherche comme définitifs. Nous utilisons le terme d'émissions *concernées*, parce qu'une simple soustraction des émissions ne peut se traduire comme une baisse réelle des taux de NO_x et de PM induites par la zone à faibles émissions. Ceci pour deux raisons : premièrement, parce que la mobilité des biens et des individus devra se réaliser, malgré le fait que certains véhicules soient refoulés. Deuxièmement, parce que les émissions calculées ne tiennent pas compte des raisons pour lesquelles les individus se déplacent en VT. Comme nous l'avons explicité au point précédent, la baisse potentielle des émissions serait de 12.27% et 8.31% en fonction du polluant (c.f. tableau 4.25). Toujours est-il que ces résultats représentent le potentiel maximal de l'amélioration de la qualité de l'air grâce à l'introduction d'une telle mesure. Pour affiner nos

résultats, il nous faut modéliser les réactions que les individus (et les entreprises de transports) adopteraient face à l'interdiction d'accès imposée par la zone à émissions réduites, ce que nous proposons d'effectuer au chapitre suivant.

5. REACTIONS POTENTIELLES FACE A LA ZONE A EMISSIONS REDUITES

5.1 Introduction

Comme explicité lors du chapitre précédent, la quantité d'émissions émise par les VT refoulées du centre-ville ne peut pas se traduire comme une baisse d'émissions de NO_x et de PM. En effet, bien que les véhicules refoulés soient supprimés de la circulation, la mobilité des biens et des individus devra néanmoins se réaliser. Interdire l'accès au centre-ville à certains véhicules nous renvoie donc à la même problématique que l'introduction d'un péage urbain. Comme nous l'avons explicité lors de l'établissement de notre problématique (c.f. chapitre 1, point 1.2), nous pouvons dès lors nous interroger sur la même question que se pose Schwarz dans son mémoire *Accessibilité et commerce urbain. Vulnérabilité du centre-ville face au péage* : "l'introduction du péage urbain va-t-elle provoquer un report modal ou un report de destination ?" (Schwarz, 2008, p. 10), et de la reformuler de la manière suivante : l'introduction de la zone à faibles émissions va-t-elle provoquer un report modal ou un report de destination ?

Le but de ce chapitre est de modéliser la réaction des individus qui seraient refoulés par la zone à faibles émissions. Ceci nous permettra ensuite d'estimer, par le biais de trois scénarios, la baisse des émissions de NO_x et de PM au centre de l'agglomération. Pour élaborer nos scénarios, il nous faut avant tout comprendre comment les individus vont réagir. Pour ce faire, nous avons observé les motifs incitant les individus à se déplacer, ainsi que les distances qu'ils ont parcourues pour ces derniers.

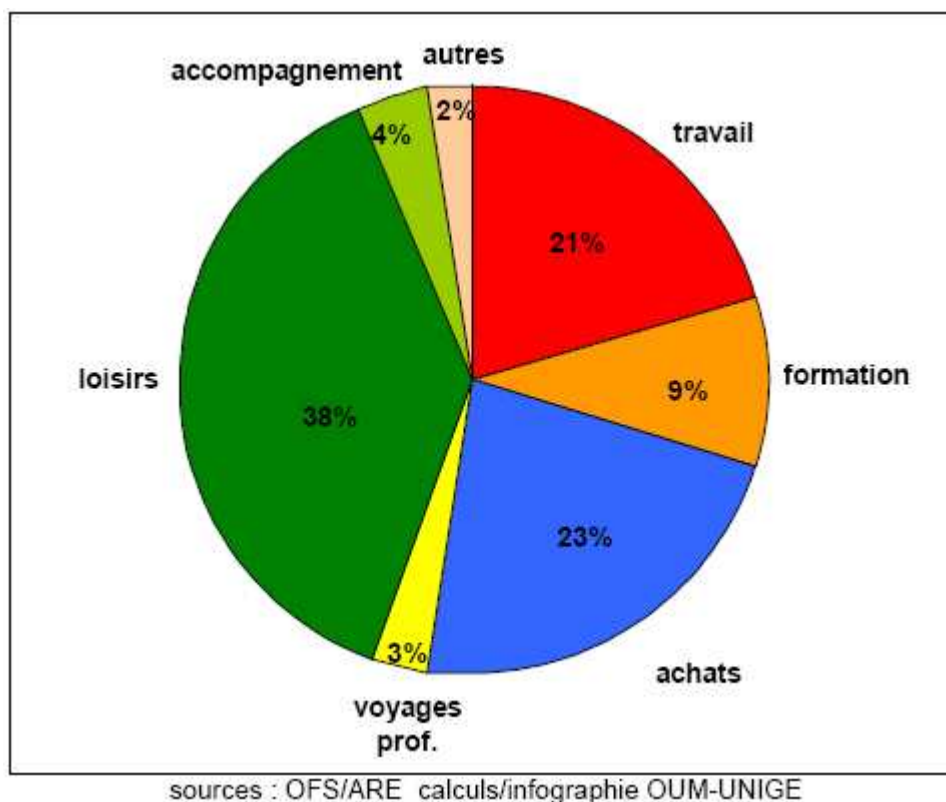
5.2 Genevois et Vaudois

5.2.1 Motifs de déplacements

Nous avons observé les raisons pour lesquelles les Vaudois et les Genevois se sont déplacés en traitant les données du *MRT 2005*. Nous avons premièrement isolé les individus *conducteurs* s'étant déplacés en voiture particulière, et ensuite vérifié les distances qui ont été parcourues pour chacun des motifs. L'analyse du

suréchantillonnage du microrecensement transports 2005 indique que les Genevois se sont principalement déplacés pour les loisirs (38% des déplacements), puis pour les achats (23%), le travail (21%) et la formation (9%) (OUM, 2008a, p. 63). La figure 5.1 illustre les parts pour chaque motif de déplacement.

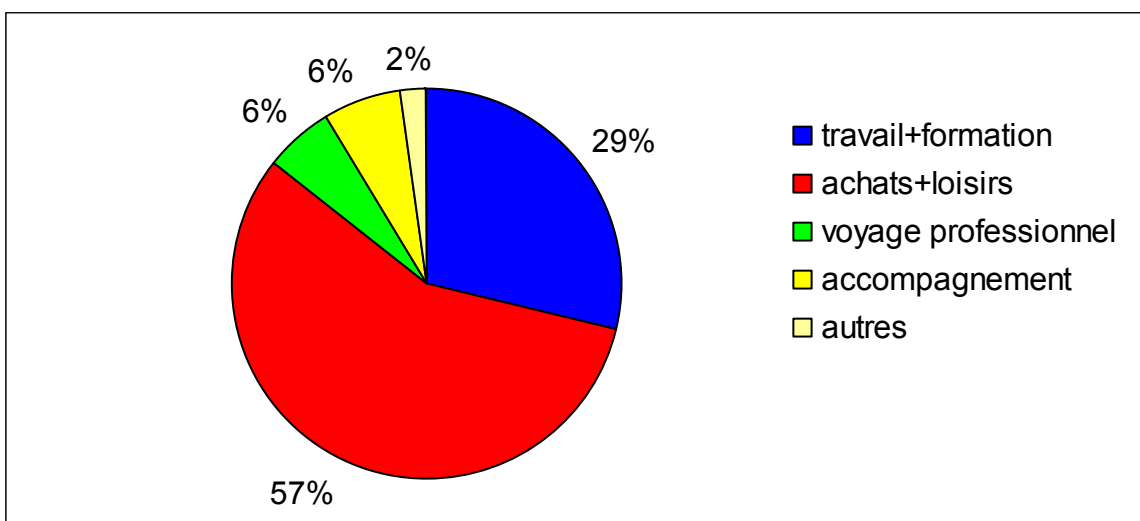
Figure 5.1 Motifs de déplacements des Genevois en 2005



Les loisirs constituent de loin le premier motif générant des déplacements suivit par les achats. Cumulés, ces motifs représentaient 61% des déplacements en 2005. De plus, nous souhaitons souligner que ce sont des motifs qui n'engendrent pas de destinations imposées, puisque les individus possèdent le choix d'aller consommer la majorité des biens et services à un endroit plutôt qu'un autre. Quand au *travail* et à la *formation*, ils ne représentent que 31% des déplacements. Avec le *voyage professionnel* (3%), ce sont pourtant les trois motifs dont les destinations sont imposées et ne peuvent donc pas être reportées.

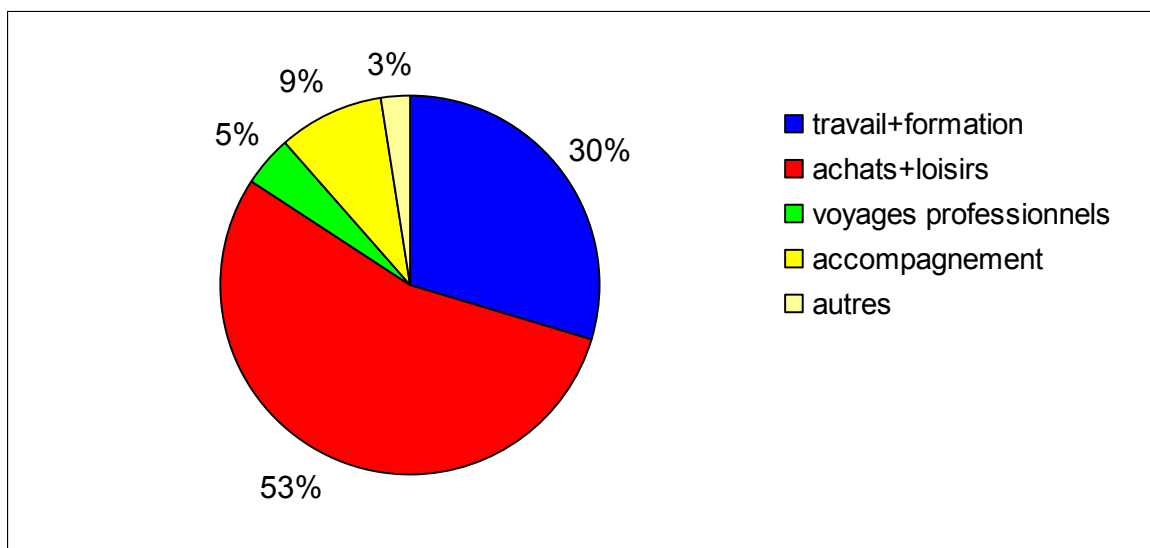
Nous avons repris les mêmes motifs dans notre analyse, toujours est-il que nous avons agrégés les motifs *travail* et *formation* pour lesquels la destination est obligatoire, ainsi que *achats* et *loisirs* pour lesquels les individus ont d'avantage de liberté de choisir leur destination. Quant aux autres motifs (*voyage professionnel*, *accompagnement* et *autres*), nous avons décidé de les maintenir. De plus, pour des raisons statistiques, nous avons considéré l'entier du canton de Genève et non plus les 7 zones le composant. Ensuite, nous y avons agrégé le district de Nyon également pour des raisons de représentativité statistique. La figure 5.2 illustre la part de chaque motif de déplacements vers le périmètre B, et la figure 5.3, vers le périmètre A.

Figure 5.2 Part des déplacements en VT vers le périmètre B en fonction du motif



Les parts restent relativement similaires à celles de l'étude publiée par l'OUM en ce qui concerne les loisirs et achats qui représentent 57% des déplacements vers le périmètre B. Le motif *travail*, qui représente 29%, est cependant plus élevé en comparaison avec les résultats du MRT 2005 (21%). Par ailleurs, le motif *formation* n'était pas statistiquement représentatif dans la mesure où celui-ci représente moins de 1% des déplacements.

Figure 5.3 Parts des déplacements en VT vers le périmètre A en fonction du motif



En ce qui concerne le périmètre A, les parts représentées restent similaires à celles constituant le périmètre B. Les motifs *achats* et *loisirs* représentent 53% des déplacements, soit -8% en comparaison avec les résultats totaux du MRT 2005 (-3% en comparaison avec le périmètre B). Quant aux motifs *travail* et *formation*, leur part se monte à 30%, dont 28% pour le *travail* uniquement. Maintenant que nous connaissons les motifs de déplacements des Genevois vers chaque périmètre, nous pouvons observer les distances parcourues pour ces derniers.

5.2.2 Distances parcourues

A l'aide des données du *MRT 2005*, nous avons également pu déterminer les distances parcourues pour chaque motif de déplacement, dont nous avons calculé les parts. Nous avons ensuite réparti la distance totale de chaque périmètre, obtenue au point 4.6.2.1, en fonction de ces parts. De plus, comme pour le chapitre 4, les distances calculées à partir du *MRT 2005* (et de l'enquête aux frontaliers) sont quotidiennes. En ce qui concerne l'effectif des VT, nous avons déterminé le nombre de véhicules se déplaçant pour chaque motif. Bien évidemment, un véhicule peut se déplacer pour plusieurs motifs. En conséquence, en additionnant le nombre de VT se déplaçant pour chaque motif, l'effectif total s'en trouvera surestimé. Pour corriger cette surévaluation, nous avons calculé les

parts de VT pour chaque motif, à partir de cet effectif surévalué. Nous les avons ensuite appliquées à l'effectif de véhicules réel se rendant dans chaque périmètre. Nous avons ainsi éliminé la surestimation. Les tableaux 5.1 et 5.2 décrivent nos résultats pour chaque périmètre.

Motifs	Distances échantillon (km)	Parts (%)	Distances quotidiennes (km)	Effectif VT échantillon	Parts(%)	Effectif VT total
Travail+Formation	1'231	24.4	147'349	102	25.6	5'933
Achats+Loisirs	3'010	59.5	360'294	239	60.1	13'903
Voyage Professionnel	227	4.5	27'172	20	5.0	1'163
Accompagnement	175	3.5	20'947	27	6.8	1'571
Autres	410	8.1	49'077	10	2.5	582
Total	5'053	100	604'839	398	100	23'152

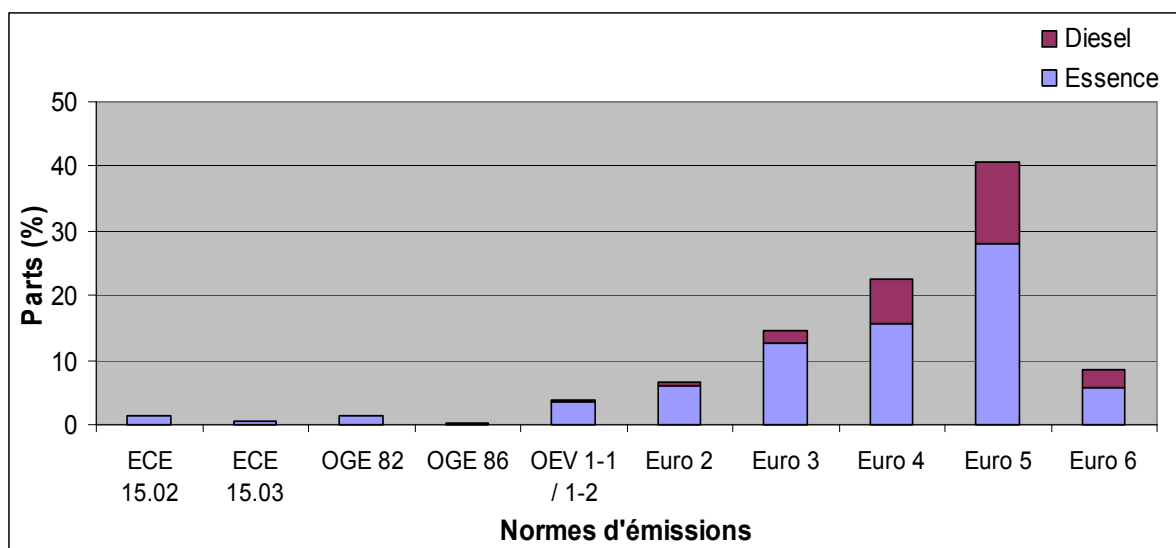
Comme nous l'avons observé au chapitre précédent, l'échantillon à parcouru un total de 5'053 km quotidiens à destination du périmètre B, soit 604'839 km en 2015. Les distances parcourues pour les motifs *travail* et *formation* ainsi que pour les motifs *achats* et *loisirs* seraient respectivement de 147'349 km et 360'294 km.

Motifs	Distances échantillon (km)	Parts (%)	Distances quotidiennes (km)	Effectif VT échantillon	Parts(%)	Effectif VT total
Travail+Formation	1'841	28.7	233'143	146	29.3	12'647
Achats+Loisirs	3'317	51.8	420'062	274	54.9	23'735
Voyage Professionnel	504	7.9	63'826	23	4.6	1'992
Accompagnement	389	6.1	49'263	37	7.4	3'205
Autres	355	5.5	44'957	19	3.8	1'646
Total	6'406	100	811'250	499	100	43'225

Pour le périmètre A, l'échantillon a parcouru 6'406 km quotidiens. La distance journalière parcourue en 2015 se monterait à 811'250 km, dont 233'143 km seraient parcourus pour les motifs *travail* et *formation*, ainsi que 420'062 km pour les motifs *achats* et *loisirs*. Avant de se concentrer sur les VT provenant de France

voisine, il nous faut encore observer l'agrégation des parcs VT genevois et vaudois, illustrée dans la figure 5.4.

Figure 5.4 Parcs VT vaudois et genevois agrégés



Le parc VT agrégé compte 75% de véhicules essence et 25% de véhicules diesel. La part cumulée des véhicules essences refoulés se monte à 3.32%, et celles des VT diesel à 2.68%, soit au total 6% du parc cumulé. Maintenant que nous connaissons les distances parcourues en fonction des motifs de déplacements, ainsi que l'agrégation des parcs VT genevois et vaudois, nous pouvons nous concentrer sur les français de l'agglomération.

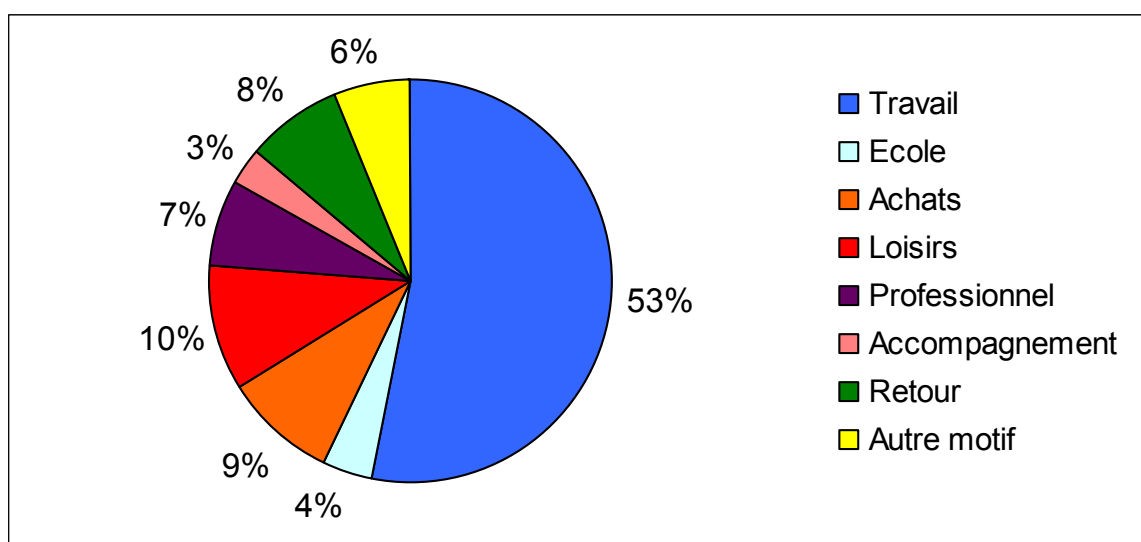
5.3 Français de l'agglomération

En ce qui concerne les français de l'agglomération, l'enquête de 2005 nous permet de déduire les motifs de déplacements mais nous n'avons pas été en mesure de calculer les distances parcourues par motifs de déplacement comme il en a été le cas pour les données du *MRT 2005*. De ce fait, nous avons répartis les distances calculées au chapitre précédent (c.f. point 4.6.2.2) en fonction d'une probabilité conditionnelle de destination que nous avons calculée au point 5.3.2. Mais nous allons tout d'abord nous concentrer sur les motifs de déplacements transfrontaliers.

5.3.1 Motifs de déplacement transfrontaliers

L'enquête aux frontaliers (OCM, 2008) détermine les motifs de déplacement par écran (Ain, Annemasse, Saint-Julien, Chablais) ainsi que pour l'entier des régions jouxtant la frontière helvétique. Bien que les motifs soient similaires à ceux évoqués dans le *MRT 2005*, leur part respective diffère. En d'autres termes, les Français de l'agglomération se déplacent pour les mêmes raisons que les Genevois mais l'ordre d'importance de ces dernières est différent. La figure 5.5 explicite les motifs de déplacements transfrontaliers effectués en TIM et illustre leur part respective.

Figure 5.5 Parts des motifs de déplacements transfrontaliers en TIM vers le canton de Genève



source : OCM, 2006a, p. 24

Comme explicité plus haut, les motifs sont très similaires à ceux traités dans le *MRT 2005*, il subsiste malgré tout quelques différences. Le motif *école* équivaut à *formation*, et un motif *retour* a été inclus. Pour ce qui est des parts de ces motifs, nous remarquons le pourcentage très important des déplacements dus au travail qui se monte à 53% (contre 21% pour les Genevois), ainsi que les parts cumulées des loisirs et des achats qui sont bien plus faibles pour les Français de l'agglomération, soit 19% des déplacements (contre 61% pour les Genevois). Pour ce qui est des autres motifs, *retour* excepté, leur part se situe dans les mêmes proportions que celle des Genevois. Maintenant que nous connaissons les motifs de déplacements des transfrontaliers à destination de Genève, nous pouvons

répartir les distances parcourues vers les périmètres B et A de la LEZ en fonction de ceux-ci.

