

REDUCTION DES EMISSIONS DE POLLUANTS DU TRANSPORT DE MARCHANDISES : RETOURS D'EXPERIENCES DES RESTRICTIONS DE CIRCULATION EN EUROPE ET SCENARIOS POUR L'ILE-DE-FRANCE

RETMIF

Septembre 2015

N° de contrat : 1362C0037

Projet de recherche coordonné par : IFSTTAR (Laetitia DABLANC)

Appel à projet de recherche : AACT-AIR Edition 2013

Aide à l'action des collectivités territoriales en faveur de la qualité de l'air

Coordination technique ADEME : POUPONNEAU Marie – Direction\Service : VANVES DVTD SEQA



RAPPORT DE RECHERCHE



IFSTTAR

En partenariat avec :



REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Marie Pouponneau pour son suivi attentif à l'ADEME. Nous tenons également à remercier l'ensemble des équipes des groupes de travail associés au projet au sein de la Mairie de Paris, de l'Université de Westminster, de Transport for London, de la Freight Transport Association, du DLR Berlin et du Senat Berlin.

Partenaires du projet RETMIF :

- IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux) : Leslie Belton-Chevallier, Marie Bocquentin, Laetitia Dablanc, Antoine Montenon, Jonathan Ng Unk Shing, Christophe Rizet
- Université de Bourgogne : Cécilia Cruz
- IAU (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme) : Elisabeth Gouvelnal, Dany N'Guyen-Luong, Corinne Ropital
- APUR (Atelier Parisien d'Urbanisme) : Michèle-Angélique Nicol

Nous tenons également à remercier les personnes suivantes pour leur participation à notre enquête ou leur soutien :

Bruce AIGLEHOUX (TLF), Julian ALLEN (Uni. of Westminster), Niclas ANDREASEN (VGT i Göteborg), Sylvaine BENJAMIN (Ville de Paris), Laure BOMY (Fédération Nationale des Boissons), Gerd BRETSCHNEIDER (Fuhrgewerbeinnung), Michael BROWNE (Uni. of Westminster/Univ de Göteborg), Denis CAUX (Volvo ATR), Jacques CHAPIN (Biocoop), Elisabeth CHARRIER (FNTR), James DAHRINGER (TNT), Philippe DE CLERMONT TONNERRE (Star's Service), Vicky DUNNE (Transport for London), Tony EKVALL (DB Schenker), Richard ELLISON (Uni. of Sydney), Daniel FIRTH (City of Stockholm), Frédéric GIES (Aalux), Max-Antoine GROLLERON (Point P), Aurélien GUELDRY (Point P), Christophe HABART (Toutadom), Ulf HAMMARBERG (DHL), Peter HARRIS (UPS), Maria HELMROTH (Lindex), Lars HÜBINETTE (Haga Mölndal Lastbilscentral), Magnus JÄDERBERG (City of Göteborg), Rein JÜRIADO (Vinnova), Guido KOSCHANY (BGL), Barbara LENZ (DLR – IVF), Jacques LEONARDI (Uni. of Westminster), Klaus-Günter LICHTFUß (BEHALA), Gernot LIEDTKE (DLR), Maria LINDHOLM (TU Chalmers), Hansgeorg LOHL (BdKEP), Jean LOPEZ (Toupargel), Maxime LUCAS (Point P), Martin LUTZ (Senat Berlin), Dennis LYNCH (CLFQP), Dominique MAMCARZ (TNT), Julius MENGE (Senat Berlin), Laurence MORIN (Ville de Paris), Rhona MUNCK (Transport for London), Matthew NOON (Lambeth Council / Frevue), Jesper ÖRTENGREN (Vasakronan), Duncan PANNELL (Aztek Logistics), Annika PERSSON (Sveriges Akeriföretag), Florent PORTMANN (CNPA), François PROCHASSON (Ville de Paris), Lars PURKARTHOFFER (UPS), Janna RANKANEN (Fraktkedjan Väst), Toby ROBINS (Wiles Greenworld), Christian ROSE (AUTF), Anders ROTH (IVL), Christian RUDOLPH (DLR), Bernd SACKMANN (BSR), Christelle SAUVAGE (CCI Paris), Hakan SCHILLER (Postnord), Martin SCHULZ (TNT / ARUP), Andreas SCHUMANN (BdKEP), David SCOTT-SMITH (RHA), Saskia SEIDEL (DLR), Christopher SNELLING (FTA), Mark STAROSOLSKY (Laing O'Rourke), Ian WAINWRIGHT (Transport for London), Jerry WARD (John Lewis & Waitrose), Sebastian WESSMANN (Hans Andersson Recycling), Sarah WIXEY (WYG - Transport for London)

CITATION DE CE RAPPORT

Dablanc, L., Montenon, A., Cruz, C., Rizet, C., Belton-Chevallier, L., Bocquentin, M. 2015. RETMIF - Réduction des émissions de polluants du transport de marchandises : retours d'expériences des restrictions de circulation en Europe et scénarios pour l'Ile-de-France. Rapport pour l'ADEME/AACT-AIR. 166 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr, rubrique Médiathèque (<http://www.ademe.fr/mediatheque>)

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

TABLE DES MATIERES

Résumé	5
Abstract	5
1. Les Zones à Emissions Réduites en Europe et le transport de marchandises	6
1.1. Les problèmes de qualité de l'air en Europe	7
1.1.1. Contexte réglementaire et dépassements de concentrations de polluants dans l'air	7
1.1.2. Le transport routier contributeur majeur de pollutions et de gaz à effet de serre	10
1.1.3. Les normes européennes d'émissions des véhicules	12
1.1.4. Les autres mesures de lutte contre la pollution de l'air	15
1.2. Un outil contre la pollution urbaine : les Zones à Emissions Réduites (ZER)	15
1.2.1. Définition	15
1.2.2. Typologie des zones à émissions réduites – aspects généraux et articulation avec le transport de marchandises	16
1.2.3. Le cas de l'Italie	24
1.2.4. La place du fret dans les ZER	25
1.2.5. Quelques grandes villes européennes sans ZER	26
1.3. Etat des lieux de deux ZER : Londres et Berlin	27
1.3.1. Londres, un cas isolé au Royaume-Uni	27
1.3.2. La politique nationale allemande	31
1.4. Les impacts socio-économiques engendrés par les zones à émissions réduites sur le domaine de la logistique	36
1.4.1. L'influence politique et sociale	37
1.4.2. L'impact sur la logistique	38
1.5. Bilan de la première phase	40
2. Etudes de cas et impacts sur les entreprises de transport de marchandises	42
2.1. Contextes : le transport des marchandises et les questions environnementales à Londres, Berlin et Göteborg	42
2.1.1. Organisation et spécificités du transport des marchandises	42
2.1.2. Les questions environnementales liées au transport à Londres, Berlin et Göteborg	52
2.2. Les zones à émissions réduites : présentation des zones étudiées et réactions des entreprises suite à leur annonce	59
2.2.1. La Low Emission Zone de Londres	59
2.2.2. Berlin et les Umweltzonen allemandes	61
2.2.3. La Miljözon de Göteborg	63
2.2.4. La réaction des entreprises et de la population à la ZCR	65
2.3. Les impacts sur la logistique urbaine	66
2.3.1. La réduction de la pollution de l'air : le rôle des ZER	66
2.3.2. Le trafic : un impact limité de la ZER	67
2.3.3. Le parc des véhicules	74
2.3.4. Les conséquences sur le tissu d'entreprises du transport et de la logistique	76
2.3.5. Contrôle de la mesure et respect de la norme	82
2.3.6. Des évolutions qualitatives plus diffuses	84
2.3.7. Plusieurs années après, que retenir des ZER ?	84
2.4. Bilan de la deuxième phase du projet RETMIF	87
3. Définition de scénarios adaptés à l'Ile-de-France et analyse des changements	88
3.1. La mise en place d'une zone à circulation restreinte à Paris : menaces ou opportunités pour le transport de marchandises en ville ?	88
3.1.1. Des ZAPA aux ZCR : la mise en place du dispositif et ses incertitudes	88