5.3.2 Probabilité de destination

Par *probabilité de destination*, nous entendons la probabilité que possède un frontalier de se rendre dans le périmètre B ou le périmètre A, en fonction du motif pour lequel il se déplace. Bien que *L'enquête aux frontaliers* (OCM, 2006a, p. 54) nous ait permis de déterminer les destinations des déplacements frontaliers, les deux périmètres (B et A) constituant la zone à émissions réduite n'ont bien évidemment pas été considérés. Ceci étant, le rapport susmentionné nous a permis de déterminer les déplacements à destination de Genève (rives Gauche et Droite), qui correspondent à la surface agrégée des deux périmètres de la zone à faibles émissions. Nous aurions pu les distribuer vers chacun des ces derniers, en fonction des mêmes parts que les déplacements *valdo-genevois* de l'agglomération (c'est-à-dire 37.5% vers le périmètre B et 62.5% vers le périmètre A). Il nous a donc paru plus judicieux de les distribuer en calculant la probabilité conditionnelle de destination. En d'autres termes, nous avons calculé les chances qu'un Français se rende à Genève à partir des motifs de déplacements transfrontaliers, considérant les motifs valdo-genevois.

Pour synthétiser notre méthodologie, nous nous sommes posé la question suivante: "quelle est la probabilité, pour un déplacement transfrontalier, d'avoir comme destination le périmètre B (ou le périmètre A), connaissant la probabilité des Genevois qui s'y déplacent, pour exactement les mêmes motifs?". Nous avons observé les parts de ces derniers pour les Genevois et Vaudois au point 5.2.1 et pour les Français de l'agglomération au point 5.3.1. Le pourcentage de chacun des motifs peut se traduire comme la probabilité que possède un individu de se déplacer pour telle ou telle raison. Par exemple, le motif *achats+loisirs* représente 57% des déplacements vers le périmètre B. En d'autres termes, un déplacement possède 57% de chances de se réaliser pour des raisons d'*achats+loisirs*, 29% de chances pour des raisons de *travail+formation*, 6% pour

des raisons d'accompagnement, etc. Connaissant la probabilité de chaque motif genevois et vaudois pour les périmètres B et A, nous pouvons calculer la probabilité conditionnelle des déplacements transfrontaliers vers ces mêmes périmètres. Le tableau 5.3 illustre ces probabilités.

Tableau 5.3 Probabilité d'un déplacement valdo-genevois de se réaliser en fonction du motif de déplacement		
Probabilité des motifs (P(m)) en fonction du périmètre		
Motifs	P(m) périmètre B	P(m) périmètre A
Travail+formation	0.29	0.3
Achats+Loisirs	0.57	0.53
Voyage professionnel	0.06	0.05
Accompagnement	0.06	0.09
Autres	0.02	0.03

Avant de nous concentrer sur la probabilité conditionnelle, nous souhaitons souligner que cette méthode ne fonctionne que si les motifs de déplacements transfrontaliers sont exactement les mêmes que les valdo-genevois. Or il n'en est pas le cas, puisque les Français de l'agglomération possèdent un motif *retour* qui n'existe pas pour leurs homologues suisses. Aussi nous nous sommes questionnés sur la nature de cet agent de déplacement. Est-ce un retour engendré par des raisons professionnelles, d'achats, de loisir? Nous avons donc équitablement réparti cet agent parmi les cinq autres, à raison de 1.6% de plus dans le but d'obtenir exactement les mêmes motifs chez les Français que chez les Valdo-genevois. Le tableau 5.4 explicite nos résultats.

5.4 Probabilité d'un déplacement frontalier de se réaliser en fonction du motif	
Motifs	Probabilité (P(m))
Travail+école	0.586
Achats+loisirs	0.206
Professionnel	0.086
Accompagnement	0.046
Autres motifs	0.076

Nous avons ainsi pu calculer la probabilité conditionnelle pour chaque périmètre. Celle-ci se définit comme la somme de chacune des probabilités conditionnelles de chaque motif, multipliée par la probabilité du motif transfrontalier correspondant.

Les résultats de ces calculs nous serviront de coefficients pour répartir les distances parcourues par les VT françaises vers les périmètres B et A de manière plus précise. Le tableau 5.5 illustre la probabilité conditionnelle que possède chaque déplacement de se rendre vers le périmètre B ou A en fonction du motif.

Les totaux représentent les coefficients à partir desquels nous avons réparti les distances parcourues par les VT françaises au point 4.6.2.2. En conclusion, nous pouvons en déduire que 49% des déplacements transfrontaliers sont effectués vers le périmètre B et 51% vers le périmètre A. Les probabilités ayant été calculées, nous pouvons nous consacrer à la répartition des distances parcourues par les VT provenant de France voisine.

Motifs	P(B)	P(A)
Travail+école	0.29	0.30
Achats+loisirs	0.11	0.10
Professionnel	0.05	0.04
Accompagnement	0.02	0.03
Autres motifs	0.03	0.05
Total	0.49	0.51

5.3.3 Distances parcourues

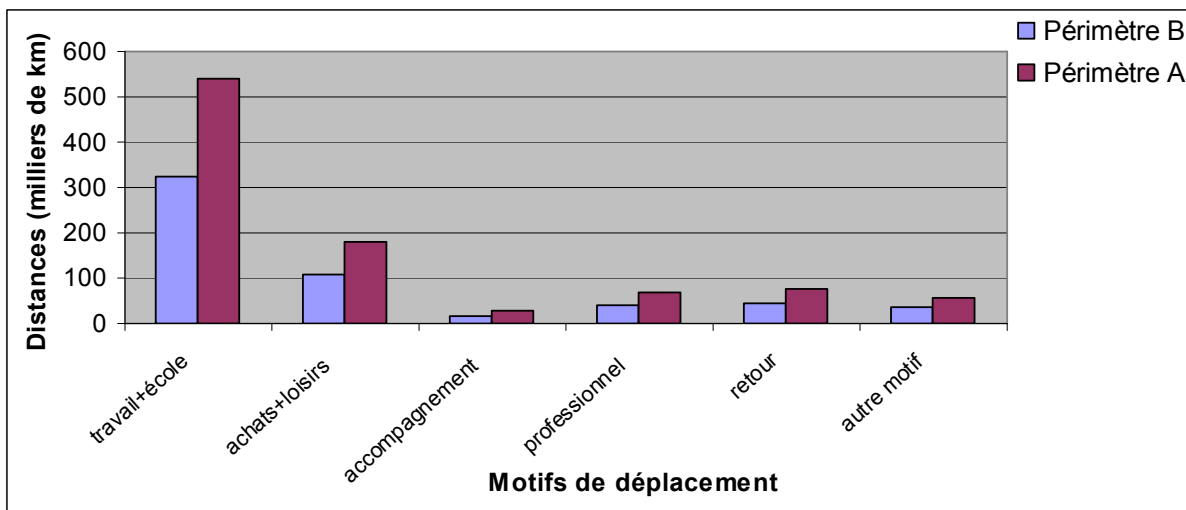
Distances		
Motifs	Périmètre B	Périmètre A
Travail+ecole	371'047	383'841
Achats+Loisirs	137'510	127'860
Professionnel	60'429	50'357
Accompagnement	23'703	35'554
Autres motifs	39'161	58'742
Total	631'850	656'355

Comme nous l'avons observé au chapitre précédent, (point 4.6.2.2) les VT frontalières parcourraient quotidiennement 631'850 km vers le périmètre B et 656'355 km vers le périmètre A, soit 1'288'205 km au total. Nous avons ensuite réparti ces distances en fonction des probabilités calculées au point 5.3.2. Ceci nous a permis d'obtenir les distances parcourues pour chaque motif et chaque périmètre, ce qui nous permettra ensuite d'en déduire les émissions. Le tableau 5.6 et la figure 5.6 illustrent nos résultats.

La distance quotidienne parcourue pour le motif *travail+école* s'élève à 371'047 km vers le périmètre B et 383'841 km vers le périmètre A. S'en suivent les *loisirs* avec respectivement 137'510 km et 127'860 km. Quant aux autres agents, le

nombre de kilomètres parcourus pour ces derniers reste relativement faible. Maintenant que nous avons déterminé les distances parcourues par motifs pour les Genevois et les Français de l'agglomération, nous pouvons observer les émissions de NO_x et de PM en découlant.

Figure 5.6 Distances quotidiennes parcourues par les VT de France voisine en fonction du motif



5.4 Calcul des émissions

Motifs	Périmètre B	Périmètre A
Travail+école	14'943	15'459
Achats+loisirs	5'538	5'149
Professionnel	2'434	2'028
Accompagnement	9'55	1'432
Autres motifs	1'577	2'366
Total	25'447	26'434

Nous avons calculé les émissions de NO_x et de PM en reprenant la même méthodologie que pour le chapitre 4. Une différence doit cependant être soulignée, dans la mesure où il nous a fallu recalculer les coefficients de polluants (au kilomètre). En effet, nous avons obtenus de nouveaux coefficients à partir des effectifs se déplaçant pour chaque motif. Pour ce qui est des Genevois (Vaudois inclus), les effectifs ont été calculés au point 5.2.2. En ce qui concerne les Français de l'agglomération, nous avons déterminé le nombre de voitures de tourisme pour chaque motif, en divisant la distance parcourue pour chaque motif, par la distance moyenne de déplacement (24.83 km). La somme des totaux équivaut à 51'881 véhicules frontaliers (c.f. 4.6.2.2). Le tableau 5.7 explicite nos résultats.

5.4.1 Genevois et Vaudois

Comme nous avons agrégé les parcs VT genevois et vaudois au point 5.2.2, il nous a également fallu adapter l'extrapolation des coefficients aux nouveaux effectifs de véhicules. Nous tenons également à souligner que nous avons réparti chaque classe de véhicule (en fonction de la valeur limite d'émission)

Motifs	NO _x (tonnes)	PM (kg)
Travail+Formation	4.6	188.8
Achats+Loisirs	26.3	1'083.9
Voyage Professionnel	0.2	6.8
Accompagnement	0.1	7.1
Autres	0.1	6.1
Total	31.4	1'293

à partir de la part de chaque motif de déplacement, dans le but d'éviter une surestimation des émissions, surtout pour les anciens véhicules. Nous les avons multipliés par les distances parcourues en fonction des divers motifs de déplacement. Le tableau 5.8 explicite les quantités de NO_x et de PM émises quotidiennement par le parc VT valdo-genevois vers le périmètre B, et le tableau 5.9 vers le périmètre A. Nous observons d'abord que les émissions de particules sont moins importantes que celles de dioxyde d'azote (1.29 tonnes de PM contre 31.4 tonnes de NO_x). Nous remarquons également que la pollution due au trafic d'achats et de loisirs est également très élevée en comparaison avec les émissions dues au travail et à la formation (26.3 tonnes de NO_x contre 4.6, et 1.08 tonnes de PM contre 189 kg respectivement).

Motifs	NO _x (tonnes)	PM (kg)
Travail+Formation	6.1	364.6
Achats+Loisirs	36.1	2'155.3
VoyagePprofessionnel	0.5	27.4
Accompagnement	0.6	34.1
Autres	0.3	16.0
Total	43.5	2'597

La pollution émise dans le périmètre A est plus élevée. Mais les proportions entre les polluants et les motifs restent cependant les mêmes que dans le périmètre B. Les émissions de NO_x sont plus élevées que les émissions PM (43.5 tonnes contre 2.59). Les émissions dues au trafic de loisir et d'achats sont également supérieures à celles dues au travail et à la formation (36.1 tonnes de NO_x contre 6.1, et 2.15 tonnes de PM contre 365 kg). Maintenant que nous

connaissions la pollution due aux VT genevoises et vaudoises, nous pouvons observer les émissions dues VT frontalières.

5.4.2 Français de l'agglomération

Pour les Français de l'agglomération, nous avons distribué le parc automobile de la même manière que pour les Genevois (c.f. point 5.4.1). Les tableaux 5.10 et 5.11 énumèrent les quantités composés azotés et de particules issues des émissions frontalières pour les déplacements vers chacun des deux périmètres.

Motifs	NO _x (tonnes)	PM (kg)
Travail+Ecole	52.1	3'475.1
Achats+Loisirs	7.2	477.3
Professionnel	1.4	92.2
Accompagnement	0.2	14.2
Autres motifs	0.6	38.7
Total	61.4	4'097.4

Nous remarquons qu'à l'inverse des Genevois et Vaudois, ce sont les motifs *travail+école* qui émettent la pollution la plus élevée avec 52.1 tonnes quotidiennes de NO_x et 3.5 tonnes de PM. La pollution due aux achats et loisirs ne s'élève qu'à 7.2 tonnes de NO_x et 477.3 kilogrammes de particules.

Les émissions quotidiennes vers le périmètre A sont à peine plus élevés que dans le périmètre B. En effet, les émissions totales de NO_x se montent à 64.8 tonnes et celles de PM à 4.3 tonnes environ. Tout comme dans le périmètre B, les motifs *travail+école* se distinguent des autres par la quantité de polluants émise, puisque ce sont 55.8 tonnes de NO_x et 3.7 tonnes de PM qui sont quotidiennement émises par les VT provenant de France voisine se rendant dans le périmètre. La pollution due aux autres motifs connaît quant à elle des quantités d'émissions relativement faibles en comparaison.

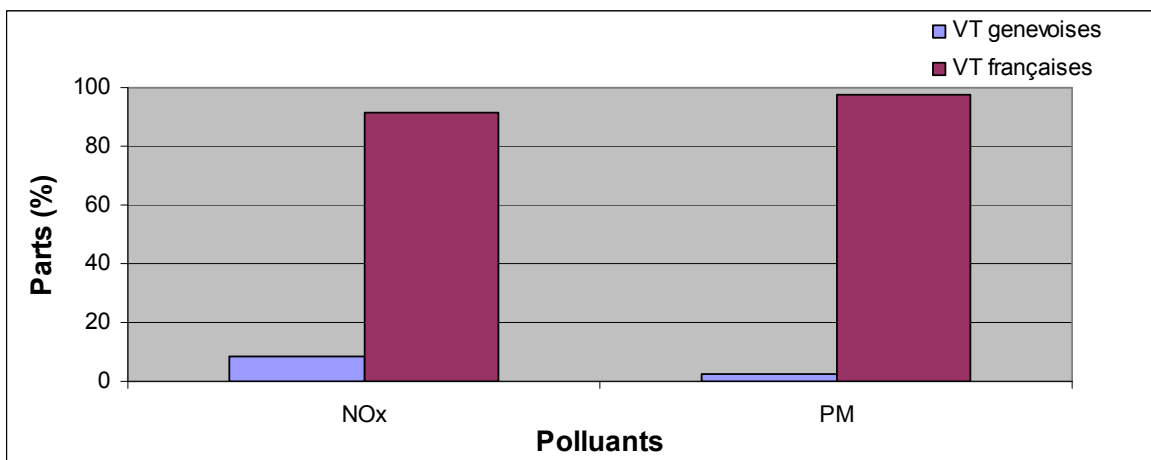
Motifs	NO _x (tonnes)	PM (kg)
Travail+Ecole	55.8	3'723.9
Achats+Loisirs	6.2	412.1
Professionnel	1.0	63.9
Accompagnement	0.5	32.4
Autres motifs	1.3	88.0
Total	64.8	4'320.3

5.4.3 Emissions VT concernées

Par *émissions concernées*, nous entendons la quantité de polluants émise par les VT rejetées des périmètres B et A. Nous avons agrégé pour ces dernières les résultats des émissions de NO_x et de PM, toujours en fonction des divers motifs de déplacement. Autrement dit, ce sont les émissions des véhicules antérieurs à la norme *OEV 1* pour les véhicules essence et la norme *Euro 4* pour les diesels. Nous allons énumérer ces quantités de deux manières: émissions quotidiennes et émissions annuelles. La raison qui motive ce choix se trouve dans le nombre de jours durant lesquels les deux périmètres seront actifs. Certes le périmètre B sera en fonction de manière permanente, mais il en va autrement pour le périmètre A, qui entrerait en vigueur uniquement lors des jours de très forte pollution, lorsque les VLI quotidiennes seront dépassées. Nous rappelons que nous avons donc multiplié les quantités de polluants concernant le périmètre B par un facteur 330. Nous en avons fait de même pour le périmètre A lors de l'élaboration de nos scénarios. Cependant, pour nous rendre compte de la baisse des émissions, nous avons également multiplié les émissions quotidiennes vers ce périmètre par un facteur 54. Celui-ci correspond en effet au nombre de jours moyen durant lesquels les VLI ont été dépassées entre 2000 et 2008. Après avoir souligné ces éléments méthodologiques, nous pouvons désormais nous concentrer sur nos premiers résultats.

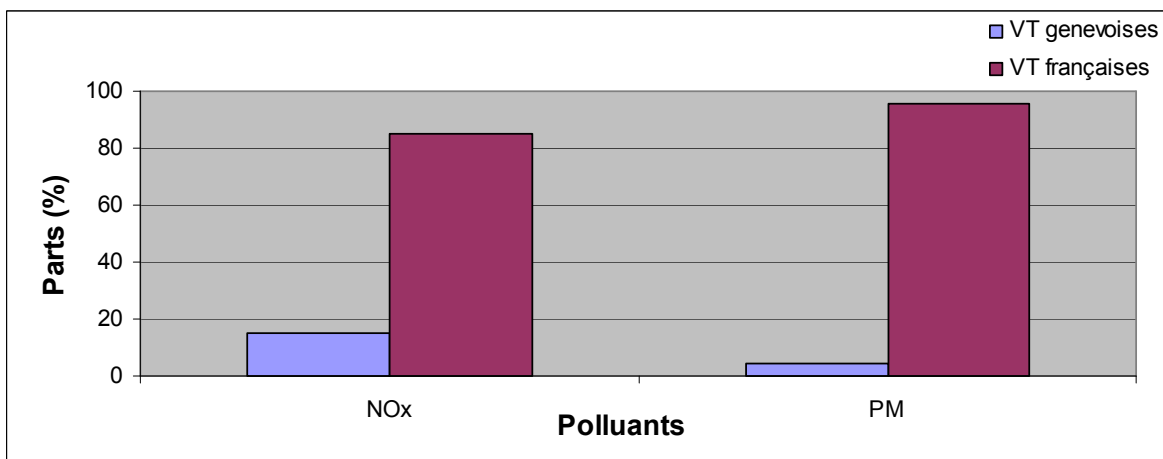
Les émissions concernées par la zone à émissions réduites représenteraient 16.7 tonnes de NO_x et 1.6 tonnes de PM émises quotidiennement vers le périmètre B, soit 17.9% et 29.68% de la pollution totale émise quotidiennement par les VT. Rapportée à l'échelle annuelle, ces émissions représenteraient 5'511 tonnes de NO_x et 528 tonnes de PM. De plus, en comparant les VT refoulées genevoises et frontalières, nous remarquons que ces dernières sont responsables de 91.5% des émissions de NO_x et 97.7% des émissions de PM. La figure 5.7 illustre nos résultats.

Figure 5.7 Parts des émissions de NOx et de PM entre VT genevoises et françaises (périmètre B)



Quand au périmètre A, le total des émissions quotidiennes de NOx et de PM pour les véhicules refoulés se montent à 18,96 tonnes et 1,72 tonnes respectivement. Elles représentent 17.5% et 24.8% des émissions quotidiennes totales pour les déplacements effectués à destination du périmètre A. A l'échelle des jours de forte pollution, les émissions concernées représenteraient 1'024 tonnes de NO_x et 92.88 tonnes de PM. Soit une part annuelle de 2.86% et 4.06%. De plus, la part des émissions dues aux VT frontalières est toujours très forte en comparaison avec les VT genevoises, avec 84.88% contre 15.11% pour les émissions de NO_x et 95.78% contre 4.21% pour les PM. La figure 5.8 illustre également nos résultats.

Figure 5.8 Parts des émissions de NOx et de PM entre VT genevoises et françaises (périmètre A)



Maintenant que nous connaissons les quantités de pollution émises par les VT, nous pouvons nous intéresser aux divers scénarios nous permettant de comprendre comment les propriétaires de véhicules refoulés par la zone à faibles émissions réagiraient si une telle mesure devait être introduite.

5.5 Scénarios

Modéliser le comportement individuel d'une population n'est pas chose aisée sachant que ce dernier dépend de paramètres aussi divers que variés, sans compter sur le fait qu'il est également imprévisible. Pour cette raison, nous avons opté pour une modélisation composée de trois scénarios : en nous basant sur diverses études, nous tenterons de vérifier quelles seront les alternatives à disposition des individus dont le véhicule sera refoulé par la zone à émissions réduites. Une fois ces alternatives déterminées, le scénario A, dit *best case*, cherchera la minimisation des émissions de NO_x et de PM. Le scénario B, dit *worst case*, cherchera la maximisation des quantités de polluants émises¹⁶. Quant au scénario C, il sera simplement constitué de la moyenne arithmétique des émissions calculée à partir des scénarios A, et B.

Comme nous l'avons spécifié lors de l'établissement de la problématique (c.f. chapitre 1, point 1.2), Kaufmann explique que "les destinations des activités déployées constituent le déterminant principal des pratiques modales" (Kaufmann/Guidez, 1996, p. 33). Nous partons de l'hypothèse que les individus n'ayant pas un lieu de destination imposé par leur motif de déplacement changeront leur destination. Pour des raisons de simplification, nous avons conservé les mêmes distances parcourues bien que les destinations aient changé. Evidemment, il en serait autrement dans la réalité. Par conséquent, les émissions engendrées par les motifs *achats+loisirs* et *accompagnement* resteront constantes

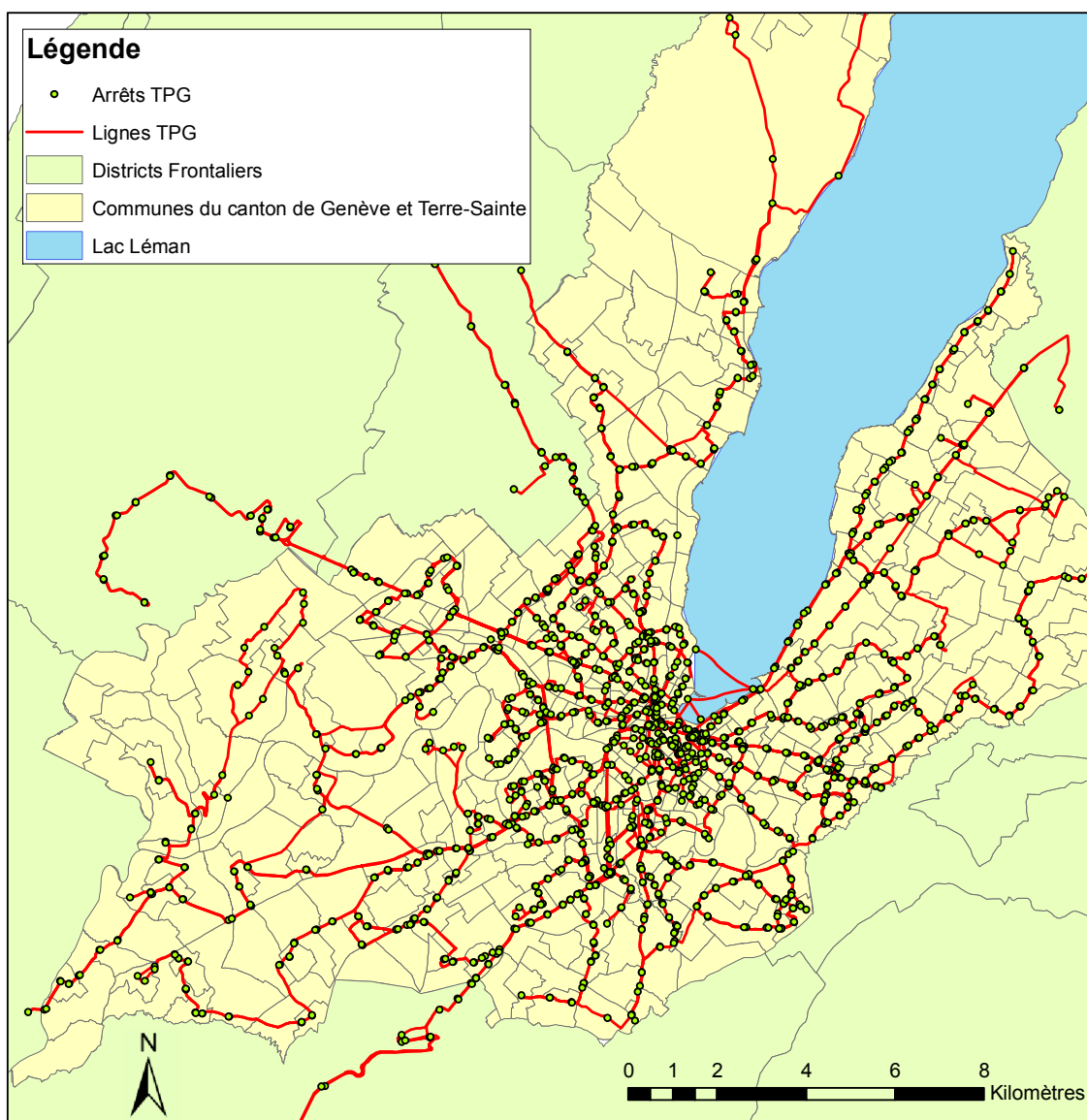
¹⁶ Nous n'avons pas tenu compte de la volonté des individus "d'esquiver" le report modal en allant stationner aux abords de la zone à émissions réduites. En effet, il ne nous a pas été possible de calculer la diminution des distances parcourues par les automobiles refoulées. Toujours est-il que si les individus venaient à stationner aux abords des périmètres concernés, la diminution des émissions de NO_x et de PM serait quasiment nulle. Par conséquent, les résultats du scénario B (et donc du scénario C également), traduisent une baisse des émissions qui reste surévaluée.

bien qu'émisses autour des périmètres concernés. A l'inverse, les émissions dues aux motifs *travail+formation* et *professionnels* seront concernées par une baisse. Avant de nous pencher sur les divers scénarios, il nous faut déterminer quelles alternatives posséderont les conducteurs d'un véhicule qui ne répond plus aux normes.

5.5.1 Alternatives

5.5.1.1 Les transports publics

Figure 5.9 Réseau des Transports Publics Genevois (TPG)



sources : SIG-UNIL-UNIGE / traitement : auteur

Les transports publics représentent une des alternatives possibles. Le réseau s'est beaucoup développé depuis les années 1990 et dessert l'entier du canton comme le stipule le site des TPG, "l'une des particularités du réseau TPG – quasiment unique en Suisse – est de couvrir l'ensemble du canton, des zones urbaines jusqu'aux régions les plus éloignées du centre" (TPG, 2010). Les actifs se rendant dans les périmètres concernés pourraient donc se déplacer en TP. Pour les *captifs* de la voiture particulière (surtout venant de France voisine et n'ayant pas nécessairement d'accès direct au TP), nous pouvons imaginer qu'ils se rendent dans un parc relais situé aux abords du périmètre concerné, pour terminer leur déplacement en TP vers le lieu de travail.

D'autre part, nous souhaitons souligner que le développement futur du Réseau Express Régional (RER) pourrait également absorber une part des automobilistes refoulés par la zone environnementale. En effet, l'extension transfrontalière de ce dernier avec le tronçon Cornavin-Eaux-Vives-Annemasse (CEVA) permettrait également d'absorber une partie des automobilistes provenant d'Annemasse et sa région. Ceci s'avérerait intéressant dans la mesure où le parc des voitures de tourisme françaises est composé d'une part importante de motorisations diesels anciennes (c.f. point 4.5.1.4). Finalement, indépendamment de la zone à émissions réduites, l'extension elle-même du RER pourrait permettre de réduire la croissance des déplacements motorisés à l'échelle de l'agglomération franco-valdo-genevoise (OUM, 2009, p. 118).

5.5.1.2 Les transports individuels motorisés

Les transports individuels motorisés représentent la deuxième alternative, que nous pouvons diviser en deux catégories : les VT, et les deux-roues motorisés. La voiture particulière pourrait être utilisée si le propriétaire du véhicule refoulé investissait dans un véhicule essence, un diesel récent (*Euro 4*) ou neuf (*Euro 5*). Dans une moindre mesure, cet individu pourrait éventuellement utiliser le deuxième véhicule du ménage, à condition que le conducteur de ce dernier se rende ailleurs que dans les périmètres concernés.

Les deux-roues motorisés constituent la deuxième catégorie des TIM, et représentent un compromis intéressant entre la voiture individuelle et les transports publics. Premièrement, ils permettent de contourner les désagréments dus aux transports en commun (temps de trajet plus élevé, dépendance horaire et de ligne, ruptures de charge, etc...), et donc de se rendre où l'on veut au même titre que la voiture particulière. Deuxièmement, ils permettent de stationner sans grandes difficultés. Troisièmement, le coût à l'achat et à l'entretien est moins élevé que celui d'une voiture particulière.

Cependant, les deux-roues motorisés possèdent un désavantage. Bien qu'ils fonctionnent à l'essence et n'émettent pas de particules ou de suies, ceux-ci ne possèdent pas de catalyseur. Par conséquent, ils émettent sensiblement plus de dioxyde de carbone que les VT, dans la mesure où leurs émissions ne sont que peu ou pas filtrées. En effet, une étude de l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) montre qu'en 2006 les émissions de NO_x des deux-roues motorisés étaient 6 fois supérieures à une voiture essence *Euro 4*, et deux fois moins importantes qu'un véhicule diesel répondant au même standard d'émissions. De plus, les émissions de CO₂ d'un scooter 125cc³ étaient dix fois supérieures à celle d'une voiture essence *Euro 4* (ADEME, 2007, p. 4). Une utilisation accrue des deux-roues motorisés induirait donc une dégradation de la qualité de l'air qui compenserait la baisse des émissions de NO_x et de PM engendrée par la zone à émissions réduites. Par conséquent, un report modal vers les deux-roues motorisés sans une réglementation plus stricte quant à leurs émissions polluantes est à relativiser.

5.5.2 Scénario A

Ce scénario constitue le *best case*, autrement dit, le meilleur des cas possibles. Il part du principe que les propriétaires des véhicules refoulés, qui se rendent sur leur lieu de travail ou de formation et pour des motifs professionnels, renonceront à se déplacer en VT et emprunteront un autre moyen ou mode de

transport. Les émissions de NO_x et de PM concernées par la zone à émissions réduites seront, par conséquent, purement et simplement supprimées¹⁷.

5.5.2.1 Périmètre B

Comme nous l'avons observé au point 5.4.3, les quantités quotidiennes de NO_x et de PM engendrée par les VT qui seraient concernée par le périmètre B se monteraient à 16.7 et 1.6 tonnes respectivement (5'511 t. de NO_x et 528 t. de PM annuelles). Les quantités de pollution concernées des motifs *achats+loisirs*, *accompagnement* et *autres motifs* se monteraient à 2.97 tonnes de NO_x et 212 kg de PM (soit 980 et 69.9 tonnes à l'échelle annuelle). Ces émissions ne seront plus émises dans le périmètre B. Cependant, étant engendrées par des motifs de déplacement dont la destination n'est pas imposée, nous partons de l'hypothèse que les individus ne s'adapteront pas en changeant de véhicule mais de destination. Par conséquent, les émissions seront déplacées vers les quartiers périphériques de l'agglomération genevoise. Celles-ci ne pourront donc pas être considérées comme supprimées. Néanmoins, les distances parcourues ne seraient pas nécessairement les mêmes si les individus possédant des véhicules refoulés changeaient de destination. Par conséquent, les émissions que nous n'avons pas considérées comme supprimées seront quelque peu surévaluées.

D'autre part, les émissions cumulées engendrés par les motifs *travail+formation* et *voyage professionnel* se montent à 13.5 tonnes de NO_x et 1.36 tonnes de PM (soit 4'455 et 449 tonnes annuelles). Ce qui représente une baisse des émissions de respectivement 14.54% pour les NO_x, et 25.23% pour les PM. Pour ce qui est de la baisse du nombre de VT, nous pouvons également inclure les individus se déplaçant pour les motifs dont la destination n'est pas imposée. Ces résultats sont cependant à considérer avec réserve, dans la mesure où les individus se déplaçant ailleurs emprunteraient également le réseau routier cantonal, bien que les trajets se fassent à l'extérieur du périmètre. En fonction de ce scénario, le nombre de véhicules en moins serait de 2'940 véhicules en moins

¹⁷ les émissions des autres TIM que la voiture, notamment scooters et motocycles n'ont pas été considérées.

chaque jour. Parmi ces derniers, 1'455 se rendraient ailleurs dans l'agglomération (motifs *achats+loisirs*, *accompagnement* et *autres*, et 1'485 ne rouleraient pas si les individus se déplaçaient avec un autre mode/moyen de transport.

5.5.2.2 Périmètre A

En ce qui concerne les émissions dues aux motifs *travail+formation*, et *voyage professionnel*, elles se montent à 14.55 tonnes de NO_x et 1.45 tonnes de PM. A l'échelle annuelle, elles s'élèvent à 4'801 et 481 tonnes respectivement. En calculant les émissions en fonction du nombre moyen de jours où les VLI sont dépassées, nous obtenons des quantités de 786 tonnes de NO_x et 78.3 tonnes de PM qui seront supprimées. Ce qui représenterait une baisse annuelle totale de 2.19% et 3.42% des émissions engendrées par les déplacements vers le périmètre A. Ces pourcentages nous laissent donc penser que le potentiel de diminution des émissions est réduit pour le périmètre A, sachant que ce scénario constitue le meilleur des deux cas de figure.

Pour ce qui est de la réduction du nombre de VT, celle-ci serait de 4'211 véhicules (tout motifs confondus), dont 2'265 se rendraient ailleurs et 1'946 ne se rendraient plus au centre-ville. Connaissant maintenant les résultats du *best case scenario*, en d'autres termes le meilleur cas de figures possible, nous pouvons observer les résultats du scénario B.

5.5.3 Scénario B

Ce scénario constitue le *worst case*, c'est-à-dire le pire cas de figure traduisant une baisse minimum des émissions induite par la zone à émissions réduites. Il part donc de l'hypothèse que tous les véhicules refoulés par cette dernière seraient remplacés par des véhicules récents, ce qui minimiserait la baisse des émissions de NO_x et de PM. Dans ce modèle, nous avons remplacé les véhicules refoulés par des véhicules *Euro 6*. En effet, bien que certains individus investiraient dans un véhicule d'occasion répondant aux normes *Euro 4* ou *Euro 5*, les anciens propriétaires auront remplacé ce dernier par un véhicule plus récent voire neuf, et donc répondant à la norme *Euro 6*.

Nous souhaitons souligner que nous avons maintenu les parts essence/diesel constantes. En d'autres termes, nous avons remplacé les voitures essence refoulées par des véhicules essence neuf, et nous avons effectué la même opération avec les véhicules diesels. Il n'en irait pas forcément de même dans la réalité, où un individu pourrait remplacer son véhicule essence par un véhicule diesel, et vice-versa. Enfin, nous avons segmenté les effectifs des nouveaux véhicules en fonction des parts des cylindrées de 2009 et postérieures, c'est-à-dire selon les parts suivantes :

Carburant	<1.4 l.	1.4 l.-2.0 l.	>2.0 l.
Essence	25%	55%	20%
Diesel	10%	50%	40%

5.5.3.1 Périmètre B

Si les véhicules refoulés par le périmètre B étaient remplacés par des véhicules répondant à la norme Euro 6, les émissions quotidiennes de ces derniers se monteraient à 2.23 tonnes de NO_x et 200 kg de PM (soit une quantité annuelle de 735 et 66 tonnes respectivement). Au total, nous aboutissons à une baisse de 11.27 tonnes de NO_x et 1.6 tonnes de PM par jour. La diminution des émissions se monterait donc à 12.14% et 21.52% respectivement. Quant au nombre de VT en moins, celui-ci se limite aux effectifs dont les conducteurs se déplacent pour des motifs n'imposant pas de destination, soit une diminution de 1'455.

5.5.3.2 Périmètre A

Si tous les véhicules refoulés se rendant dans le périmètre A pour les motifs *travail+formation, voyage professionnel* étaient remplacés par des VT Euro 6, leurs émissions quotidiennes passeraient de 14.55 à 2.66 tonnes de NO_x et de 1.45 à 0.24 tonnes de PM. Ce qui correspond à une baisse quotidienne de 11.95 tonnes de NO_x et 1.21 tonne de PM, soit une baisse annuelle de 11.34% et de 17%. Les véhicules répondant aux normes *Euro 6*, il n'est pas nécessaire de prendre en

compte le nombre moyen de jours durant lesquels les VLI sont dépassées, puisqu'en effet, les véhicules répondant à la norme *Euro 6* ne seront plus concernés. De plus, les autres *refoulés*, qui se déplacent pour des motifs n'imposant pas de destination (*achats+loisirs, accompagnement et autres*) se rendent dans les zones situées à la périphérie du périmètre A, ce qui ne diminuerait pas la quantité d'émissions à l'échelle de l'agglomération. En ce qui concerne la diminution des effectifs des VT, celle-ci se limiterait aux véhicules se rendant ailleurs dans l'agglomération, soit 1'455 voitures de tourisme.

5.5.4 Scénario C

Ce scénario représente le scénario moyen. Comme explicité au point 5.4, celui-ci se base sur la moyenne arithmétique des résultats des deux précédents scénarios.

5.5.4.1 Périmètre B

La fourchette de baisse des émissions de NO_x se situe entre 11.27 et 13.5 tonnes, soit une quantité moyenne de 12.38 tonnes en moins. Elle représente donc une baisse moyenne de 13.34% de composés azotés en moins. En ce qui concerne les PM, l'intervalle se situe entre 1.16 et 1.36 tonnes de PM en moins, soit une quantité moyenne de 1.26 tonnes. Ce qui représente en moyenne 23.37% d'émissions de PM en moins. Quant à la baisse moyenne du nombre de véhicules, celle-ci se monterait à 742 à l'échelle du périmètre.

5.5.4.2 Périmètre A

En ce qui concerne le périmètre A, les intervalles se situent entre 11.95 et 14.55 tonnes quotidiennes de NO_x, ainsi que de 1.21 à 1.45 tonnes de PM, ce qui représente des quantités moyennes de 13.25 tonnes de composés azotés et 1.33 tonnes de particules en moins. La baisse moyenne des émissions serait donc respectivement de 12.23% et 19.22%. Quant à la baisse du nombre de véhicules, celle-ci correspondrait à 973 voitures de tourisme en moins. Connaissant les résultats de la baisse potentielle des émissions pour les VT, nous pouvons nous concentrer sur la baisse d'émissions concernant les parcs VL et PLM.

5.5.5 Parc VL et PLM

Calculer la baisse des émissions pour les VL et les PLM ne demande aucune élaboration de scénario. En effet, les conséquences de l'introduction d'une LEZ sur les entreprises de transports sont connues. La plus importante étant le risque de faillite menaçant les jeunes et les petites entreprises n'ayant pas les moyens financiers de remplacer leurs véhicules. Aussi, le fait que ces dernières mettent la clé sous la porte nous importe peu puisque, s'il en était le cas, les entreprises " survivantes " dotées de véhicules récents prendraient la relève, le transport de marchandises devant être réalisé dans tous les cas. Deux conclusions découlent de ce constat. Premièrement, nous avons remplacé les vieux véhicules exclus dans les deux périmètres par des véhicules *Euro 6* également. Deuxièmement, aucun VL ni de PLM ne seraient supprimé du réseau routier puisqu'il s'agit du seul mode de transport possible pour que les biens rejoignent leur destinataires.

Nous rappelons que les VL se rendant dans la commune de Genève émettent annuellement 8'187 tonnes de NO_x et 241 tonnes de PM vers chaque périmètre. Les émissions concernées par la LEZ se monteraient à 1'264 tonnes de NO_x et 96 tonnes de PM. En substituant les véhicules refoulés par de nouveaux utilitaires répondant à la norme Euro 6, leurs émissions se monteraient à 352.5 et 17.51 tonnes annuelles respectivement, soit des quantités de 911.5 et 78.49 tonnes en moins. Ce qui correspondrait à une baisse de 11.13% pour les émissions de NO_x et de 32.46% pour celles de PM. A l'échelle cantonale, la diminution serait de 1.34% et de 1.63%.

En ce qui concerne les PLM, les émissions annuelles se montent à 3'558 tonnes de NO_x et 46 tonnes de PM vers chaque périmètre. Les émissions concernées par la mesure s'élèvent à 1'046 et 19 tonnes respectivement. En substituant les poids lourds refoulés par des véhicules répondant à la norme Euro 6, la quantité d'émissions serait de 253.5 tonnes de NO_x et 6.88 tonnes de PM. Soit une baisse de 792.7 et 12.12 tonnes, qui correspondrait à une diminution de 22.27% et de 26.34%. D'autre part, à l'échelle du canton, la baisse serait de 3% et

3.56%. Maintenant que nous connaissons les résultats des divers scénarios, nous pouvons les synthétiser afin de vérifier nos hypothèses.

5.6 Résultats et vérification des hypothèses

5.6.1 Synthèse des résultats

Avant de vérifier nos résultats, nous souhaitons spécifier que nous avons réparti les émissions des VL et PLM à raison de 50% dans chaque périmètre, ne connaissant pas les destinations de leurs déplacements. Nous souhaitons également rappeler que notre méthodologie mériterait d'être approfondie, surtout pour les calculs effectués pour les VL et les PLM, dont les sources de données sont différentes de celles utilisées pour les VT. Le tableau 5.13 synthétise nos résultats pour les émissions annuelles de NO_x et de PM.

Tableau 5.13 Baisse annuelle des émissions de NO_x et de PM (tonnes)				
Baisse annuelle des NO_x	Parcs de véhicules			
Zones	VT	VUL	PLM	Total
Périmètre B	4'085	912	793	5'789
Périmètre A	4'373	912	793	6'077
Baisse annuelle	8'458	1'823	1'585	11'866
Emissions annuelles totales	66'363	16'374	7'115	89'852
Total agglomération et canton	33'687'276	67'596	26'111	33'780'983
Parts centre-ville (%)	12.75	11.13	22.28	13.21
Parts totales (%)	0.025	2.697	6.072	0.035
Baisse annuelle des PM	Parcs de véhicules			
Zones	VT	VL	PLM	Total
Périmètre B	416	78.49	12.12	506.61
Périmètre A	439	78.49	12.12	529.61
Baisse annuelle	855	157	24	1'036
Emissions annuelles totales	4'061	482	93	8'945
Total agglomération et canton	30'089	4'791	340	35'220
Parts centre-ville (%)	21.05	32.57	26.06	22.37
Parts totales (%)	2.84	3.28	7.13	2.94

La baisse totale des émissions se monte à 13.21% pour les NO_x et à 11.58% pour les PM. Les résultats pour des VL et des PLM influencent fortement les baisses, ceci pour deux raisons. Premièrement, nous avons distribué les

émissions à raison de 50% pour chaque périmètre, ce qui ne reflète pas nécessairement la réalité. Deuxièmement, les véhicules remplacés se rendant dans le périmètre A seront par définition des véhicules récents (post *Euro 3*). En conséquence, la baisse des quantités de polluants se calculera automatiquement sur une année entière, puisque ceux-ci pourront se rendre dans le périmètre A même durant les jours de forte pollution. La baisse de NO_x la plus importante concerne les PLM avec -22.28%. Les VT¹⁸ et les VL connaissent des parts comparables avec -12.75% et -11.13% des émissions en moyenne. En revanche, la baisse totale des émissions de PM serait de -22.37%. La part la plus importante concerne les VL avec -32.57%. Les VT et les PLM connaîtraient des parts similaires avec -21.05% et -26.06%. Les résultats sont plus élevés que le potentiel calculé au chapitre 4 (c.f. point 4.8). Cette différence s'explique par le fait que les véhicules récents, qui se rendent dans le périmètre A, remplacent les véhicules refoulés durant toute l'année. Il serait bien évidemment incongru de considérer que les véhicules refoulés soient encore présents dans le parc et ne soient remplacé que lors des jours de forte pollution. Par conséquent, la baisse des taux de particules s'en trouve plus importante. Ayant pris connaissance des résultats de nos calculs, nous pouvons désormais vérifier nos hypothèses.