3.1.2. La localisation des entreprises de transport à l'épreuve de la future ZCR : les acteurs les plus faibles au cœur de la zone	98
3.1.3. Le regard des professionnels sur la ZCR parisienne : une absence générale d'inquiétude aux fondements différenciés	103
3.1.4. Des LEZ européennes à la ZCR parisienne : des mesures plus contraignantes vers une concentration de l'offre de transport de marchandises dans l'hypercentre ?	108
3.2. Quantification des effets d'une ZCR « utilitaires » en Ile-de-France.....	109
3.2.1. Les scénarios de ZCR en région parisienne.....	109
3.2.2. La méthode COPERT4 et le logiciel CopCETE	110
3.2.3. Les données d'entrée et hypothèses de travail	113
3.2.4. Impact de la ZCR sur les émissions	127
3.3. Résumés des impacts de la mise en place d'une ZCR « utilitaires » à Paris	138
4. Conclusions et recommandations.....	140
4.1. Résumé des principaux résultats.....	140
4.2. Bannir les vieux camions et camionnettes par la mise en place systématique et phasée de zones à circulation restreinte (ZCR) dans les grandes villes françaises.....	140
4.3. Le contrôle, une dimension clé pour le respect d'une ZER	141
4.4. Aider les TPE du secteur de la livraison urbaine à s'équiper en véhicules propres.....	141
4.5. Conclusions / Perspectives.....	142
Références bibliographiques	143
Index des tableaux et figures	146
Sigles et acronymes	150
Annexes.....	151
Annexe 1 : Types de véhicules dans le logiciel CopCETE.....	152
Annexe 2 : Caractéristiques de l'enquête plaques minéralogiques de la ville de Paris 2011.....	153
Annexe 3 : Qualité des données dans le calcul des émissions (EMEP/EEA, 2009 a,b).....	154
Annexe 4 : Structures des parcs pour les différentes zones scénarios et années.....	157

Résumé

Le projet RETMIF mené par l'IFSTTAR pour le programme AACT-AIR de l'ADEME, s'intéresse aux liens entre les Zones à Emissions Réduites (ZER), qui restreignent l'accès en ville aux véhicules les plus anciens, et le transport des marchandises. L'objectif est double : il s'agit d'une part de comprendre les comportements des entreprises de transport et livraison lors de l'introduction de mesures de restriction sur les camions anciens ; il s'agit ensuite, par l'introduction de ces paramètres comportementaux dans l'analyse prospective de la mobilité des marchandises à Paris et en Ile-de-France, d'analyser les possibilités de réduire les émissions de polluants du trafic routier de marchandises par la mise en place d'une ZER (parisienne ou d'agglomération) sur les véhicules utilitaires légers et les poids lourds.

Les principaux résultats sont les suivants : les ZER déjà en place que nous avons étudiées (Berlin, Londres et Göteborg) semblent montrer que les professionnels du transport s'adaptent assez bien. Les ZER n'ont qu'un faible impact sur le trafic utilitaire total (légère baisse du nombre de camions et de camionnettes), en revanche elles semblent favoriser la réduction du nombre d'entreprises, dans un secteur marqué par une très forte proportion de TPE souvent mal armées pour rendre les activités de livraison plus optimisées. En ce sens, les ZER participent la modernisation du secteur. Une ZER est une mesure plutôt bien acceptée par les entreprises de transport et livraison, malgré les a priori de départ, mais les entreprises ont besoin de transparence, de phasage, d'harmonisation des règles d'une commune à une autre, et de règles du jeu (contrôles) uniformément appliquées.

Les résultats de nos simulations à Paris et en Ile-de-France montrent qu'une ZER, compte tenu de l'âge moyen actuel des parcs de véhicules de livraison, a un impact sur le parc utilitaire plus fort dans Paris (où le parc est plus ancien) que dans le reste de l'agglomération. Concernant les émissions de polluants, ce sont surtout les NOx que la ZER théorique étudiée permettrait de réduire : à l'horizon 2021, de l'ordre de 20% des émissions du trafic routier utilitaire dans Paris et sur le périphérique et un peu moins (17%) dans l'intra A86. En revanche, l'effet de la ZER serait moins sensible sur les PM : -5% dans Paris, -2% sur le périphérique et -1% dans l'intra A86. Le scénario 'tout électrique', dans l'état actuel et prévisible de la technologie, aurait pour première conséquence une augmentation forte du trafic utilitaire et donc de la congestion et des émissions de PM hors échappement. En revanche, il permettrait une baisse très importante des émissions de NOx et de CO₂. Une telle politique tout électrique devrait donc s'accompagner de solutions technologiques et logistiques permettant de limiter l'augmentation du trafic routier.

Abstract

The RETMIF project carried out by IFSTTAR for the ADEME AACT-AIR program focuses on the links between Low Emission Zones (LEZ), which restrict urban access to the oldest vehicles, and the transport and delivery of goods. The objective is twofold: first, to understand the behavior of transport and delivery companies when introducing restrictive measures on old trucks; the introduction of these behavioral parameters into the prospective analysis of the mobility of goods in Paris and the Ile-de-France helps analyze the possibilities of reducing pollutant emissions from road freight traffic by introducing a LEZ on light commercial vehicles and lorries in Paris.