5.6.2 Vérification des hypothèses

Hypothèse générale : La baisse des émissions de NO_x et de PM induite par la zone à émissions réduites ne sera pas significative à l'échelle de l'agglomération genevoise.

Cette hypothèse ne se vérifie que partiellement, dans la mesure où la baisse des émissions totales **ne se montent qu'à -13.21%** pour les NO_x. En revanche, **la baisse des émissions de PM devrait atteindre -22.37%**. Il est clair que nos calculs mériteraient d'être approfondis. Malgré cela, nous avons sous-estimé le potentiel de réduction du périmètre A, qui s'avère contribuer à la baisse des émissions durant toute l'année, surtout concernant les voitures de livraison et les

¹⁸ Nous avons tenu compte du scénario C (c.f. point 5.5.4), estimant la baisse moyenne des émissions.

poids-lourds. Ils constituent les deux parcs de véhicules qui émettent le plus de dioxyde d'azote et de particules fines. Par ailleurs, comme nous l'avons explicité au point 5.5.5, les VL et PLM remplacés dans le périmètre A, le seront durant toute l'année, bien que celui-ci ne soit actif que quelques semaines par année.

Les limites de notre méthodologie peuvent être à l'origine de nos résultats moindre que ceux attendus par le SCPA, qui prévoit à une baisse des émissions polluantes de -20% à -40% dans le périmètre. Premièrement, les prévisions du SCPA se focalisent sur les périmètres de la zone environnementale uniquement. Alors que nos calculs portent sur l'entier des distances parcourues pour les déplacements vers le centre-ville genevois. Deuxièmement, nous avons tenu compte des comportements individuels dans notre analyse, chose qui ne semble pas avoir été faite dans les études de cas, qui ne s'attardent que sur les aspects de pollution atmosphérique et de charges de trafic. Troisièmement, le fait que notre méthodologie diffère sur quelques points aura bien évidemment eu une influence sur nos résultats. D'abord, parce que nous avons été contraints d'extrapoler les coefficients d'émissions. Ensuite parce que les parts des véhicules diesels que nous avons utilisées dans nos modèles de survie sont constituées des données à l'échelle nationale. Ce qui ne reflète pas nécessairement la réalité à l'échelle du canton de Genève. Enfin, les modalités éditées par la Confédération sont plus strictes dans le sens où elles excluent un plus grand nombre de véhicules, ce qui devrait amplifier la baisse des émissions polluantes.

H1 : compte tenu de la composition des divers parcs automobiles, la baisse des émissions de NO_x et de PM touchera une part limitée du parc VT genevois tandis qu'elle concernera en grande partie les voitures de tourisme provenant de France, les voitures de livraison (VL) et les poids-lourds marchandises (PLM).

Cette hypothèse se vérifie, les VT françaises émettent 79% des émissions de NO_x et 58% des émissions de PM concernées à l'échelle de l'agglomération.

Comparées aux émissions totales issues des voitures de tourisme, les VT françaises sont responsables de 88% et de 97% des émissions de NO_x et de PM (contre 12% et 3% des VT genevoises respectivement). Quant aux VL et aux PLM, leur part de motorisations diesels et leurs émissions confirment également cette hypothèse. En effet, les émissions des VL refoulés se montent à 26.16% de NO_x totales pour ce type de véhicules, et 30.58% pour les PM. Quant aux PLM, les parts concernant ces mêmes émissions, celles-ci s'élèvent à 15% pour les composés azotés et 40% pour les particules.

H2 : la baisse du nombre de véhicules au centre-ville ne sera que minime.

Il paraît évident que les calculs concernant cette hypothèse pourraient être approfondis en calculant les flux de véhicules utilisant le réseau routier. Malgré tout, nous constatons une baisse quotidienne de **-1'715 véhicules**, ce qui est négligeable en comparaison avec les 118'258 VT se rendant au centre-ville (**-1.45%**).

5.6.3 Discussion

Comme nous l'avons mentionné à plusieurs reprises au cours de ce travail, nos résultats sont à relativiser. En effet, notre méthodologie pourrait être affinée, surtout la modélisation des distances parcourues pour les motifs *achats+loisirs*, pour lesquels les individus reporteraient leur destination. Afin de les affiner, une analyse du plan directeur cantonal genevois devrait être effectuée. Celui tient compte des paramètres nécessaires quant à l'évolution de Genève et sa région. Il faudrait en observer trois aspects :

1. Observer l'évolution du nombre de logements dans chaque commune : ceci pour permettre une distribution plus fine de la population du canton, qui permettrait d'établir les points de départ des déplacements.

2. Observer l'évolution des pôles économiques secondaires : ceci permettrait de déterminer le choix que les individus possèdent dans les destinations alternatives aux périmètres de la zone à émissions réduites. En fonction des estimations de la fréquentation des pôles secondaires, leur polarité pourrait être déterminée afin d'observer le nombre d'individus attirés vers ceux-ci. Ensuite, en déterminant les distances moyennes entre chacun des pôles et les diverses communes qui les drainent, la quantité d'émissions pourrait être calculée.

3. Observer l'évolution des pratiques modales : les données du prochain recensement des transports (2010) nous permettront d'observer si les pratiques modales évoluent toujours vers d'autres moyens/modes de transports que la voiture particulière.

Ceci permettrait d'affiner les distances parcourues. Néanmoins, une telle analyse nous permettrait d'établir une nouvelle problématique. En effet, si les pôles satellites de l'agglomération genevoise attirent les *refoulés*, ils attireront également les individus habitant dans les couronnes périurbaines et urbaines, dont le véhicule est conforme aux exigences de la zone à émissions réduites. Or ces pôles étant plus proches, les déplacements seraient plus courts et donc les distances parcourues diminuées. L'aménagement du territoire engendrerait également une baisse potentielle des émissions dues au trafic des voitures de tourisme. Par conséquent, celui-ci entrerait en concurrence avec la zone à émissions réduites. Dès lors, l'aménagement du territoire serait-il plus efficace ? Si oui, l'introduction d'une zone à faibles émissions est-elle justifiable ? Cette question pose la base d'une nouvelle recherche.

6. CONCLUSION

Les résultats de notre analyse montrent que l'introduction d'une zone à émissions réduites semble prometteuse, bien que nos calculs mériteraient d'être plus approfondis. Néanmoins, une telle mesure à elle seule se révèle insuffisante pour améliorer la qualité de l'air à Genève si elle ne devait pas être accompagnée par d'autres mesures, autant d'ordre technique qu'incitatives (c.f. chapitre 2, point 2.3). Cependant, la zone à émissions réduites s'avère une solution novatrice du fait qu'elle permet de mettre en relation les mesures thérapeutiques de la politique de protection de l'air et les mesures techniques. En effet, bien qu'une zone environnementale n'ait pas d'influence significative sur la diminution des charges de trafic et que son impact sur la diminution des émissions soit limité, son point fort réside dans l'accélération du rajeunissement du parc automobile. Celle-ci permet en effet "d'augmenter la pression sur la transition vers des véhicules plus respectueux de l'environnement ou vers des technologies permettant la diminution des émissions comme des filtres à particules, par exemple" (Lutz, 2009, p. 1).

Nous pensons que ce constat se vérifierait à Genève. Une telle mesure aurait un impact marqué sur le rajeunissement de la flotte des véhicules de livraison et des poids lourds marchandises, puisqu'ils représenteraient les deux parcs dont les véhicules devraient impérativement être remplacés (c.f. point 5.5.5). A l'opposé, le parc des voitures de tourisme connaîtrait un renouvellement moins marqué, puisque les individus souhaitant se déplacer en voiture possèdent une alternative au diesel. En effet, la zone à émissions réduites autorise les véhicules essence anciens. Il va sans dire que ces derniers coûtent beaucoup moins cher à l'achat, en comparaison avec un véhicule diesel récent. Or lorsqu'un individu souhaitera remplacer son véhicule en fin de vie, l'achat d'un véhicule moins coûteux et permettant l'accès à toutes les zones du territoire semblera évident. La pénétration des voitures de tourisme fonctionnant au diesel dans le parc automobile s'en verrait donc ralentie. En conséquence à Genève, la zone à émissions réduite s'attaquerait en premier lieu aux véhicules de transports de choses (voitures utilitaires et poids-lourds), qui représentent les sources de pollution les plus importantes du trafic routier.

Ceci étant dit, la lutte contre la pollution due aux transports passe autant par la répression que par la prévention. Il faudrait donc défiscaliser en partie les véhicules ayant une consommation et des émissions polluantes minimum, tels que les modèles hybrides ou électriques par exemple. De plus, pour inciter les individus et les entreprises à remplacer leurs véhicules, l'état de Genève ainsi que la Confédération pourraient également instaurer un système de prime à la casse. Ce double allègement financier permettrait aux petites et jeunes entreprises de financer plus aisément le remplacement d'un véhicule utilitaire ou d'un poids-lourd au profit d'un véhicule plus récent (*Euro 4* et postérieur).

De cet argument découle un fait mis en abîme par le principe de la zone à émissions réduites : la discrimination. Bien qu'une des volontés de la zone à faibles émissions réside dans le fait qu'elle touche le véhicule et non l'individu, à l'inverse d'un péage urbain qui se base sur "l'achat d'un droit à circuler" (SCPA, 2008, p. 68), une discrimination socio-économique existe néanmoins. Nous pouvons dès lors nous questionner sur le sort des classes sociales les moins aisées pour lesquelles l'achat d'un véhicule récent, même d'occasion, reste un investissement difficile à réaliser compte tenu du bas revenu du ménage. Les cas particuliers composés d'individus résidant dans les périmètres concernés se verront attribuer "des délais transitoires suffisants" (SCPA, 2008, p. 69) pour changer de véhicule. Mais qu'en sera-t-il des autres citoyens ? La même question peut également se poser pour les jeunes ou petites entreprises dont un voire plusieurs véhicules ne seraient plus aux normes. Le budget de ces petits entrepreneurs étant limité, l'Etat et la Confédération se doivent d'aider financièrement tous les individus lésés par la zone à émissions réduites, et introduire des mesures financières incitatives et adéquates.

D'autre part, malgré une consommation et des émissions de CO₂ réduites, le diesel marque un bond en arrière d'une trentaine d'année en matière de qualité de l'air. Au même titre que l'introduction de l'essence sans plomb dans les années 1980, la Confédération pourrait imposer l'interdiction de commercialiser du gazole

conventionnel au profit d'un diesel désulfuré, plus propre. D'autre part, l'obligation d'équiper les véhicules de filtres à particules serait inutile. Premièrement, parce que les nouveaux standards européens d'émissions sont si sévères que les constructeurs d'automobiles se doivent d'équiper leurs nouveaux modèles d'un filtre à particules (FAP) monté en usine. Deuxièmement, équiper rétroactivement les véhicules diesels déjà en circulation ne serait que peu pertinent car leur nombre à l'horizon 2015-2020 serait négligeable. Comme nous l'avons mentionné plus haut, la zone à émissions réduite pourrait inciter une transition vers des véhicules plus respectueux de l'environnement.

Ceci étant, en comparaison avec les mesures politiques de protection de l'environnement, les mesures techniques s'attaquent aux émissions directement à leur source et sont plus efficace que les mesures politiques. Comme l'explique Kaufmann, "l'efficacité de la politique des transports apparaît maigre par rapport aux mesures technologiques" (Kaufmann, 2000, p. 42). En effet, l'instauration de l'essence sans plomb et du pot catalytique ont permis des diminutions d'émissions plus efficaces que les politiques de transports qui n'ont permis qu'une dilution de la pollution sur le territoire genevois. Dès lors, la zone à émissions réduite serait-elle encore justifiée ?

Par ailleurs, même si la zone à émissions réduites permettait de réduire la pollution dans le périmètre concerné, qu'en serait-il des émissions *déplacées* engendrées par les individus choisissant de reporter leur destination plutôt que de s'adapter ? Les taux de NO_x et de PM seraient-ils amenés à augmenter dans les quartiers périphériques situés aux abords de la zone à émissions réduites ? Ce phénomène n'a pas été observé à Berlin jusqu'à présent, comme l'explique Lutz, "les craintes que le trafic soit repoussé vers les zones résidentielles situées aux abords de la zone ne se sont pas matérialisées" (Lutz, 2009, p. 4). Néanmoins, le canton de Genève ne peut tout simplement plus se permettre de diluer la pollution sur le territoire, tant est-il que cette stratégie a déjà été appliquée il y a une vingtaine d'années, avec *Circulation 2000* et l'inauguration de l'autoroute de

contournement en 1993. Ces deux événements ont déjà permis de canaliser les flux de trafic et de diluer la pollution sur le territoire, pour en faire baisser les taux de polluants. Si nous nous référons aux cartes du chapitre 4 (c.f. figure 4.2, point 4.2.3), nous remarquerons que la pollution de PM_{10} s'étend sur la quasi totalité du territoire cantonal. Quant à la question d'un éventuel report modal, l'introduction d'une zone à faibles émissions n'y fera rien, dans la mesure où le simple fait de posséder une voiture va inciter l'individu à ne pas emprunter les transports publics, comme l'explique Kaufmann : "du point de vue de nombreux usagers en situation "théorique" de choix modal entre l'utilisation des transports publics et de l'automobile, la question du choix modal ne se pose pas" (Kaufmann, Guidez, 1996, p. 145). La zone à émissions réduite admet donc l'utilisation de l'automobile, alors que le report modal vers les transports publics ne peut s'effectuer que par des mesures rendant l'utilisation de la voiture prohibitive, comme par exemple la gestion du stationnement. Cet aspect de la zone à émissions réduites semble paradoxal aux vues des politiques de promotion du report modal actuelles, notamment vers la mobilité douce.

Malgré cela, en observant la situation de la qualité de l'air qui demeure critique, nous pensons que toutes les mesures semblent justifiées pour lutter contre la pollution atmosphérique due aux transports, y compris l'introduction d'une zone à émissions réduites. En effet, inciter les entreprises de transports à équiper leurs flottes de véhicules de filtres à particules contribuerait en partie à l'amélioration de la qualité de l'air genevois. De plus, les coûts liés à son introduction étant faibles, une telle mesure pourrait donc être introduite sur une courte période (5 à 10 ans), et être retirée une fois le parc automobile rajeuni ou les valeurs limites d'immissions respectées. Nous concluons alors sur le questionnement de Kaufmann : que fera-t-on lorsque les valeurs limites seront finalement respectées ? Démantèlera-t-on à nouveaux les réseaux de transports publics ? Construera-t-on de nouvelles routes et annulera-t-on les limitations de vitesses ? (Kaufmann, 2000, p. 31). Bien que prometteuse, la zone à faibles

émissions ne semble donc pas responsabiliser l'individu en matière de comportement modal, ni en matière de respect environnemental.

Bibliographie

Bibliographie :

ADEME. (mai 2007). *Synthèse de l'étude ADEME "Deux-roues motorisés Euro 3:progress environnementaux comparés à l'automobile"*. Récupéré le 3 août 2010 sur Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie:

<http://www.ecocitoyens.ademe.fr/mes-deplacements/adopter-leco-conduite/les-deux-roues-motorises>

ALLAVOINE, L. (9 janvier 2008). Berlin bannit les voitures polluantes. *Terra eco*. Récupéré le 6 février 2009 sur :

<http://www.terra-economica.info/Berlin-bannit-les-voitures,421.html>

ATE. (2005). *Le diesel : attention danger! Trop peu de véhicules roulent munis d'un filtre à particule*. Récupéré le 31 mars 2009 sur Association Transports et Environnement :

http://www.ate.ch/index.php_eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=uploads_tx_frpredak_data_ATE_LeDieselAttentionDanger_2004

AUTO-SUISSE. (2010). Consulté le 29 mars 2010 sur Association d'importateurs automobile:

http://www.auto-schweiz.ch/Voitures_de_tourisme_par_marque.html

BAVOUX J.-J., et all. (2005). *Géographie des transports*. Paris : A. Colin.

BRIDEL, L. PINI G. (1990). Transports et communications in RACINE J.-B., RAFFESTIN C. *La nouvelle géographie de la Suisse et des Suisses*. Tome II. Lausanne : Editions Payot. 499-522.

CCFA. (s.d.). *Immatriculations de voitures particulières neuves en France selon le constructeur*. Récupéré le 29 mars 2010 sur Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE):

http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?ref_id=NATTEF13602®_id=0

CLERICETTI, A. (6 octobre 2008). *Etude préliminaire d'opportunité et de faisabilité de la mise en œuvre de la mesure à Genève*. [version numérique]. Document présenté lors de la conférence de presse ATA Ticino "low émissions zone", Lugano. Récupéré le 16 octobre 2008 sur Association Transports et Environnement:

http://www.pm10.ch/media/contribute/ATEdocumentUmweltzonen_presse.pdf

CONFEDERATION SUISSE. (1996). *Ordonnance du 4 mars 1996 sur les amendes d'ordre (OAO) : annexe 1*. Récupéré le 12 août 2010 sur Confédération Suisse :

http://www.admin.ch/ch/f/rs/741_031/app1.html

CONSEIL FEDERAL. (2010a). *Ordonnance sur la vignette écologique (OVE)*. Récupéré le 31 août 2010 sur Confédération Suisse :

<http://www.admin.ch/ch/f/gg/pc/pendent.html#DETEC>

CONSEIL FEDERAL. (2010b). *Ordonnance sur la signalisation routière (OSR)*. Récupéré le 31 août 2010 sur Confédération Suisse :

<http://www.admin.ch/ch/f/gg/pc/pendent.html#DETEC>

CONSEIL FEDERAL. (2010c). *Ordonnance sur les amendes d'ordre (OAO)*. Récupéré le 31 août 2010 sur Confédération Suisse :

<http://www.admin.ch/ch/f/gg/pc/pendent.html#DETEC>

CORMON, P. (1994). Les plans de mesures pour la protection de l'air et les communes périurbaines: étude comparative. *Cahiers de l'IDEHAP*, UNIL/EPFL: Lausanne.

DESBAILLET, (31 janvier 2008). Le centre-ville sera-t-il interdit aux voitures trop polluantes ? *Tribune de Genève*. [version numérique]. Récupéré le 28 octobre 2008 sur : <http://archives.tdg.ch/TG/TG/-/article-2008-01-2634/le-centre-ville-sera-t-il-interdit-aux-voitures-trop-polluantes->

DISERENS CH. et all (2005). Protection de l'air: une réponse à l'aménagement du territoire. In KNOEPFEL, P., OLIGATI, M. (2006). Analyse de politiques publiques- petits exercices d'application. IDEHAP 2006: Chavannes-près Renens.

ENERS Energy Concept, (2006). *Définitions des conditions cadres relatives à l'introduction des carburants de substitution dans le canton de Genève*. Lausanne : EPFL. Récupéré le 23 avril 2010 sur Etat de Genève : http://etat.geneve.ch/dt/SilverpeasWebFileServer/Rapport_Carburants_substitution_Gen%C3%A8ve.pdf?ComponentId=kmelia69&SourceFile=1173778667965.pdf&MimeType=application/pdf&Directory=Attachment/Images/

ESCOURROU, G. (1996). *Transports, contraintes climatiques, et pollutions*. Paris : SEDES.

ESSEN, (n.d.). *Zusammengefasst Zeichnen*. Récupéré le 5 février 2009 sur : http://www.essen.de/images/Zusammengefasst_Zeichen_UZ_87293.jpg

EU, (s.d.). *What are LEZ ?* Récupéré le 2 mars 2010 sur Low émissions zones in Europe : <http://www.lowemissionzones.eu/what-are-lezs--othermenu-32?showall=1>

INSEE, OCSTAT, C & D. (1994). *Atlas du bassin franco-valdo-genevois*. INSEE, OCSTAT, Cartographie et Décision : Yssingeaux.

JOUVE, B. (1994). *Urbanisme et Frontières : le cas franco-genevois*. Paris : L'Harmattan.

KAUFMANN, V., GUIDEZ, J.-M., (1996). *Les citoyens face à l'automobilité : les déterminants du choix modal*. Paris : Fonds d'intervention pour études et recherches (FIER). (Collection « rapports du F.I.E.R. » no 19).

KAUFMANN, V., GUIDEZ, J.-M., (1998). *Les citoyens face à l'automobilité: étude comparée des agglomérations de Besançon, Grenoble, Toulouse, Berne, Genève et Lausanne*. Lyon: Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. (Collection "Dossiers du CERTU" no 80 Mobilité, transports).

KAUFMANN, V. (2000). *Mobilité quotidienne et dynamiques urbaines : la question du report modal*. Lausanne : presses polytechniques et universitaires romandes.

KAUFMANN, V. et all. (2001). *Qualité de l'air et politique des transports à Genève* : Lausanne : IREC.

KAUFMANN, V. (2008). *Les paradoxes de la mobilité : bouger, s'enraciner*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. (collection "le savoir suisse")

LUTZ, M. (novembre 2009). *The low emissions zone in Berlin – Results of a first impact assessment*. Article présenté lors du workshop *NOx : time for compliance*. Birmingham. Récupéré le 2 avril 2010 sur Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz :

http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/paper_1_ez_berlin_en.pdf

OCM, (2006a). *Enquête aux frontaliers : rapport technique*. Récupéré le 2 avril 2010 sur République et canton de Genève, statistiques cantonales :
http://etat.geneve.ch/dt/mobilite/a_votre_service-publications-3490.html

OCM, (2006b). *Enquête aux frontaliers : annexes*. Récupéré le 2 avril 2010 sur République et canton de Genève, statistiques cantonales :
http://etat.geneve.ch/dt/mobilite/a_votre_service-publications-3490.html

OCSTAT, (2005). *Projections démographiques pour le canton de Genève : population résidente de 2004 à 2030*. [version numérique]. Récupéré le 4 avril 2010 sur République et canton de Genève, Statistiques cantonales :
http://www.ge.ch/statistique/domaines/01/01_02_2/publications.asp

OCSTAT. (2009a). *Mémento statistique du canton de Genève*. [version numérique]. Récupéré le 3 mars 2010 sur République et canton de Genève, Statistiques cantonales :
<http://www.ge.ch/statistique/publications/welcome.asp>

OCSTAT. (2009b). *Bilan et état de la population de Genève en 2009 : résultats de la statistique cantonale de la population*. [version numérique]. Récupéré le 3 mars 2010 sur République et canton de Genève, Statistiques cantonales:
<http://www.ge.ch/statistique/tel/publications/2010/resultats/dg-rs-2010-03.pdf>

OCSTAT. (2009c). *Densité de population à l'adresse fin mars 2009*. [version numérique] Récupéré le 3 mars 2010 sur République et canton de Genève, Statistiques cantonales:
http://www.ge.ch/statistique/domaines/cartes.asp?filtreCarto=01_02_1

OETTRERLI, J. (2001). *Pistes pour un Développement Durable des Transports : Synthèse Politique des Transports*. Berne : Publication du PNR 41. (Collection « PNR41 Transports et Environnement » Volume M30).

OFEFP. (2004). Emissions polluantes du trafic routier de 1980 à 2030. *Cahiers de l'environnement no 355 (Air)*. Récupéré le 3 mars 2009 sur Confédération Suisse, office fédéral de l'environnement (OFEV) :

<http://www.bafu.admin.ch/luft/00596/00597/00604/index.html?lang=fr>

OFEFP. (2005). Stratégie de lutte contre la pollution de l'air: Bilan et actualisation. Berne: OFEFP (Collection "Les cahiers de l'environnement" No 379 Air).

OFEV. (2009a), *Voitures de livraison*. Récupéré le 15 mars 2010 sur Confédération Suisse, office fédéral de l'environnement (OFEV):

<http://www.bafu.admin.ch/luft/00596/00597/04343/05301/index.html?lang=fr>

OFEV. (2009b). *Voitures de tourisme*. Récupéré le 15 mars 2010 sur Confédération Suisse, office fédéral de l'environnement (OFEV):

<http://www.bafu.admin.ch/luft/00596/00597/04343/05294/index.html?lang=fr>

OFEV. (2009c). *Poids lourds marchandises*. Récupéré le 15 mars 2010 sur Confédération Suisse, office fédéral de l'environnement (OFEV):

<http://www.bafu.admin.ch/luft/00596/00597/04343/04345/index.html?lang=fr>

OFS. (s.d.). *Superweb – la base de données statistique online*. Récupéré sur Confédération Suisse, Office Fédéral de la Statistique :

<http://superweb-guest.bfs.admin.ch/superweb/login.do>

OFS. (2010a). *Mise en circulation des véhicules routiers neufs selon le groupe de véhicule et le genre de véhicule de 1990 à 2009*. Récupéré le 15 mars 2010 sur Confédération Suisse, Office Fédérale de la Statistique (OFS) : http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/11/03/blank/key/fahrzeuge_strasse/inverkehrsetzung.html

OST. (s.d.). Consulté le 4 avril 2010 sur Observatoire statistique transfrontaliers : <http://www.statregio-francosuisse.net/domaines/01/publications.asp>

Observatoire statistique transfrontalier de l'espace franco-valdo-genevois, (2008). *L'Espace transfrontalier du genevois dans un contexte européen*. Lausanne : EPFL-INTER-Chôros.

OUM, (2008a). *La mobilité de genevois en 2005 : analyse du suréchantillonnage du microrecensement transport 2005*. Récupéré le 2 mars 2009 sur : www.unige.ch/oum

OUM, (2008b). *La mobilité des genevois et son évolution depuis 1994 : analyse du suréchantillonnage des microrecensements transports 1994-2000-2005*. Récupéré le 2 mars 2009 sur : www.unige.ch/oum

OUM, (2009). *Rôles et apports du CEVA et du futur RER pour l'agglomération franco-valdo-genevoise*. Récupéré le 25 octobre 2010 sur : www.unige.ch/oum

PESCH, A. (2008). *Implementation of the "Umweltzone" (environmental zone) in the city centre of Berlin*. Récupéré le 16 octobre 2008 sur European Local Transport Information Service : http://www.eltis.org/study_sheet.phtml?study_id=1817&lang1=en

PERRITAZ, N. et all. (1993) *La Santé de l'Environnement Genevois*. Genève : Roto Sadag. (Collection « Les cahiers de la santé » no 4).

Plan Directeur Cantonal : étude de mise à jour. République et Canton de Genève : Département des travaux publics. Genève, 1975.

RODERIGUE, J.-P. (2006). *The Geography of Transport Systems*. London/New York: Routeledge.

S-Bahn Berlin. (2007). *Schadstoffgruppe*. Récupéré le 5 février 2009 sur S-Bahn Berlin:

http://www.s-bahn-berlin.de/aktuell/2007/images/416_02.gif

SAVARY, J. (2008). *Politiques publiques et mobilité urbaines : analyse de processus conflictuels dans quatre villes suisses*. Zurich/ Chaire : Rüegger Verlag.

SCHWARZ Jérémie (2008) : *Accessibilité et commerce urbain. Vulnérabilité du centre-ville face au péage*. [version numérique] Sous la direction du Prof. G. Pini. **Mémoire de licence**. Récupéré le 15 avril 2009 sur Institut de Géographie de l'Université de Lausanne: <http://www.unil.ch/igul>

SCRIS. (2009). *Véhicules en circulation, par catégorie, Vaud, 1975-2009 (état au 30 septembre)*. Récupéré le 23 mars 2010 sur Statistique Vaud:

<http://www.scris.vd.ch/Default.aspx?DomID=2295>

Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz. (n.d.). *Umweltzone*. Récupéré le 5 février 2009 sur :

http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/pix/umweltzone_470.gif

STEINER, Y. (2009). *Impact de la voiture électrique sur les émissions de CO₂ liées à la mobilité individuelle: le cas de l'agglomération franco-valdo-genevoise*. [version numérique] Sous la direction du Prof. G. Pini. Mémoire de Master. Récupéré le 20 février 2010 sur Insitut de Géographie de l'Université de Lausanne: <http://www.unil.ch/igul>

TOURING CLUB SUISSE. (2008, 18 juillet). *TCS: interdiction de circuler dans les centres-villes allemande sans macaron antipollution*. Récupéré le 30 octobre 2008 sur Google:
http://www.tcs.ch/main/fr/home/auto_moto/umwelt_energie/umwelt.RightColumn.001.CtxLinkDownloadFile4.pdf/3797_05_MacaronAntipollution_fr.pdf

TPG. (2010). *384 km de mobilité intelligente. Pour aller de Meyrin à Cornavin. Et même jusqu'au bout du monde*. Récupéré le 20 août 2010 sur Transports publics genevois:
<http://www.tpg.ch/fr/au-sujet-des-tpg/equipement-et-infrastructure/reseau.php>

TURTON, B., KNOWLES, R. (1998). Urban transport problems and solutions. In HOYLE, .R, KNOWLES, R. *Modern transport Georgraphy*. Chichester : Willey & Sons. 135-157.

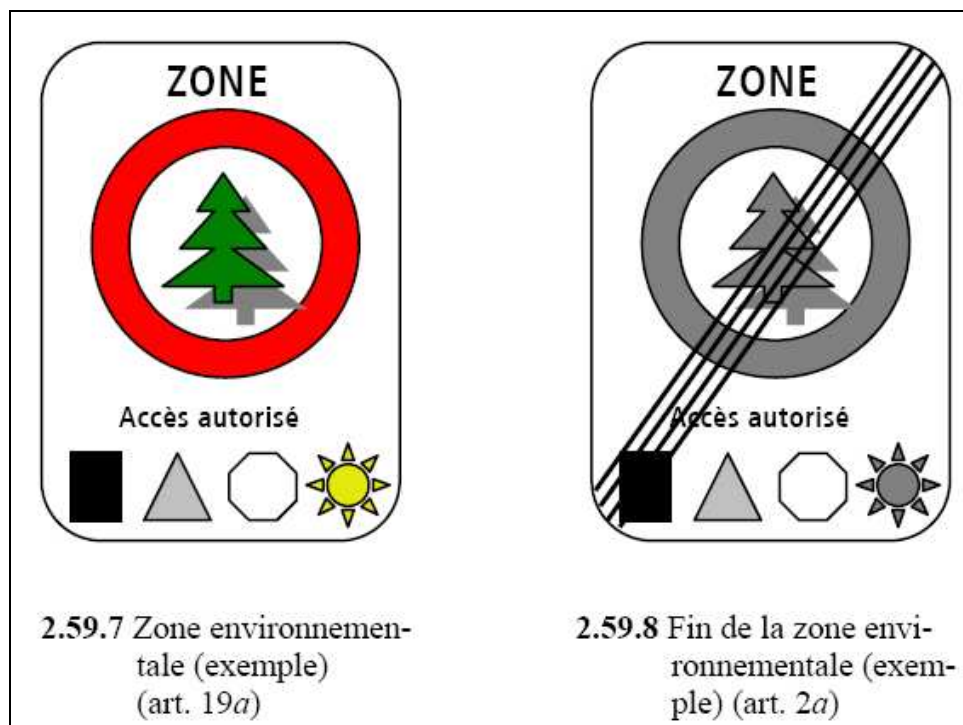
WIDMER, G., PINI G. (2001). *Les Transports Transfrontaliers dans la Région de Genève : Etude de cas du projet de transports collectif en site propre (TCSP) du projet D7 « Politique des transports et régions frontalières »*. Berne : Direction du PNR 41. (Collection « Dossiers du PNR41 transports et environnement » volume M14).

ANNEXES

Annexes

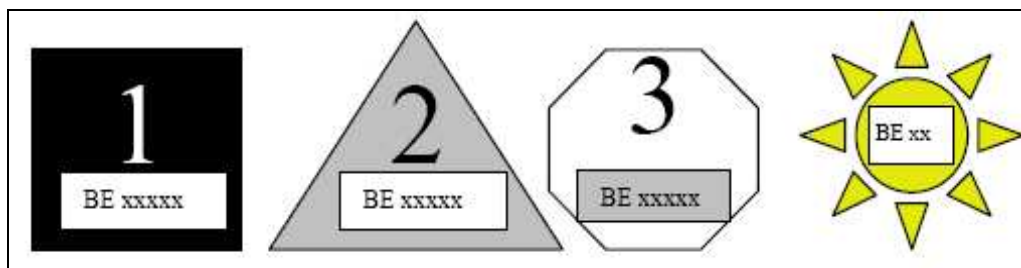
Annexe A : Critères des zones à émissions réduites en Suisse

A 1 : Exemple de signaux routiers en Suisse



source : Conseil Fédéral, 2010b, p. 2

A 2 : Types de vignettes écologiques



source : Conseil Fédéral, 2010a, p.3

A 3 : Tableau illustrant l'attribution des diverses vignettes

		Vignette noire	Vignette grise	Vignette blanche	Vignette dorée
1.	Voitures de tourisme, minibus	Essence EURO1/OEV 1 Diesel EURO3	Essence EURO2 Diesel EURO4	Essence EURO3 et normes ultérieures Diesel EURO5 et normes ultérieures	Propulsion principale électrique
2.	Voitures de livraison, tracteurs à sellette légers	Essence EURO1/OEV 1 Diesel EURO2	Essence EURO2 Diesel EURO3	Essence EURO3 et normes ultérieures Diesel EURO4 et normes ultérieures	
3.	Camions, tracteurs à sellette lourds, voitures de tourisme lourdes,	EURO II	EURO III	EURO IV et normes ultérieures	
	autocars				
4.	Tracteurs	97/68/CE Phase II	97/68/CE ³ Phase IIIA	97/68/CE Phases IIIB et ultérieures	
5.	Motocycles, excepté les motocycles légers	-	97/24/CE ⁴ Phase A	97/24/CE Phase B	
6.	Motocycles légers, quadricycles légers à moteur	-	-	97/24/CE Phases 2 et ultérieures	
7.	Quadricycles à moteur et tricycles à moteur	-	-	-	

sources : Conseil Fédéral, 2010a, p.p. 3-4

Annexe B : Liste des mesures du plan OPAir

Objectif 1 : Maîtriser le développement de l'agglomération		
1.1	Projet d'agglomération franco-valdo-genevois	
1.2	Maintien de la mixité des affectations	
1.3	Développement différencié de l'urbanisation	
Objectif 2 : Réduire le trafic individuel motorisé au centre de l'agglomération		
2.1	Développement des zones de modération du trafic et mise en œuvre de la hiérarchie du réseau routier	
2.2	Périmètre de restriction du trafic motorisé pour la protection de l'air : mesure Zone à émissions réduites	Particules fines *
2.3	Gestion du stationnement	Immissions excessives *
2.4	Mise en œuvre du Plan d'action des parcs-relais 2007-2010	
Objectif 3 : Limiter les émissions des véhicules par la promotion de la conduite écologique		
3.1	Promotion de la conduite écologique: intégration dans l'apprentissage et les conditions d'octroi du permis de conduire	
Objectif 4 : Améliorer les performances environnementales du parc des véhicules privés		
4.1	Système de taxation des véhicules, basé sur les performances environnementales	Particules fines *
4.2	Exonération des véhicules plus propres et moins gourmands en carburant	Particules fines *
4.3	Contrôle des émissions polluantes et du bruit des véhicules	

Objectif 5 : Améliorer et développer l'offre de transports collectifs		
5.1	Mise en œuvre du Plan directeur des transports collectifs 2007-2010	
5.2	Amélioration technologique du parc des véhicules des transports collectifs	Particules fines * Immissions excessives *
Objectif 6 : Encourager la mobilité douce		
6.1	Politique du vélo: mise en œuvre de la stratégie cantonale 2007-2010	
6.2	Encouragement des vélos à assistance électrique	
6.3	Normes de stationnement vélos applicables dans les autorisations de construire	
Objectif 7 : Augmenter l'efficacité énergétique et développer les énergies renouvelables peu polluantes		
7.1	Promotion des standards de haute performance énergétique (HPE)	
7.2	Développement du solaire thermique	
7.3	Maîtrise de la demande en énergie des grands consommateurs	
7.4	Application des dispositions réglementaires relatives au remplacement des vitrages	
7.5	Autorisation obligatoire pour les installations de combustion de production de chaleur	Particules fines * Immissions excessives *
Objectif 8 : Accélérer l'assainissement des chauffages		
8.1	Réduction du délai d'assainissement des chauffages à trois ans dans les zones à immissions excessives	Immissions excessives *
8.2	Stratégies de quartier et concepts énergétiques territoriaux	Immissions excessives *
8.3	Élaboration de projets d'assainissement des bâtiments et des installations de chauffage	Immissions excessives *

Objectif 9 : Limiter la pollution due aux particules fines			
9.1	Limitation des émissions de particules fines dues aux chauffages à bois	Particules fines *	Immissions excessives *
9.2	Contrôle des chantiers en application de la directive Air-Chantiers	Particules fines *	
Objectif 10 : Mettre en place une administration exemplaire			
10.1	Programme d'efficacité des installations techniques des bâtiments de l'Etat		
10.2	Haut standard énergétique pour tous les bâtiments publics neufs		
10.3	Renouvellement accéléré des poids lourds de l'Etat ne respectant pas les normes EURO 4 ou 5	Particules fines *	
10.4	Exigences élevées en matière de mesures de protection de l'air dans les appels d'offre de l'Etat	Particules fines *	
10.5	Utilisation, par les services de l'Etat concernés, de benzine alkylée en substitution de l'essence classique pour les petits appareils et les moteurs deux temps		
10.6	Plan de mobilité de l'Administration cantonale		
10.7	Soutien aux collectivités publiques qui mettent en place des mesures de protection de l'air		
Objectif 11 : Promouvoir les comportements contribuant à la préservation de la qualité de l'air			
11.1	Communication et promotion des comportements favorables à la préservation de la qualité de l'air		
Objectif 12 : Renforcer les bases légales cantonales			
12.1	Révision de la législation cantonale sur la protection de l'air		
Mesures prises par l'Aéroport international de Genève			
13.1	Réduction des émissions polluantes dues aux activités de l'Aéroport International de Genève		

Annexe C : Prescriptions concernant les gaz d'échappement en Suisse

C1. Voitures de tourisme

Voitures de tourisme avec moteur à essence: évolution des valeurs limites d'émission										
Norme	Etape	Entrée en vigueur ¹	Cycle de mesures	Valeurs limites						
				CO [g/km]	NMHC [g/km]	THC [g/km]	NO _x [g/km]	THC+NO _x [g/km]	PM [mg/km]	PN [# /km]
ECE 15	ECE 15.00	01.1974	ECE 15	30-65	-	5,1-8,2	-	-	-	-
	ECE 15.01	09.1975	ECE 15	24-52	-	4,3-7,0	-	-	-	-
	ECE 15.02	10.1977	ECE 15	24-52	-	4,3-7,0	3,0-4,7	-	-	-
	ECE 15.03	10.1980	ECE 15	19-42	-	3,8-6,2	2,5-4,0	-	-	-
OGE	OGE 82	10.1982	FTP 72	24,20	-	2,10	1,90	-	-	-
	OGE 86	10.1986	FTP 72	9,30	-	0,90	1,20	-	-	-
OEV 1	OEV 1-1	10.1987	FTP 75	2,10	-	0,25	0,62	-	-	-
OETV 1	EURO 2	10.1995/96	NEFZ	2,20	-	-	-	0,50	-	-
	EURO 3	01.2000/01	NEFZm	2,30	-	0,20	0,15	-	-	-
	EURO 4	01.2005/06	NEFZm	1,00	-	0,10	0,08	-	-	-
	EURO 5	09.2009/10	NEFZm	1,00	0,068	0,10	0,06	-	5,0/4,5 ^{2,3}	-
	EURO 6	09.2014/15	NEFZm	1,00	0,068	0,10	0,06	-	5,0/4,5 ^{2,3}	4,5 ^{4,5}

¹ Première date: valable pour les nouveaux types de véhicules. Deuxième date: valable pour la première mise en circulation de véhicules neufs.
² Les valeurs limites pour la masse de particules des moteurs à allumage commandé sont applicables seulement aux véhicules à injection directe.
³ Un procédé de mesure remanié sera introduit avant l'application de la valeur limite de 4,5 mg/km.
⁴ Un nouveau procédé de mesure sera introduit avant l'application de la valeur limite.
⁵ Une valeur limite du nombre des particules sera fixée avant le 1^{er} septembre 2014 pour les véhicules équipés d'un moteur à allumage commandé avec injection directe.

Voitures de tourisme avec moteur diesel: évolution des valeurs limites d'émission									
Norme	Etape	Entrée en vigueur ¹	Cycle de mesures	Valeurs limites					
				CO [g/km]	THC [g/km]	NO _x [g/km]	THC+NO _x [g/km]	PM [mg/km]	PN ⁵ [# /km]
OEV 1	OEV 1-1	1.10.1987	FTP 75	2,10	0,25	0,62	-	370	-
	OEV 1-2	1.10.1988	FTP 75	2,10	0,25	0,62	-	124	-
OETV 1	EURO 2	10.1995/96	NEFZ	1,00	-	-	0,70 ¹	80 ²	-
	EURO 3	01.2000/01	NEFZm	0,64	-	0,50	0,56	50	-
	EURO 4	01.2005/06	NEFZm	0,50	-	0,25	0,30	25	-
	EURO 5	09.2009/10	NEFZm	0,50	-	0,18	0,23	5,0/4,5 ⁴	6,0x10 ¹¹
	EURO 6	09.2014/15	NEFZm	0,50	-	0,08	0,17	5,0/4,5 ⁴	6,0x10 ¹¹

¹ 0,90 g/km pour moteurs à allumage par compression à injection directe.
² 100 mg/km pour moteurs à allumage par compression à injection directe.
³ Première date: valable pour les nouveaux types de véhicules. Deuxième date: valable pour la première mise en circulation de véhicules neufs.
⁴ Un procédé de mesure remanié sera introduit avant l'application de la valeur limite de 4,5 mg/km.
⁵ Un nouveau procédé de mesure sera introduit avant l'application de la valeur limite.