The main findings are that the existing LEZs we have studied (Berlin, London and Gothenburg) seem to show that transport companies adapt quite well. LEZs have a small impact on total commercial traffic (with only a slight decrease in the number of trucks and vans). On the other hand, LEZs seem to favor a reduction in the number of freight companies, in a sector marked by a very high proportion of SMEs, often badly armed to make delivery activities more efficient. In this sense, LEZs are working towards a modernization of the urban freight sector. A LEZ is a measure rather well accepted by transport and delivery companies, in spite of their initial assumptions, but companies require transparency, phasing, harmonization of rules from one municipality to another, and rules and controls uniformly applied.

The results of our simulations in Paris and Ile-de-France (the Paris region) show that a LEZ, given the average age of the fleets of delivery vehicles, has a higher impact on freight fleets in Paris (where fleets are older) than in the rest of the metro area. As regards pollutant emissions, the theoretical LEZ we have studied would have the most impact on NOx emission reduction: by 2021, about 20% of the emissions of road freight traffic in Paris and on the ring road and a little less (17%) within highway A86. On the other hand, the effect of the LEZ would be less on PMs: -5% in Paris, -2% on the ringroad and -1% within highway A86. The 'all-electric' scenario, in the present and foreseeable state of the technology, would have as a first consequence a strong increase in commercial traffic and thus congestion and PM emissions. On the other hand, it would allow a very significant reduction in NOx and CO₂ emissions. Such an all-electric policy should therefore be accompanied by technological and logistics solutions to limit the increase in road traffic.

1. Les Zones à Emissions Réduites en Europe et le transport de marchandises

NB Ce chapitre 1 correspond au travail de phase 1 du projet de recherche RETMIF.

Auteurs : Laetitia Dablanc, Antoine Montenon, Cécilia Cruz.

Extraits du rapport Brundtland (ONU, 1987) :

- « Les responsables locaux ont en général les pouvoirs politiques et la crédibilité qui leur permettent de prendre des initiatives, d'évaluer et d'affecter les ressources sous des formes innovatrices qui reflètent des situations locales uniques ».
- « Les véhicules à moteur ont une grande influence sur l'état de l'environnement dans les villes des pays industrialisés. Un récent ralentissement du taux de croissance du nombre des véhicules, une réglementation plus stricte des émissions des nouveaux véhicules, [...] de meilleures politiques de gestion de la circulation [...] sont autant de facteurs qui ont contribué à réduire les impacts de la circulation urbaine ».

Dans ce contexte, l'Union Européenne a mis en place en 1993 et en 2002, et ce pour huit à dix ans, les cinquième et sixième programmes d'action communautaire pour l'environnement (UE, 1993, UE, 2002). Un septième programme d'action a été lancé fin 2013 (UE, 2013a). Ces programmes visent à « garantir un niveau élevé de protection [...] de la santé humaine », « contribuer à atteindre un niveau élevé de la qualité de vie et de bien-être social pour les citoyens en leur procurant un environnement dans lequel la pollution n'a pas d'effets nuisibles sur la santé humaine et l'environnement » et définir des objectifs environnementaux et durables aux horizons 2020 et 2050.

Ces programmes d'action et les directives qui ont suivi (UE, 2008a) encouragent ou imposent des mesures affectant l'industrie du transport et la circulation des véhicules, notamment de marchandises. Ainsi au niveau local ont été créées les Zones à Emissions Réduites, ou *Low Emission Zones* selon leur acronyme anglophone reconnu. Ces zones sont définies au niveau local et/ou national dans des plans de qualité de l'air, et affectent particulièrement les véhicules lourds.

Dans ce cadre, le projet RETMIF (Réduction des Emissions du Transport de Marchandises en Île-de-France), financé par l'ADEME et mis en œuvre par l'IFSTTAR, a pour but de comprendre les Zones à Emissions Réduites et d'analyser leur impact, mal connu, sur l'activité du transport de marchandises. La première phase qui fait l'objet de ce chapitre a pour but de dresser une typologie des Zones à Emissions Réduites européennes, en l'orientant vers les problématiques inhérentes au transport de marchandises en ville. Ce chapitre commence par définir le contexte politique et environnemental européen, puis représente par un tableau, non exhaustif, plusieurs caractéristiques inhérentes à ces zones. Chacune de ces caractéristiques est analysée, notamment du point de vue de la distribution des marchandises. Après un état des lieux plus détaillé de deux zones déjà mises en place en Europe (Londres et Berlin), la dernière partie de ce chapitre est consacrée à l'analyse des impacts, effectuée grâce à la littérature scientifique et technique que nous avons pu consulter ainsi que grâce à des entretiens effectués auprès d'acteurs du transport, sur les entreprises de logistique en ville.