C2. Voitures de livraisons

Véhicules de livraison avec moteur à essence : évolution des valeurs limites d'émission

Norme	Etape	Entrée en vigueur ¹	Cycle de mesures	Carburant	Valeurs limites						
					CO [g/km]	NMHC [g/km]	THC [g/km]	NO _x [g/km]	THC+NO _x [g/km]	PM [mg/km]	PN [#k/km]
ECE 15	ECE 15.00	01.1974	ECE 15	B	30-65	-	5,1-8,2	-	-	-	-
	ECE 15.01	09.1975	ECE 15	B	24-52	-	4,3-7,0	-	-	-	-
	ECE 15.02	10.1977	ECE 15	B	24-52	-	4,3-7,0	3,8-5,9	-	-	-
	ECE 15.03	10.1980	ECE 15	B	19-42	-	3,8-6,2	3,8-5,9	-	-	-
OGE	OGE #2	10.1982	FTP 72	B	24,20	-	2,10	1,90	-	-	-
	OGE #6	10.1986	FTP 72	B	9,30	-	0,90	1,20	-	-	-
OEVI											
Groupe I	OEVI-1	10.1987	FTP 75	B	2,10	-	0,25	0,62	-	-	-
Groupe II	OEVI-1	10.1988	FTP 75	B	6,20	-	0,50	1,40	-	-	-
	OEVI-2	10.1990	FTP 75	B	6,20	-	0,50	1,10	-	-	-
OETV 1											
Classe 1	EURO 2	10.1996/97	NEFZ	B	2,20	-	-	-	0,50	-	-
Classe 2	EURO 2	10.1997/98	NEFZ	B	4,00	-	-	-	0,60	-	-
Classe 3	EURO 2	10.1997/98	NEFZ	B	5,00	-	-	-	0,70	-	-
Classe 1	EURO 3	01.2000/01	NEFZm	B	2,30	-	0,20	0,15	-	-	-
Classe 2	EURO 3	01.2001/02	NEFZm	B	4,17	-	0,25	0,18	-	-	-
Classe 3	EURO 3	01.2001/02	NEFZm	B	5,22	-	0,29	0,21	-	-	-
Classe 1	EURO 4	01.2005/06	NEFZm	B	1,00	-	0,10	0,08	-	-	-
Classe 2	EURO 4	01.2006/07	NEFZm	B	1,81	-	0,13	0,10	-	-	-
Classe 3	EURO 4	01.2006/07	NEFZm	B	2,27	-	0,16	0,11	-	-	-
Classe 1	EURO 5	09.2009/10	NEFZm	B	1,00	0,068	0,13	0,060	-	5,0/4,5 ^{2,3}	-
Classe 2	EURO 5	09.2010/11	NEFZm	B	1,81	0,090	0,16	0,075	-	5,0/4,5 ^{2,3}	-
Classe 3	EURO 5	09.2010/11	NEFZm	B	2,27	0,108	0,16	0,082	-	5,0/4,5 ^{2,3}	-
Classe 1	EURO 6	09.2014/15	NEFZm	B	1,00	-	0,075	0,060	-	5,0/4,5 ^{2,3}	4,5
Classe 2	EURO 6	09.2015/16	NEFZm	B	1,81	-	0,10	0,075	-	5,0/4,5 ^{2,3}	4,5
Classe 2	EURO 6	09.2016/16	NEFZm	B	2,37	-	0,13	0,093	-	5,0/4,5 ^{2,3}	4,5
Classe 3	EURO 6	09.2016/16	NEFZm	B	2,27	-	0,12	0,082	-	5,0/4,5 ^{2,3}	4,5

¹ Première date: valable pour les nouveaux types de véhicules. Deuxième date: valable pour la première mise en circulation de véhicules neufs.

² Les valeurs limites pour la masse de particules des moteurs à allumage commandé sont applicables seulement aux véhicules à injection directe.

³ Un procédé de mesure remanié sera introduit avant l'application de la valeur limite de 4,5 mg/km.

⁴ Un nouveau procédé de mesure sera introduit avant l'application de la valeur limite.

⁵ Une valeur limite du nombre des particules sera fixée avant le 1^{er} septembre 2014 pour les véhicules équipés d'un moteur à allumage commandé avec injection directe.

Véhicules de livraison avec moteur diesel : évolution des valeurs limites d'émission

Norme	Etape	Entrée en vigueur ¹	Cycle de mesures	Carburant	Valeurs limites					
					CO [g/km]	THC [g/km]	NO _x [g/km]	THC+NO _x [g/km]	PM [mg/km]	PN ³ [#/km]
OEVI										
Groupe I	OEVI-1	10.1987	FTP 75	D	2,10	0,25	0,62	-	370	
Groupe I	OEVI-2	10.1988	FTP 75	D	2,10	0,25	0,62	-	124	
Groupe II	OEVI-1	10.1988	FTP 75	D	6,20	0,50	1,40	-	370	
Groupe II	OEVI-2	10.1990	FTP 75	D	6,20	0,50	1,10		370	
Groupe II	OEVI-3	10.1992	FTP 75	D	6,20	0,50	1,10	-	162	
OETV 1										
Classe 1	EURO 2	10.1996/97	NEFZ	D	1,00	-	-	0,70	80	
Classe 2	EURO 2	10.1997/98	NEFZ	D	1,25	-	-	1,00	120	
Classe 3	EURO 2	10.1997/98	NEFZ	D	1,50	-	-	1,20	170	
Classe 1	EURO 3	01.2000/01	NEFZm	D	0,64	-	0,50	0,56	50	
Classe 2	EURO 3	01.2001/02	NEFZm	D	0,80	-	0,65	0,72	70	
Classe 3	EURO 3	01.2001/02	NEFZm	D	0,95	-	0,78	0,86	100	
Classe 1	EURO 4	01.2005/06	NEFZm	D	0,50	-	0,25	0,30	25	
Classe 2	EURO 4	01.2006/07	NEFZm	D	0,63	-	0,33	0,39	40	
Classe 3	EURO 4	01.2006/07	NEFZm	D	0,74	-	0,39	0,46	60	
Classe 1	EURO 5	09.2009/10	NEFZm	D	0,50	-	0,180	0,230	5,0/4,5 ²	6,0x10 ¹¹
Classe 2	EURO 5	09.2010/11	NEFZm	D	0,63	-	0,235	0,295	5,0/4,5 ²	6,0x10 ¹¹
Classe 3	EURO 5	09.2010/11	NEFZm	D	0,74	-	0,280	0,350	5,0/4,5 ²	6,0x10 ¹¹
Classe 1	EURO 6	09.2014/15	NEFZm	D	0,50	-	0,080	0,170	5,0/4,5 ²	6,0x10 ¹¹
Classe 2	EURO 6	09.2015/16	NEFZm	D	0,63	-	0,105	0,195	5,0/4,5 ²	6,0x10 ¹¹
Classe 3	EURO 6	09.2015/16	NEFZm	D	0,74	-	0,125	0,215	5,0/4,5 ²	6,0x10 ¹¹

¹ Première date: valable pour les nouveaux types de véhicules. Deuxième date: valable pour la première mise en circulation de véhicules neufs.

² Un procédé de mesure remanié sera introduit avant l'application de la valeur limite de 4,5 mg/km.

³ Un nouveau procédé de mesure sera introduit avant l'application de la valeur limite.

C3. Poids lourds marchandises

Véhicules utilitaires lourds: évolution des valeurs limites d'émission										
Norme	Etape	Entrée en vigueur ¹	Cycle de mesures							
			CO [g/kWh]	THC [g/kWh]	NMHC [g/kWh]	CH ₄ [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	NH ₃ [ppm]	PM [g/kWh]	PN [#/kWh]
OEV 2										
OEV 2-1	10.1987	ECE 49	8,40	2,10	-	-	14,4	-	-	-
OEV 2-2	10.1991	ECE 49	4,90	1,23	-	-	9,0	-	0,70	-
OEV 2-3	10.1992/93	ECE 49	4,90	1,23	-	-	9,0	-	0,40	-
OETV 1										
EURO II	10.1995/96	ECE 49	4,00	1,10	-	-	7,0	-	0,15	-
Moteurs diesel:										
EURO III	10.2000/01	ESC/ETC ²	2,15,45	0,66 / -	- / 0,78	- / -	5,0 / 5,0	- / -	0,10,0,16	- / -
EURO IV	10.2005/06	ESC/ETC	1,5/4,00	0,46 / -	- / 0,55	- / -	3,5 / 3,5	- / -	0,02/0,03	- / -
EURO V	10.2008/09	ESC/ETC	1,5/4,00	0,46 / -	- / 0,55	- / -	2,0 / 2,0	- / -	0,02/0,03	- / -
EEV ¹	-	ESC/ETC	1,5/3,00	0,25 / -	- / 0,40	- / -	2,0 / 2,0	- / -	0,02/0,02	- / -
EURO VI ⁴	2013/2014 ⁴	ESC/ETC ⁵	1,5/4,00	0,13/0,16	- / -	- / -	0,4 / 0,4	10/10	0,01/0,01	⁷
Moteurs à gaz:										
EURO III	10.2000/01	ETC	5,45	-	0,78	1,60	5,0	-	-	-
EURO IV	10.2005/06	ETC	4,00	-	0,55	1,10	3,5	-	-	-
EURO V	10.2008/09	ETC	4,00	-	0,55	1,10	2,0	-	-	-
EEV ¹	-	ETC	3,00	-	0,40	0,65	2,0	-	0,02	-
EURO VI ⁴	2013/2014 ⁴	ETC ⁵	4,00	-	0,16	0,50	0,4 ⁶	10	0,01	⁷
¹ Environmental Enhanced Vehicle (véhicule particulièrement peu polluant) ² Seulement pour les moteurs diesel avec filtre à particules et/ou catalyseur DeNO _x ³ Première date: valable pour les nouveaux types de véhicules. Deuxième date: valable pour la première mise en circulation de véhicules neufs. ⁴ Proposition pour l'ordonnance sur la norme Euro 6 de la Commission européenne (état au 21 décembre 2007). ⁵ Les valeurs limites pour les cycles de conduite en régime stabilisé (WHSC) et en régime transitoire (WHTC) harmonisés au niveau mondial seront introduites ultérieurement lorsque les facteurs de corrélation entre ceux-ci et les cycles de conduite en vigueur (ESC et ETC) auront été fixés, mais au plus tard pour le 1 ^{er} avril 2009. ⁶ La proportion admissible de NO ₂ dans la valeur limite de NO _x peut être fixée ultérieurement, mais au plus tard pour le 1 ^{er} avril 2009. ⁷ Une valeur sera fixée pour le 1 ^{er} avril 2009 au plus tard.										

Annexe D: Evolution annuelle du parc VT genevois (2005-2015)

2005	Effectifs Essence	Effectifs Diesel	2006	Effectifs Essence	Effectifs Diesel
1928	47	0	1928	42	0
1933	47	0	1933	42	0
1952	93	0	1952	84	0
1953	93	0	1953	84	0
1954	116	0	1954	105	0
1957	140	0	1957	126	0
1959	93	0	1959	84	0
1962	140	0	1962	126	0
1966	233	0	1966	209	0
1967	328	0	1967	295	0
1968	375	0	1968	337	0
1970	444	0	1970	400	0
1972	444	0	1972	400	0
1973	468	0	1973	461	0
1974	421	0	1974	411	0
1975	656	0	1975	640	0
1976	563	0	1976	546	0
1977	752	0	1977	722	0
1978	775	0	1978	736	0
1979	822	0	1979	781	0
1980	1057	0	1980	994	0
1981	1339	0	1981	1218	0
1982	1597	0	1982	1438	0
1983	1950	0	1983	1716	0
1984	2396	0	1984	2061	0
1985	3101	0	1985	2558	0
1986	3383	164	1986	2706	132
1987	4181	211	1987	3303	167
1988	4604	235	1988	3568	182
1989	5285	258	1989	4070	199
1990	6437	305	1990	5149	244
1991	7212	329	1991	5950	271
1992	7752	305	1992	6512	257
1993	8786	423	1993	7468	359
1994	9913	446	1994	8674	391
1995	11252	540	1995	9958	478
1996	11863	611	1996	10677	550
1997	12944	775	1997	11779	705
1998	13648	869	1998	12625	804
1999	14306	1128	1999	13448	1060
2000	14611	1315	2000	14027	1263
2001	13413	1292	2001	13011	1253
2002	12333	1269	2002	12024	1237
2003	11487	1269	2003	11257	1243
2004	10172	1151	2004	10172	1151
2005	8668	1057	2005	8668	1057
			2006	12651	5396

2007	Effectifs Essence	Effectifs Diesel	2008	Effectifs Essence	Effectifs Diesel
1928	38	0	1928	34	0
1933	38	0	1933	34	0
1952	75	0	1952	68	0
1953	75	0	1953	68	0
1954	94	0	1954	85	0
1957	113	0	1957	102	0
1959	75	0	1959	68	0
1962	113	0	1962	102	0
1966	188	0	1966	170	0
1967	266	0	1967	239	0
1968	303	0	1968	273	0
1970	360	0	1970	324	0
1972	360	0	1972	324	0
1973	415	0	1973	373	0
1974	405	0	1974	364	0
1975	624	0	1975	615	0
1976	533	0	1976	519	0
1977	700	0	1977	682	0
1978	707	0	1978	686	0
1979	742	0	1979	712	0
1980	944	0	1980	897	0
1981	1145	0	1981	1088	0
1982	1308	0	1982	1230	0
1983	1544	0	1983	1405	0
1984	1813	0	1984	1632	0
1985	2200	0	1985	1936	0
1986	2233	109	1986	1920	93
1987	2643	134	1987	2180	110
1988	2819	144	1988	2255	115
1989	3154	154	1989	2492	122
1990	3965	188	1990	3073	146
1991	4760	217	1991	3665	167
1992	5372	212	1992	4298	169
1993	6273	302	1993	5175	249
1994	7373	332	1994	6193	279
1995	8713	418	1995	7406	356
1996	9449	486	1996	8268	426
1997	10601	635	1997	9382	562
1998	11488	732	1998	10340	658
1999	12439	980	1999	11320	892
2000	13185	1187	2000	12196	1098
2001	12491	1203	2001	11741	1131
2002	11664	1200	2002	11197	1152
2003	10976	1212	2003	10647	1176
2004	9969	1128	2004	9719	1100
2005	8668	1057	2005	8495	1036
2006	12651	5396	2006	12651	5396
2007	11989	5772	2007	11989	5772
			2008	10050	4817

2009	Effectifs Essence	Effectifs Diesel	2010	Effectifs Essence	Effectifs Diesel
1928	31	0	1928	27	0
1933	31	0	1933	27	0
1952	61	0	1952	55	0
1953	61	0	1953	55	0
1954	76	0	1954	69	0
1957	92	0	1957	82	0
1959	61	0	1959	55	0
1962	92	0	1962	82	0
1966	153	0	1966	137	0
1967	215	0	1967	194	0
1968	246	0	1968	221	0
1970	292	0	1970	262	0
1972	292	0	1972	262	0
1973	336	0	1973	302	0
1974	328	0	1974	295	0
1975	553	0	1975	498	0
1976	512	0	1976	460	0
1977	665	0	1977	655	0
1978	669	0	1978	652	0
1979	691	0	1979	674	0
1980	861	0	1980	835	0
1981	1034	0	1981	992	0
1982	1168	0	1982	1110	0
1983	1321	0	1983	1255	0
1984	1485	0	1984	1396	0
1985	1742	0	1985	1586	0
1986	1690	82	1986	1521	74
1987	1875	95	1987	1650	83
1988	1861	95	1988	1600	82
1989	1993	97	1989	1645	80
1990	2428	115	1990	1942	92
1991	2840	130	1991	2244	102
1992	3309	130	1992	2565	101
1993	4140	199	1993	3188	153
1994	5109	230	1994	4088	184
1995	6221	299	1995	5133	246
1996	7028	362	1996	5903	304
1997	8209	492	1997	6978	418
1998	9151	583	1998	8007	510
1999	10188	803	1999	9016	711
2000	11099	999	2000	9989	899
2001	10861	1046	2001	9883	952
2002	10525	1083	2002	9736	1001
2003	10221	1129	2003	9608	1061
2004	9428	1067	2004	9051	1024
2005	8282	1010	2005	8034	980
2006	12398	5288	2006	12088	5156
2007	11989	5772	2007	11749	5657
2008	10050	4817	2008	10050	4817
2009	10680	4449	2009	10680	4449
			2010	11343	5109

2011	Effectifs Essence	Effectifs Diesel	2012	Effectifs Essence	Effectifs Diesel
1928	25	0	1928	22	0
1933	25	0	1933	22	0
1952	49	0	1952	44	0
1953	49	0	1953	44	0
1954	62	0	1954	56	0
1957	74	0	1957	67	0
1959	49	0	1959	44	0
1962	74	0	1962	67	0
1966	124	0	1966	111	0
1967	174	0	1967	157	0
1968	199	0	1968	179	0
1970	236	0	1970	213	0
1972	236	0	1972	213	0
1973	272	0	1973	245	0
1974	265	0	1974	239	0
1975	448	0	1975	403	0
1976	414	0	1976	373	0
1977	590	0	1977	531	0
1978	642	0	1978	578	0
1979	657	0	1979	647	0
1980	814	0	1980	794	0
1981	963	0	1981	939	0
1982	1065	0	1982	1034	0
1983	1192	0	1983	1144	0
1984	1326	0	1984	1260	0
1985	1490	0	1985	1416	0
1986	1384	67	1986	1301	63
1987	1485	75	1987	1351	68
1988	1408	72	1988	1267	65
1989	1414	69	1989	1245	61
1990	1602	76	1990	1378	65
1991	1795	82	1991	1481	68
1992	2026	80	1992	1621	64
1993	2471	119	1993	1952	94
1994	3147	142	1994	2439	110
1995	4106	197	1995	3162	152
1996	4870	251	1996	3896	201
1997	5861	351	1997	4836	290
1998	6806	433	1998	5717	364
1999	7889	622	1999	6706	529
2000	8840	796	2000	7735	696
2001	8895	857	2001	7872	758
2002	8860	911	2002	7974	820
2003	8887	981	2003	8087	893
2004	8508	963	2004	7870	890
2005	7712	940	2005	7250	884
2006	11725	5001	2006	11256	4801
2007	11455	5515	2007	11112	5350
2008	9849	4721	2008	9603	4603
2009	10680	4449	2009	10466	4360
2010	11157	5036	2010	11157	5036
2011	11125	5022	2011	11125	5022
			2012	11117	5018

2013	Effectifs Essence	Effectifs Diesel	2014	Effectifs Essence	Effectifs Diesel
1928	20	0	1928	18	0
1933	20	0	1933	18	0
1952	40	0	1952	36	0
1953	40	0	1953	36	0
1954	50	0	1954	45	0
1957	60	0	1957	54	0
1959	40	0	1959	36	0
1962	60	0	1962	54	0
1966	100	0	1966	90	0
1967	141	0	1967	127	0
1968	161	0	1968	145	0
1970	191	0	1970	172	0
1972	191	0	1972	172	0
1973	220	0	1973	198	0
1974	215	0	1974	193	0
1975	363	0	1975	327	0
1976	336	0	1976	302	0
1977	478	0	1977	430	0
1978	520	0	1978	468	0
1979	582	0	1979	524	0
1980	782	0	1980	704	0
1981	915	0	1981	901	0
1982	1008	0	1982	982	0
1983	1110	0	1983	1082	0
1984	1210	0	1984	1173	0
1985	1345	0	1985	1291	0
1986	1236	60	1986	1174	57
1987	1270	64	1987	1207	61
1988	1153	59	1988	1084	55
1989	1120	55	1989	1019	50
1990	1213	58	1990	1091	52
1991	1274	58	1991	1121	51
1992	1337	53	1992	1150	45
1993	1561	75	1993	1288	62
1994	1927	87	1994	1542	69
1995	2450	118	1995	1936	93
1996	3000	154	1996	2325	120
1997	3868	232	1997	2979	178
1998	4716	300	1998	3773	240
1999	5633	444	1999	4647	366
2000	6575	592	2000	5523	497
2001	6888	663	2001	5855	564
2002	7057	726	2002	6175	635
2003	7278	804	2003	6441	711
2004	7161	810	2004	6445	729
2005	6706	818	2005	6102	744
2006	10581	4513	2006	9787	4175
2007	10667	5136	2007	10027	4828
2008	9315	4465	2008	8942	4286
2009	10205	4251	2009	9899	4123
2010	10934	4935	2010	10661	4812
2011	11125	5022	2011	10903	4922
2012	11117	5018	2012	11117	5018
2013	11360	5127	2013	11360	5127
			2014	11169	5041

2015	Effectifs Essence	Effectifs Diesel	2004	5704	645
1928	16	0	2005	5492	670
1933	16	0	2006	8907	3799
1952	32	0	2007	9275	4465
1953	32	0	2008	8406	4029
1954	41	0	2009	9503	3959
1957	49	0	2010	10341	4668
1959	32	0	2011	10630	4799
1962	49	0	2012	10895	4918
1966	81	0	2013	11360	5127
1967	114	0	2014	11169	5041
1968	131	0	2015	11195	5053
1970	155	0			
1972	155	0			
1973	178	0			
1974	174	0			
1975	294	0			
1976	272	0			
1977	387	0			
1978	421	0			
1979	472	0			
1980	633	0			
1981	811	0			
1982	968	0			
1983	1055	0			
1984	1144	0			
1985	1253	0			
1986	1127	0			
1987	1146	58			
1988	1030	53			
1989	958	47			
1990	993	47			
1991	1009	46			
1992	1012	40			
1993	1108	53			
1994	1272	57			
1995	1549	74			
1996	1837	95			
1997	2308	138			
1998	2905	185			
1999	3718	293			
2000	4556	410			
2001	4918	474			
2002	5248	540			
2003	5636	622			

Annexe E: Evolution annuelle du parc VT vaudois (2005-2015)

2005	<i>Rapporté Essence</i>	<i>Rapporté Diesel</i>	2006	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>	2007	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>
1953	120	0	1953	108	0	1953	97	0
1954	120	0	1954	108	0	1954	97	0
1955	211	0	1955	190	0	1955	171	0
1956	211	0	1956	190	0	1956	171	0
1957	211	0	1957	190	0	1957	171	0
1958	181	0	1958	162	0	1958	146	0
1959	181	0	1959	162	0	1959	146	0
1960	150	0	1960	135	0	1960	122	0
1961	181	0	1961	162	0	1961	146	0
1962	241	0	1962	217	0	1962	195	0
1963	301	0	1963	271	0	1963	244	0
1964	331	0	1964	298	0	1964	268	0
1965	271	0	1965	244	0	1965	219	0
1966	301	0	1966	271	0	1966	244	0
1967	391	0	1967	352	0	1967	317	0
1968	511	0	1968	460	0	1968	414	0
1969	572	0	1969	514	0	1969	463	0
1970	632	0	1970	569	0	1970	512	0
1971	572	0	1971	514	0	1971	463	0
1972	542	0	1972	487	0	1972	439	0
1973	602	0	1973	593	0	1973	533	0
1974	632	0	1974	616	0	1974	607	0
1975	632	0	1975	616	0	1975	601	0
1976	812	0	1976	788	0	1976	768	0
1977	842	0	1977	809	0	1977	784	0
1978	692	0	1978	657	0	1978	631	0
1979	752	0	1979	714	0	1979	679	0
1980	812	0	1980	764	0	1980	725	0
1981	1113	0	1981	1013	0	1981	952	0
1982	1264	0	1982	1137	0	1982	1035	0
1983	1444	0	1983	1271	0	1983	1144	0
1984	1925	241	1984	1656	207	1984	1457	182
1985	2738	271	1985	2259	223	1985	1942	192
1986	3219	331	1986	2575	265	1986	2215	218
1987	4061	391	1987	3208	309	1987	2567	247
1988	5024	391	1988	3894	303	1988	3076	239
1989	6378	331	1989	4911	255	1989	3806	197
1990	8574	451	1990	6859	361	1990	5281	278
1991	9958	421	1991	8215	347	1991	6572	278
1992	11161	451	1992	9375	379	1992	7735	313
1993	13147	511	1993	11175	435	1993	9387	365
1994	14651	632	1994	12819	553	1994	10897	470
1995	16636	812	1995	14723	719	1995	12883	629
1996	18050	1023	1996	16245	921	1996	14377	815
1997	19103	1294	1997	17384	1177	1997	15645	1059
1998	19885	1775	1998	18394	1642	1998	16738	1494
1999	20668	2377	1999	19427	2234	1999	17970	2066
2000	20156	3008	2000	19350	2888	2000	18189	2715
2001	20524	3309	2001	19908	3210	2001	19112	3082
2002	21359	3685	2002	20825	3593	2002	20201	3485
2003	21145	4083	2003	20616	4001	2003	20101	3901
2004	21259	4462	2004	21259	4462	2004	20834	4373
2005	19855	4934	2005	19855	4934	2005	19855	4934
			2006	21587	9208	2006	21587	9208
						2007	22429	9613

2008	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>	2009	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>	2010	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>
1953	88	0	1953	79	0	1953	71	
1954	88	0	1954	79	0	1954	71	
1955	154	0	1955	138	0	1955	124	
1956	154	0	1956	138	0	1956	124	
1957	154	0	1957	138	0	1957	124	
1958	132	0	1958	118	0	1958	107	
1959	132	0	1959	118	0	1959	107	
1960	110	0	1960	99	0	1960	89	
1961	132	0	1961	118	0	1961	107	
1962	175	0	1962	158	0	1962	142	
1963	219	0	1963	197	0	1963	178	
1964	241	0	1964	217	0	1964	195	
1965	197	0	1965	178	0	1965	160	
1966	219	0	1966	197	0	1966	178	
1967	285	0	1967	257	0	1967	231	
1968	373	0	1968	336	0	1968	302	
1969	417	0	1969	375	0	1969	338	
1970	461	0	1970	414	0	1970	373	
1971	417	0	1971	375	0	1971	338	
1972	395	0	1972	355	0	1972	320	
1973	480	0	1973	432	0	1973	389	
1974	546	0	1974	491	0	1974	442	
1975	592	0	1975	532	0	1975	479	
1976	749	0	1976	738	0	1976	664	
1977	765	0	1977	746	0	1977	734	
1978	612	0	1978	597	0	1978	582	
1979	652	0	1979	632	0	1979	616	
1980	689	0	1980	662	0	1980	642	
1981	905	0	1981	859	0	1981	825	
1982	973	0	1982	924	0	1982	878	
1983	1041	0	1983	978	0	1983	929	
1984	1311	164	1984	1193	149	1984	1122	140
1985	1709	169	1985	1538	152	1985	1400	138
1986	1905	188	1986	1676	165	1986	1508	149
1987	2118	204	1987	1821	175	1987	1603	154
1988	2461	192	1988	2030	158	1988	1746	136
1989	3007	156	1989	2405	125	1989	1984	103
1990	4093	215	1990	3234	170	1990	2587	136
1991	5061	214	1991	3922	166	1991	3098	131
1992	6188	250	1992	4765	193	1992	3693	149
1993	7744	301	1993	6195	241	1993	4770	186
1994	9153	395	1994	7551	326	1994	6041	260
1995	10950	535	1995	9198	449	1995	7589	371
1996	12580	713	1996	10693	606	1996	8982	509
1997	13846	938	1997	12115	820	1997	10298	697
1998	15065	1345	1998	13332	1190	1998	11666	1041
1999	16353	1880	1999	14718	1692	1999	13025	1498
2000	16825	2511	2000	15310	2285	2000	13779	2057
2001	17965	2897	2001	16618	2679	2001	15122	131
2002	19393	3346	2002	18229	3145	2002	16862	2909
2003	19498	3784	2003	18718	3633	2003	17595	3415
2004	20313	4264	2004	19704	4136	2004	18916	3970
2005	19458	4835	2005	18972	4714	2005	18403	4573
2006	22142	8653	2006	21699	8480	2006	21156	8268
2007	22429	9613	2007	22429	9613	2007	21981	9420
2008	20696	9965	2008	20696	9965	2008	20696	9965
			2009	23407	9747	2009	24808	10331
						2010	25233	11390

2011	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>	2012	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>	2013	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>
1953	64	0	1953	58	0	1953	52	0
1954	64	0	1954	58	0	1954	52	0
1955	112	0	1955	101	0	1955	91	0
1956	112	0	1956	101	0	1956	91	0
1957	112	0	1957	101	0	1957	91	0
1958	96	0	1958	86	0	1958	78	0
1959	96	0	1959	86	0	1959	78	0
1960	80	0	1960	72	0	1960	65	0
1961	96	0	1961	86	0	1961	78	0
1962	128	0	1962	115	0	1962	104	0
1963	160	0	1963	144	0	1963	130	0
1964	176	0	1964	158	0	1964	142	0
1965	144	0	1965	130	0	1965	117	0
1966	160	0	1966	144	0	1966	130	0
1967	208	0	1967	187	0	1967	168	0
1968	272	0	1968	245	0	1968	220	0
1969	304	0	1969	273	0	1969	246	0
1970	336	0	1970	302	0	1970	272	0
1971	304	0	1971	273	0	1971	246	0
1972	288	0	1972	259	0	1972	233	0
1973	350	0	1973	315	0	1973	283	0
1974	398	0	1974	358	0	1974	322	0
1975	431	0	1975	388	0	1975	349	0
1976	598	0	1976	538	0	1976	484	0
1977	661	0	1977	595	0	1977	535	0
1978	573	0	1978	516	0	1978	464	0
1979	601	0	1979	592	0	1979	533	0
1980	626	0	1980	610	0	1980	601	0
1981	800	0	1981	780	0	1981	761	0
1982	843	0	1982	817	0	1982	797	0
1983	883	0	1983	848	0	1983	822	0
1984	1066	133	1984	1012	127	1984	972	121
1985	1316	130	1985	1250	124	1985	1188	117
1986	1373	135	1986	1290	127	1986	1226	121
1987	1442	139	1987	1313	126	1987	1234	119
1988	1536	120	1988	1383	108	1988	1258	98
1989	1707	89	1989	1502	78	1989	1352	70
1990	2134	112	1990	1835	97	1990	1615	85
1991	2479	105	1991	2045	86	1991	1759	74
1992	2917	118	1992	2334	94	1992	1925	78
1993	3697	144	1993	2921	114	1993	2336	91
1994	4652	201	1994	3605	155	1994	2848	123
1995	6071	296	1995	4675	228	1995	3623	177
1996	7410	420	1996	5928	336	1996	4565	259
1997	8650	586	1997	7137	483	1997	5709	387
1998	9916	885	1998	8329	743	1998	6872	613
1999	11397	1311	1999	9688	1114	1999	8138	936
2000	12195	1820	2000	10670	1593	2000	9070	1354
2001	13610	118	2001	12045	104	2001	10539	91
2002	15344	2647	2002	13810	2383	2002	12222	2109
2003	16275	3159	2003	14810	2874	2003	13329	2587
2004	17781	3732	2004	16447	3452	2004	14967	3142
2005	17666	4390	2005	16606	4126	2005	15361	3817
2006	20522	8020	2006	19701	7700	2006	18519	7238
2007	21431	9185	2007	20788	8909	2007	19957	8553
2008	20282	9766	2008	19775	9521	2008	19182	9236
2009	24808	10331	2009	24311	10124	2009	23704	9871
2010	25233	11390	2010	25233	11390	2010	24729	11162
2011	25233	11390	2011	25233	11390	2011	25233	11390
			2012	25233	11390	2012	25233	11390
						2013	25233	11390

2014	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>	2015	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>
1953	47	0	1953	42	0
1954	47	0	1954	42	0
1955	82	0	1955	73	0
1956	82	0	1956	73	0
1957	82	0	1957	73	0
1958	70	0	1958	63	0
1959	70	0	1959	63	0
1960	58	0	1960	52	0
1961	70	0	1961	63	0
1962	93	0	1962	84	0
1963	117	0	1963	105	0
1964	128	0	1964	115	0
1965	105	0	1965	94	0
1966	117	0	1966	105	0
1967	152	0	1967	136	0
1968	198	0	1968	178	0
1969	221	0	1969	199	0
1970	245	0	1970	220	0
1971	221	0	1971	199	0
1972	210	0	1972	189	0
1973	255	0	1973	230	0
1974	290	0	1974	261	0
1975	314	0	1975	283	0
1976	436	0	1976	392	0
1977	482	0	1977	434	0
1978	418	0	1978	376	0
1979	479	0	1979	431	0
1980	541	0	1980	487	0
1981	749	0	1981	674	0
1982	777	0	1982	765	0
1983	802	0	1983	782	0
1984	943	118	1984	919	115
1985	1140	113	1985	1106	109
1986	1165	115	1986	1118	110
1987	1172	113	1987	1113	107
1988	1183	92	1988	1124	87
1989	1230	64	1989	1156	60
1990	1454	77	1990	1323	70
1991	1548	65	1991	1393	59
1992	1656	67	1992	1457	59
1993	1928	75	1993	1658	64
1994	2278	98	1994	1880	81
1995	2862	140	1995	2290	112
1996	3538	200	1996	2795	158
1997	4396	298	1997	3407	231
1998	5497	491	1998	4233	378
1999	6713	772	1999	5371	618
2000	7619	1137	2000	6285	938
2001	8958	78	2001	7525	65
2002	10694	1845	2002	9090	1568
2003	11796	2289	2003	10322	2003
2004	13470	2827	2004	11921	2502
2005	13978	3473	2005	12581	3126
2006	17130	6695	2006	15588	6092
2007	18759	8040	2007	17352	7437
2008	6499	3129	2008	6109	2942
2009	22993	9575	2009	22073	9192
2010	23498	9682	2010	22793	9392
2011	21931	9036	2011	21383	8810
2012	25233	11390	2012	24729	11162
2013	25233	11390	2013	25233	11390
2014	25233	11390	2014	25233	11390
			2015	25233	11390

Annexe F: modélisation du parc VT français

<i>Année</i>	<i>Nouvelles Immatriculations</i>	<i>Part diesel</i>	<i>Effectifs Essence</i>	<i>Effectifs Diesel</i>	<i>Année</i>	<i>P.Survie</i>	<i>Total</i>	<i>Essence</i>	<i>Diesel</i>
1980	1873000	0.447	1036555	836445	1980	0.04	74920	41462	33458
1981	1650000	0.507	813000	837000	1981	0.04	66000	32520	33480
1982	2050000	0.408	1213000	837000	1982	0.04	82000	48520	33480
1983	2000000	0.419	1163000	837000	1983	0.04	80000	46520	33480
1984	1750000	0.478	913000	837000	1984	0.04	70000	36520	33480
1985	1766000	0.474	929620	836380	1985	0.04	70640	37185	33455
1986	1878000	0.446	929620	837000	1986	0.04	75120	37185	33480
1987	2100000	0.399	1263000	837000	1987	0.04	84000	50520	33480
1988	2220000	0.377	1383000	837000	1988	0.04	88800	55320	33480
1989	2250000	0.372	1413000	837000	1989	0.042	94500	59346	35154
1990	2309000	0.362	1472512	836488	1990	0.045	103905	66263	37642
1991	2133000	0.392	1472512	837000	1991	0.049	104517	72153	41013
1992	2151000	0.389	1296000	837000	1992	0.051	109701	66096	42687
1993	2178000	0.384	1314000	837000	1993	0.055	119790	72270	46035
1994	2214000	0.378	1341000	837000	1994	0.062	137268	83142	51894
1995	2225000	0.376	1377000	837000	1995	0.09	200250	123930	75330
1996	2132000	0.392	1295501	836499	1996	0.112	238784	145096	93688
1997	1713000	0.418	996878	716122	1997	0.14	239820	139563	100257
1998	1944000	0.402	1162837	781163	1998	0.185	359640	215125	144515
1999	2148000	0.441	1200698	947302	1999	0.232	498336	278562	219774
2000	2134000	0.490	1087458	1046542	2000	0.295	629530	320800	308730
2001	2255000	0.562	987088	1267912	2001	0.35	789250	345481	443769
2002	2145000	0.632	790112	1354888	2002	0.422	905190	333427	571763
2003	2009000	0.674	655252	1353748	2003	0.49	984410	321073	663337
2004	2014000	0.692	620874	1393126	2004	0.562	1131868	348931	782937
2005	2068000	0.691	638817	1429183	2005	0.635	1313180	405649	907531
2006	2001000	0.714	572981	1428019	2006	0.71	1420710	406817	1013893
2007	2065000	0.739	539223	1525777	2007	0.75	1548750	404418	1144332
2008	2050000	0.773	465781	1584219	2008	0.825	1691250	384269	1306981
2009	2090534	0.704	2268671	1471736	2009	0.875	1985087	587068	1398019
2010	2090534	0.724	576815	1513719	2010	0.919	1921201	530093	1391108
2011	2090534	0.731	563023	1527511	2011	0.945	1975555	532057	1443498
2012	2090534	0.734	555904	1534631	2012	0.97	2027818	539226	1488592
2013	2090534	0.733	557906	1532628	2013	0.99	2069629	552327	1517302
2014	2090534	0.725	574489	1516045	2014	1	2090534	574489	1516045
2015	2090534	0.729	565627	1524907	2015	1	2090534	565627	1524907

Annexe G: modélisation des parcs VL et PLM

G 1: Voitures de livraison (VL)

Voitures de Livraison		<i>Parc 2015 modélisé</i>					
Année	Nouvelles Immatriculations	Nouveaux Diesel	Nouveaux Essence	Part diesel annuelle	Psurvie	Essence	Diesel
1987	836	330	506	0.39	0.035	18	12
1988	836	330	506	0.39	0.035	18	12
1989	836	330	506	0.39	0.04	20	13
1990	831	328	503	0.39	0.04	20	13
1991	831	331	500	0.40	0.05	25	17
1992	824	330	494	0.40	0.065	32	21
1993	849	342	507	0.40	0.07	35	24
1994	887	361	526	0.41	0.075	39	27
1995	762	312	450	0.41	0.09	41	28
1996	833	347	486	0.42	0.11	53	38
1997	789	339	450	0.43	0.14	63	47
1998	974	433	541	0.44	0.18	97	78
1999	1078	501	577	0.46	0.225	130	113
2000	1245	606	639	0.49	0.295	188	179
2001	1238	641	597	0.52	0.355	212	227
2002	1080	588	492	0.54	0.42	207	247
2003	942	537	405	0.57	0.499	202	268
2004	952	568	384	0.60	0.56	215	318
2005	1037	830	207	0.8	0.63	131	523
2006	1095	876	219	0.8	0.705	154	618
2007	1289	1031	258	0.8	0.75	193	773
2008	1277	1022	255	0.8	0.825	211	843
2009	1130	904	226	0.8	0.875	198	791
2010	1166	932	233	0.8	0.92	214	858
2011	1191	953	238	0.8	0.94	224	896
2012	1211	968	242	0.8	0.96	232	930
2013	1195	956	239	0.8	1	239	956
2014	1178	943	236	0.8	1	236	943
2015	1178	943	236	0.8	1	236	943

G 2: Modélisation du parc poids lourds marchandises (PLM) en 2015

Année	Nouvelles immatriculations	P. Survie	Effectifs 2015
1987	2753	0.035	96
1988	2549	0.035	89
1989	2413	0.04	97
1990	4104	0.04	164
1991	2641	0.05	132
1992	2057	0.065	134
1993	1530	0.07	107
1994	1733	0.075	130
1995	2476	0.09	223
1996	2650	0.11	292
1997	2634	0.14	369
1998	3033	0.18	546
1999	2996	0.225	674
2000	3678	0.295	1085
2001	4645	0.355	1649
2002	2745	0.42	1153
2003	2367	0.499	1181
2004	2653	0.56	1486
2005	2844	0.63	1792
2006	3307	0.705	2331
2007	3186	0.75	2390
2008	3568	0.825	2944
2009	3325	0.875	2909
2010	3246	0.92	2986
2011	3326	0.94	3127
2012	3330	0.96	3197
2013	3307	1	3307
2014	3307	1	3307
2015	3303	1	3303

Annexe H: Emissions de NO_x (g) et de PM (mg) par zones

H 1: Périmètre B

Genève							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	189488	728049	295878	ECE 15.02	314764	2832877	314764
ECE 15.03	34127	112620	40953	ECE 15.03	68255	614293	68255
OGE 82	154605	596062	242769	OGE 82	638866	5749791	638866
OGE 86	5234	22807	9970	OGE 86	41543	373884	41543
OEV 1-1/ 1-2	833322	1147341	440076	OEV 1-1/ 1-2	8169827	19093438	3549000
Euro 2	1017414	1219696	555727	Euro 2	31794191	34356687	5557270
Euro 3	1743047	1446868	541933	Euro 3	107595468	95866317	18064422
Euro 4	812099	1830552	681631	Euro 4	66565518	322177107	42601931
Euro 5	1239924	2960697	1161295	Euro 5	151210243	731857577	96774556
Euro 6	52521	125411	49191	Euro 6	6405052	31000454	4099234
Diesel							
OEV 1-1	1	38	31	OEV 1-1	7	1161	247
OEV 1-2	36	1958	1589	OEV 1-2	356	60163	12816
Euro 2	3213	14243	25369	Euro 2	31500	147420	204592
Euro 3	17061	70521	91531	Euro 3	339870	1274419	915305
Euro 4	78181	1275308	1727766	Euro 4	2159708	53992700	34555328
Euro 5	79850	1974059	2839097	Euro 5	4928987	123224680	78863795
Euro 6	3341	41756	53448	Euro 6	208782	5219550	3340512
Agglo Nord							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	4586	17620	7161	ECE 15.02	7618	68559	7618
ECE 15.03	826	2726	991	ECE 15.03	1652	14867	1652
OGE 82	3742	14425	5875	OGE 82	15461	139152	15461
OGE 86	127	552	241	OGE 86	1005	9048	1005
OEV 1-1/ 1-2	20167	27767	10650	OEV 1-1/ 1-2	197719	462083	85890
Euro 2	24623	29518	13449	Euro 2	769456	831472	134492
Euro 3	42184	35016	13115	Euro 3	2603935	2320076	437180
Euro 4	19654	44301	16496	Euro 4	1610963	7797059	1031016
Euro 5	30008	71652	28105	Euro 5	3659463	17711801	2342056
Euro 6	1271	3035	1190	Euro 6	155010	750247	99206
Diesel							
OEV 1-1	0	1	1	OEV 1-1	0	28	6
OEV 1-2	1	47	38	OEV 1-2	9	1456	310
Euro 2	78	345	614	Euro 2	762	3568	4951
Euro 3	413	1707	2215	Euro 3	8225	30842	22151
Euro 4	1892	30864	41814	Euro 4	52267	1306686	836279
Euro 5	1932	47775	68709	Euro 5	119287	2982180	1908595
Euro 6	81	1011	1294	Euro 6	5053	126319	80844

Agglo Sud							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	7032	27019	10980	ECE 15.02	11681	105132	11681
ECE 15.03	1267	4180	1520	ECE 15.03	2533	22797	2533
OGE 82	5738	22121	9009	OGE 82	23709	213383	23709
OGE 86	194	846	370	OGE 86	1542	13875	1542
OEV 1-1/ 1-2	30926	42579	16332	OEV 1-1/ 1-2	303194	708584	131708
Euro 2	37758	45265	20624	Euro 2	1179927	1275025	206238
Euro 3	64687	53695	20112	Euro 3	3993018	3557733	670396
Euro 4	30138	67934	25296	Euro 4	2470339	11956442	1581017
Euro 5	46015	109876	43097	Euro 5	5611623	27160256	3591439
Euro 6	1949	4654	1826	Euro 6	237700	1150470	152128
Diesel							
OEV 1-1	0	1	1	OEV 1-1	0	43	9
OEV 1-2	1	73	59	OEV 1-2	13	2233	476
Euro 2	119	529	941	Euro 2	1169	5471	7593
Euro 3	633	2617	3397	Euro 3	12613	47295	33968
Euro 4	2901	47328	64120	Euro 4	80150	2003744	1282396
Euro 5	2963	73260	105363	Euro 5	182922	4573040	2926746
Euro 6	124	1550	1984	Euro 6	7748	193705	123971
Trois-Chêne							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	1954	7507	3051	ECE 15.02	3245	29209	3245
ECE 15.03	352	1161	422	ECE 15.03	704	6334	704
OGE 82	1594	6146	2503	OGE 82	6587	59284	6587
OGE 86	54	235	103	OGE 86	428	3855	428
OEV 1-1/ 1-2	8592	11830	4537	OEV 1-1/ 1-2	84236	196865	36592
Euro 2	10490	12576	5730	Euro 2	327818	354239	57299
Euro 3	17972	14918	5588	Euro 3	1109377	988442	186256
Euro 4	8373	18874	7028	Euro 4	686332	3321848	439253
Euro 5	12784	30527	11974	Euro 5	1559073	7545911	997806
Euro 6	542	1293	507	Euro 6	66040	319634	42266
Diesel							
OEV 1-1	0	0	0	OEV 1-1	0	12	3
OEV 1-2	0	20	16	OEV 1-2	4	620	132
Euro 2	33	147	262	Euro 2	325	1520	2109
Euro 3	176	727	944	Euro 3	3504	13140	9437
Euro 4	806	13149	17814	Euro 4	22268	556699	356287
Euro 5	823	20354	29273	Euro 5	50821	1270524	813135
Euro 6	34	431	551	Euro 6	2153	53817	34443

Agglo Est							
Emissions NO _x				Emissions PM			
Essence	<1.4	1.4-2.0	2.0<	Essence	<1.4	1.4-2.0	2.0<
ECE 15.02	5345	20538	8347	ECE 15.02	8880	79916	8880
ECE 15.03	963	3177	1155	ECE 15.03	1925	17329	1925
OGE 82	4361	16815	6849	OGE 82	18022	162202	18022
OGE 86	148	643	281	OGE 86	1172	10547	1172
OEV 1-1/ 1-2	23508	32367	12415	OEV 1-1/ 1-2	230471	538627	100117
Euro 2	28701	34408	15677	Euro 2	896916	969204	156771
Euro 3	49171	40816	15288	Euro 3	3035273	2704393	509598
Euro 4	22909	51640	19229	Euro 4	1877816	9088630	1201802
Euro 5	34978	83521	32760	Euro 5	4265648	20645735	2730015
Euro 6	1482	3538	1388	Euro 6	180687	874524	115640
Diesel							
Diesel	<1.4	1.4-2.0	2.0<	Diesel	<1.4	1.4-2.0	2.0<
OEV 1-1	0	1	1	OEV 1-1	0	33	7
OEV 1-2	1	55	45	OEV 1-2	10	1697	362
Euro 2	91	402	716	Euro 2	889	4159	5772
Euro 3	481	1989	2582	Euro 3	9588	35951	25821
Euro 4	2206	35976	48740	Euro 4	60925	1523136	974807
Euro 5	2253	55688	80091	Euro 5	139047	3476174	2224751
Euro 6	94	1178	1508	Euro 6	5890	147244	94236
Champagne-Mandemant							
Emissions NO _x				Emissions PM			
Essence	<1.4	1.4-2.0	2.0<	Essence	<1.4	1.4-2.0	2.0<
ECE 15.02	5275	20267	8236	ECE 15.02	8762	78859	8762
ECE 15.03	950	3135	1140	ECE 15.03	1900	17100	1900
OGE 82	4304	16593	6758	OGE 82	17784	160058	17784
OGE 86	146	635	278	OGE 86	1156	10408	1156
OEV 1-1/ 1-2	23197	31939	12250	OEV 1-1/ 1-2	227425	531508	98794
Euro 2	28322	33953	15470	Euro 2	885062	956395	154699
Euro 3	48522	40277	15086	Euro 3	2995159	2668652	502863
Euro 4	22607	50957	18975	Euro 4	1852999	8968516	1185920
Euro 5	34516	82418	32327	Euro 5	4209273	20372883	2693935
Euro 6	1462	3491	1369	Euro 6	178299	862967	114111
Diesel							
Diesel	<1.4	1.4-2.0	2.0<	Diesel	<1.4	1.4-2.0	2.0<
OEV 1-1	0	1	1	OEV 1-1	0	32	7
OEV 1-2	1	54	44	OEV 1-2	10	1675	357
Euro 2	89	396	706	Euro 2	877	4104	5695
Euro 3	475	1963	2548	Euro 3	9461	35476	25480
Euro 4	2176	35501	48096	Euro 4	60120	1503007	961924
Euro 5	2223	54952	79033	Euro 5	137209	3430233	2195349
Euro 6	93	1162	1488	Euro 6	5812	145298	92991

Genève-Nord - Terre-Sainte							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	201	771	313	ECE 15.02	333	3001	333
ECE 15.03	36	119	43	ECE 15.03	72	651	72
OGE 82	164	631	257	OGE 82	677	6091	677
OGE 86	6	24	11	OGE 86	44	396	44
OEV 1-1/ 1-2	883	1216	466	OEV 1-1/ 1-2	8655	20228	3760
Euro 2	1078	1292	589	Euro 2	33684	36398	5888
Euro 3	1847	1533	574	Euro 3	113989	101563	19138
Euro 4	860	1939	722	Euro 4	70521	341323	45134
Euro 5	1314	3137	1230	Euro 5	160196	775349	102526
Euro 6	56	133	52	Euro 6	6786	32843	4343
<i>Diesel</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Diesel</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
OEV 1-1	0	0	0	OEV 1-1	0	1	0
OEV 1-2	0	2	2	OEV 1-2	0	64	14
Euro 2	3	15	27	Euro 2	33	156	217
Euro 3	18	75	97	Euro 3	360	1350	970
Euro 4	83	1351	1830	Euro 4	2288	57201	36609
Euro 5	85	2091	3008	Euro 5	5222	130547	83550
Euro 6	4	44	57	Euro 6	221	5530	3539
Nyon							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	595	2284	928	ECE 15.02	988	8889	988
ECE 15.03	107	353	129	ECE 15.03	214	1928	214
OGE 82	485	1870	762	OGE 82	2005	18042	2005
OGE 86	16	72	31	OGE 86	130	1173	130
OEV 1-1/ 1-2	2615	3600	1381	OEV 1-1/ 1-2	25635	59911	11136
Euro 2	3192	3827	1744	Euro 2	99763	107804	17438
Euro 3	5469	4540	1700	Euro 3	337612	300808	56682
Euro 4	2548	5744	2139	Euro 4	208869	1010924	133676
Euro 5	3891	9290	3644	Euro 5	474466	2296415	303658
Euro 6	165	394	154	Euro 6	20098	97273	12863
<i>Diesel</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Diesel</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
OEV 1-1	0	0	0	OEV 1-1	0	4	1
OEV 1-2	0	6	5	OEV 1-2	1	189	40
Euro 2	10	45	80	Euro 2	99	463	642
Euro 3	54	221	287	Euro 3	1066	3999	2872
Euro 4	245	4002	5421	Euro 4	6777	169418	108427
Euro 5	251	6194	8908	Euro 5	15466	386653	247458
Euro 6	10	131	168	Euro 6	655	16378	10482

H 2 : périmètre A

Genève ville							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	348625	1339484	544364	ECE 15.02	579111	5212000	579111
ECE 15.03	62788	207202	75346	ECE 15.03	125577	1130193	125577
OGE 82	284447	1096650	446653	OGE 82	1175402	10578615	1175402
OGE 86	9630	41961	18344	OGE 86	76431	687882	76431
OEV 1-1/ 1-2	1533168	2110909	809663	OEV 1-1/ 1-2	15031060	35128605	6529544
Euro 2	1871865	2244028	1022441	Euro 2	58495783	63210330	10224411
Euro 3	3206903	2661985	997062	Euro 3	197956948	176377350	33235395
Euro 4	1494122	3367897	1254082	Euro 4	122468976	592749844	78380145
Euro 5	2281245	5447167	2136580	Euro 5	278200549	1346490658	178048352
Euro 6	96630	230734	90503	Euro 6	11784183	57035444	7541877
Diesel							
OEV 1-1	1	69	56	OEV 1-1	13	2136	455
OEV 1-2	67	3602	2924	OEV 1-2	655	110690	23579
Euro 2	5911	26204	46675	Euro 2	57955	271227	376413
Euro 3	31390	129746	168400	Euro 3	625302	2344708	1684003
Euro 4	143840	2346344	3178790	Euro 4	3973487	99337178	63575794
Euro 5	146909	3631926	5223444	Euro 5	9068479	226711980	145095668
Euro 6	6146	76825	98335	Euro 6	384123	9603065	6145961
Agglo Nord							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	8984	34518	14028	ECE 15.02	14923	134311	14923
ECE 15.03	1618	5340	1942	ECE 15.03	3236	29125	3236
OGE 82	7330	28260	11510	OGE 82	30290	272607	30290
OGE 86	248	1081	473	OGE 86	1970	17726	1970
OEV 1-1/ 1-2	39509	54397	20865	OEV 1-1/ 1-2	387345	905252	168264
Euro 2	48237	57828	26348	Euro 2	1507416	1628908	263479
Euro 3	82641	68598	25694	Euro 3	5101281	4545182	856464
Euro 4	38503	86790	32317	Euro 4	3155983	15274955	2019829
Euro 5	58787	140372	55059	Euro 5	7169130	34698591	4588243
Euro 6	2490	5946	2332	Euro 6	303674	1469783	194352
Diesel							
OEV 1-1	0	2	1	OEV 1-1	0	55	12
OEV 1-2	2	93	75	OEV 1-2	17	2852	608
Euro 2	152	675	1203	Euro 2	1493	6989	9700
Euro 3	809	3344	4340	Euro 3	16114	60422	43396
Euro 4	3707	60464	81916	Euro 4	102395	2559884	1638326
Euro 5	3786	93593	134606	Euro 5	233692	5842288	3739064
Euro 6	158	1980	2534	Euro 6	9899	247468	158379

Agglo Sud							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	30092	115618	46987	ECE 15.02	49986	449874	49986
ECE 15.03	5420	17885	6504	ECE 15.03	10839	97553	10839
OGE 82	24552	94657	38553	OGE 82	101455	913094	101455
OGE 86	831	3622	1583	OGE 86	6597	59375	6597
OEV 1-1/ 1-2	132335	182203	69886	OEV 1-1/ 1-2	1297407	3032128	563598
Euro 2	161570	193693	88252	Euro 2	5049067	5456003	882521
Euro 3	276804	229769	86061	Euro 3	17086666	15224022	2868715
Euro 4	128965	290700	108246	Euro 4	10570917	51163239	6765387
Euro 5	196906	470173	184419	Euro 5	24012897	116222424	15368254
Euro 6	8341	19916	7812	Euro 6	1017152	4923018	650978
Diesel							
OEV 1-1	0	6	5	OEV 1-1	1	184	39
OEV 1-2	6	311	252	OEV 1-2	57	9554	2035
Euro 2	510	2262	4029	Euro 2	5002	23411	32490
Euro 3	2709	11199	14535	Euro 3	53973	202384	145355
Euro 4	12416	202525	274377	Euro 4	342972	8574295	5487549
Euro 5	12680	313490	450862	Euro 5	782746	19568658	12523941
Euro 6	530	6631	8488	Euro 6	33156	828889	530489
Trois-Chêne							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	2310	8877	3608	ECE 15.02	3838	34542	3838
ECE 15.03	416	1373	499	ECE 15.03	832	7490	832
OGE 82	1885	7268	2960	OGE 82	7790	70109	7790
OGE 86	64	278	122	OGE 86	507	4559	507
OEV 1-1/ 1-2	10161	13990	5366	OEV 1-1/ 1-2	99617	232812	43274
Euro 2	12406	14872	6776	Euro 2	387676	418922	67762
Euro 3	21254	17642	6608	Euro 3	1311945	1168928	220265
Euro 4	9902	22320	8311	Euro 4	811654	3928406	519459
Euro 5	15119	36101	14160	Euro 5	1843754	8923768	1180002
Euro 6	640	1529	600	Euro 6	78099	377998	49983
Diesel							
OEV 1-1	0	0	0	OEV 1-1	0	14	3
OEV 1-2	0	24	19	OEV 1-2	4	734	156
Euro 2	39	174	309	Euro 2	384	1798	2495
Euro 3	208	860	1116	Euro 3	4144	15539	11161
Euro 4	953	15550	21067	Euro 4	26334	658350	421344
Euro 5	974	24070	34618	Euro 5	60101	1502517	961611
Euro 6	41	509	652	Euro 6	2546	63644	40732

Agglo Est							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	1617	6212	2524	ECE 15.02	2686	24170	2686
ECE 15.03	291	961	349	ECE 15.03	582	5241	582
OGE 82	1319	5086	2071	OGE 82	5451	49057	5451
OGE 86	45	195	85	OGE 86	354	3190	354
OEV 1-1/ 1-2	7110	9789	3755	OEV 1-1/ 1-2	69705	162905	30280
Euro 2	8681	10406	4741	Euro 2	271268	293132	47415
Euro 3	14872	12345	4624	Euro 3	918005	817932	154126
Euro 4	6929	15618	5816	Euro 4	567937	2748817	363480
Euro 5	10579	25261	9908	Euro 5	1290127	6244214	825681
Euro 6	448	1070	420	Euro 6	54648	264496	34975
Diesel							
OEV 1-1	0	0	0	OEV 1-1	0	10	2
OEV 1-2	0	17	14	OEV 1-2	3	513	109
Euro 2	27	122	216	Euro 2	269	1258	1746
Euro 3	146	602	781	Euro 3	2900	10873	7809
Euro 4	667	10881	14741	Euro 4	18427	460666	294826
Euro 5	681	16843	24223	Euro 5	42054	1051354	672866
Euro 6	29	356	456	Euro 6	1781	44533	28501
Champagne-Mandement							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	1310	5033	2045	ECE 15.02	2176	19582	2176
ECE 15.03	236	778	283	ECE 15.03	472	4246	472
OGE 82	1069	4120	1678	OGE 82	4416	39745	4416
OGE 86	36	158	69	OGE 86	287	2584	287
OEV 1-1/ 1-2	5760	7931	3042	OEV 1-1/ 1-2	56473	131982	24532
Euro 2	7033	8431	3841	Euro 2	219775	237488	38414
Euro 3	12049	10001	3746	Euro 3	743745	662669	124869
Euro 4	5614	12654	4712	Euro 4	460129	2227024	294483
Euro 5	8571	20466	8027	Euro 5	1045229	5058909	668947
Euro 6	363	867	340	Euro 6	44274	214288	28336
Diesel							
OEV 1-1	0	0	0	OEV 1-1	0	8	2
OEV 1-2	0	14	11	OEV 1-2	2	416	89
Euro 2	22	98	175	Euro 2	218	1019	1414
Euro 3	118	487	633	Euro 3	2349	8809	6327
Euro 4	540	8815	11943	Euro 4	14929	373220	238861
Euro 5	552	13646	19625	Euro 5	34071	851781	545140
Euro 6	23	289	369	Euro 6	1443	36080	23091

Genève-Nord - Terre-Sainte							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	202	777	316	ECE 15.02	336	3024	336
ECE 15.03	36	120	44	ECE 15.03	73	656	73
OGE 82	165	636	259	OGE 82	682	6138	682
OGE 86	6	24	11	OGE 86	44	399	44
OEV 1-1/ 1-2	890	1225	470	OEV 1-1/ 1-2	8721	20382	3788
Euro 2	1086	1302	593	Euro 2	33940	36675	5932
Euro 3	1861	1545	579	Euro 3	114856	102335	19283
Euro 4	867	1954	728	Euro 4	71057	343918	45477
Euro 5	1324	3160	1240	Euro 5	161414	781244	103305
Euro 6	56	134	53	Euro 6	6837	33092	4376
Diesel							
OEV 1-1	0	0	0	OEV 1-1	0	1	0
OEV 1-2	0	2	2	OEV 1-2	0	64	14
Euro 2	3	15	27	Euro 2	34	157	218
Euro 3	18	75	98	Euro 3	363	1360	977
Euro 4	83	1361	1844	Euro 4	2305	57636	36887
Euro 5	85	2107	3031	Euro 5	5262	131540	84186
Euro 6	4	45	57	Euro 6	223	5572	3566
Nyon							
Emissions NO _x				Emissions PM			
<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>	<i>Essence</i>	<i><1.4</i>	<i>1.4-2.0</i>	<i>2.0<</i>
ECE 15.02	125	481	196	ECE 15.02	208	1872	208
ECE 15.03	23	74	27	ECE 15.03	45	406	45
OGE 82	102	394	160	OGE 82	422	3800	422
OGE 86	3	15	7	OGE 86	27	247	27
OEV 1-1/ 1-2	551	758	291	OEV 1-1/ 1-2	5399	12618	2345
Euro 2	672	806	367	Euro 2	21011	22705	3673
Euro 3	1152	956	358	Euro 3	71104	63353	11938
Euro 4	537	1210	450	Euro 4	43990	212910	28153
Euro 5	819	1957	767	Euro 5	99927	483647	63953
Euro 6	35	83	33	Euro 6	4233	20487	2709
Diesel							
OEV 1-1	0	0	0	OEV 1-1	0	1	0
OEV 1-2	0	1	1	OEV 1-2	0	40	8
Euro 2	2	9	17	Euro 2	21	97	135
Euro 3	11	47	60	Euro 3	225	842	605
Euro 4	52	843	1142	Euro 4	1427	35681	22836
Euro 5	53	1305	1876	Euro 5	3257	81433	52117
Euro 6	2	28	35	Euro 6	138	3449	2208

Annexe I: Emissions VT frontalières

Périmètre B							
Emissions NO _x (g)				Emissions PM (mg)			
Essence	<1.4	1.4-2.1	>2.1	Essence	<1.4	1.4-2.1	>2.1
Euro 2	754261.5	918036.085	405340.187	Euro 2	23570671.9	26497137	4053401.87
Euro 3	1068609.46	894519.002	338420.549	Euro 3	65963546.7	59294763.8	11280685
Euro 4	289553.568	652682.223	243035.126	Euro 4	23733899	114872071	15189695.4
Euro 5	455868.005	1088523.85	426959.302	Euro 5	55593659.2	269073310	35579941.9
Euro 6	19595.2117	46789.542	18352.5885	Euro 6	2389659.96	11565954.2	1529382.37
Diesel	<1.4	1.4-2.1	>2.1	Diesel	<1.4	1.4-2.1	>2.1
Euro 2	250435.218	1266702.55	2149837.57	Euro 2	2455247.24	14039001.3	17337399.8
Euro 3	3212098.5	13464535.6	17180852.2	Euro 3	63986025.8	247329611	171808522
Euro 4	1023181.52	16690295.2	22611746.3	Euro 4	28264682.9	706617071	452234926
Euro 5	1047750.8	25902728.1	37253361.7	Euro 5	64675975.2	1616899380	1034815603
Euro 6	44463.3155	555791.444	711413.049	Euro 6	2778957.22	69473930.5	44463315.5
Périmètre A							
Emissions NO _x (g)				Emissions PM (mg)			
Essence	<1.4	1.4-2.1	>2.1	Essence	<1.4	1.4-2.1	>2.1
Euro 2	817051.374	994459.672	439083.469	Euro 2	25532855.4	28702939.5	4390834.69
Euro 3	1157567.8	968984.867	366592.984	Euro 3	71454802.3	64230864.5	12219766.1
Euro 4	313657.983	707015.944	263267.028	Euro 4	25709670.7	124434806	16454189.2
Euro 5	493817.568	1179140	462502.308	Euro 5	60221654.7	291472809	38541859
Euro 6	21226.4508	50684.6227	19880.3832	Euro 6	2588591.56	12528783.1	1656698.6
Diesel	<1.4	1.4-2.1	>2.1	Diesel	<1.4	1.4-2.1	>2.1
Euro 2	271283.154	1372151.52	2328804.72	Euro 2	2659638.77	15207703.5	18780683.2
Euro 3	3479495.49	14585415.5	18611103.6	Euro 3	69312659.2	267919015	186111036
Euro 4	1108358.13	18079709.3	24494102.3	Euro 4	30617627.9	765440697	489882046
Euro 5	1134972.72	28059047.9	40354585.7	Euro 5	70060044.6	1751501115	1120960714
Euro 6	48164.7453	602059.316	770635.924	Euro 6	3010296.58	75257414.5	48164745.3

Annexe J: Emissions de NO_x et de PM des VL et PLM

VL							
Emissions de NO _x (g)				Emissions de PM (mg)			
Essence	<2.0 l.	2.0 l.- 4.0 l.	>4.0 l.	Essence	<2.0 l.	2.0 l.- 4.0 l.	>4.0 l.
OEV 1-1 II	3096189.02	1306714.82	644571.847	OEV 1-1 II	15480945.1	6533574.12	3222859.24
OEV 1-2	23109825.1	21309868.6	10220427.9	OEV 1-2	115549126	106549343	51102139.6
Euro 2	37591358.8	119290478	20675102.9	Euro 2	187956794	596452391	103375514
Euro 3	54961278.6	146406326	18175014.5	Euro 3	274806393	732031632	90875072.4
Euro 4	21965712.5	99053872.5	9217314.24	Euro 4	109828562	495269362	46086571.2
Euro 5	16658680.4	66699285.5	5757906.58	Euro 5	83293402.2	333496428	28789532.9
Euro 6	11573321.5	0	0	Euro 6	57866607.7	0	0
Diesel	<2.0 l.	2.0 l.- 4.0 l.	>4.0 l.	Diesel	<2.0 l.	2.0 l.- 4.0 l.	>4.0 l.
OEV 1-1	1312915.22	554102.405	273325.751	OEV 1-1	212823557	128849871	101130528
OEV 1-2	839185.293	293382.453	139744.079	OEV 1-2	136031936	77674955.4	51705309.3
OEV 1-3	3308621.58	6195837.55	1743238.58	OEV 1-3	410269076	514059202	282404650
Euro 2	41697560.3	190733437	33542014.1	Euro 2	3335804821	2.2888E+10	5702142399
Euro 3	323951684	1710445562	212822139	Euro 3	1.6198E+10	1.1973E+11	2.1282E+10
Euro 4	1098285623	5230044468	522873099	Euro 4	2.7457E+10	2.092E+11	1.5686E+10
Euro 5	1210422055	5061774074	476193836	Euro 5	6052110276	2.5309E+10	2380969180
Euro 6	246897526	0	0	Euro 6	1234487632	0	0
PLM							
Emissions NO _x (g)				Emissions de PM (g)			
	> 5 tonnes	5-10 tonnes	10-20 tonnes		> 5 tonnes	5-10 tonnes	10-20 tonnes
OEV 2-1	1107944	7710318	3962204	OEV 2-1	48823	17763055	12891921
OEV 2-2	306588	6594258	39133	OEV 2-2	17316	139551	75828
OEV 2-3	843213	18597678	54264	OEV 2-3	17933	279331	201780
Euro 2	22900677	527516412	2303370	Euro 2	498426	63035889	65084531
Euro 3	104683725	1910495489	3364177	Euro 3	610655	205059967	264120557
Euro 4	1240812507	62815503	2668961	Euro 4	12408125	36148808	186636859
Euro 5	103964078	2506947360	9575146	Euro 5	2789280	1054497720	1752328245
Euro 6	18395145	90932471	1578689	Euro 6	459879	74333897	123037769