La phase 1 de la recherche, objet de ce chapitre 1, a servi de base aux deux phases suivantes (2 et 3) de RETMIF, objets respectivement des chapitres 2 et 3 de ce rapport. La deuxième phase a consisté à effectuer un travail de terrain auprès de plusieurs grandes villes européennes où une Zone à Emissions Réduites a déjà été implantée. La troisième a modéliser et analyser l'impact de scénarios de zones à émissions réduites pour Paris et la région parisienne.

1.1. Les problèmes de qualité de l'air en Europe

1.1.1. Contexte réglementaire et dépassements de concentrations de polluants dans l'air

Du sixième programme d'action communautaire pour l'environnement découle la directive 2008/50/CE définissant des seuils de concentration dans l'air et d'émissions de polluants (UE, 2008a). Les seuils de pollution fixés sont ambitieux, notamment vis-à-vis les zones urbaines. Par exemple, les limites de concentration annuelle moyenne dans l'air du dioxyde d'azote (NO₂) et des particules fines (PM₁₀¹) sont de 40 µg/m³. Ces seuils annuels sont complétés par des valeurs limites horaires ; les concentrations de NO₂ ne peuvent excéder 200 µg/m³/heure plus de 18 fois dans l'année, et les concentrations de PM₁₀ ne peuvent excéder 50 µg/m³/jour plus de 35 fois. La limite de concentration moyenne annuelle en particules fines (PM_{2,5}) est quant à elle fixée à 25 µg/m³ à l'horizon 2015. Ces seuils découlent des recommandations de l'OMS pour réduire significativement les risques de maladies chroniques ou aiguës imputables à la pollution atmosphérique (OMS, 2005).

Le 20 novembre 2013, l'Union européenne a défini le septième programme d'action communautaire pour l'environnement pour 2020 (UE, 2013a), en partenariat avec l'Agence Européenne de l'Energie. A ce nouveau programme s'est ajouté le 18 décembre 2013 un Programme pour la Qualité de l'Air en Europe (UE, 2013b), reprenant les recommandations stratégiques précédentes et fixant des objectifs plus contraignants de qualité de l'air pour chaque pays membre aux horizons 2020 et 2030, basés sur les nouvelles recommandations de l'OMS (OMS, 2013). Les réductions attendues d'émissions de NO_x (NO + NO₂) et de PM_{2,5} définies dans cette proposition pour la France sont de respectivement 63 à 71% pour les NO_x et 32 à 54% pour les PM_{2,5}, pour la période 2005-2025. Aujourd'hui, peu de données sont disponibles sur les PM_{2,5} ; nous nous restreindrons ainsi sur les PM₁₀.

Les objectifs européens actuels (directive 2008/50/CE) de seuils de concentrations ne sont, pour l'instant, pas atteints. Par exemple, en 2012, 95% de la superficie parisienne était sujette à un dépassement des limites de concentrations réglementaires moyennes de NO₂ (100% en 2002), 3% pour les PM₁₀ (20% en 2002) et 4% pour les PM_{2,5} (40% en 2002) (Airparif, 2013). Le tableau 1 nous montre la part importante de la population européenne touchée par ce phénomène, notamment la population urbaine. Les figures suivantes nous montrent les zones problématiques en Europe en 2010.

Limite (µg/m ³)	Nombre de zones touchées	Population touchée - % de la population totale de l'UE	Nombre de zones urbaines NUTS 3 ² touchées	Population urbaine touchée - % de la population touchée totale
NO ₂ année	220	224,85 M – 45,0%	139	133,62 M - 59,4%
NO ₂ horaire	23	48,33 M – 9,7%	20	46,12 M – 95,4%
NO ₂ année + horaire	20	47,91 M – 9,6%	19	46,10 M – 96,2%
PM ₁₀ année	63	81,47 M – 16,3%	26	45,21 M – 55,5%
PM ₁₀ jour	222	198,49 M – 39,7%	99	92,39 M – 46,5%
PM ₁₀ année + jour	62	81,21 M – 16,2%	26	45,21 M – 55,7%

Tableau 1 : Dépassement des limites européennes de qualité de l'air – zones urbaines et toutes zones

¹ Pour mémoire, PM_{10/2,5} = particules dont le diamètre est inférieur à 10 ou 2,5 µm

² http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/nuts_nomenclature/introduction

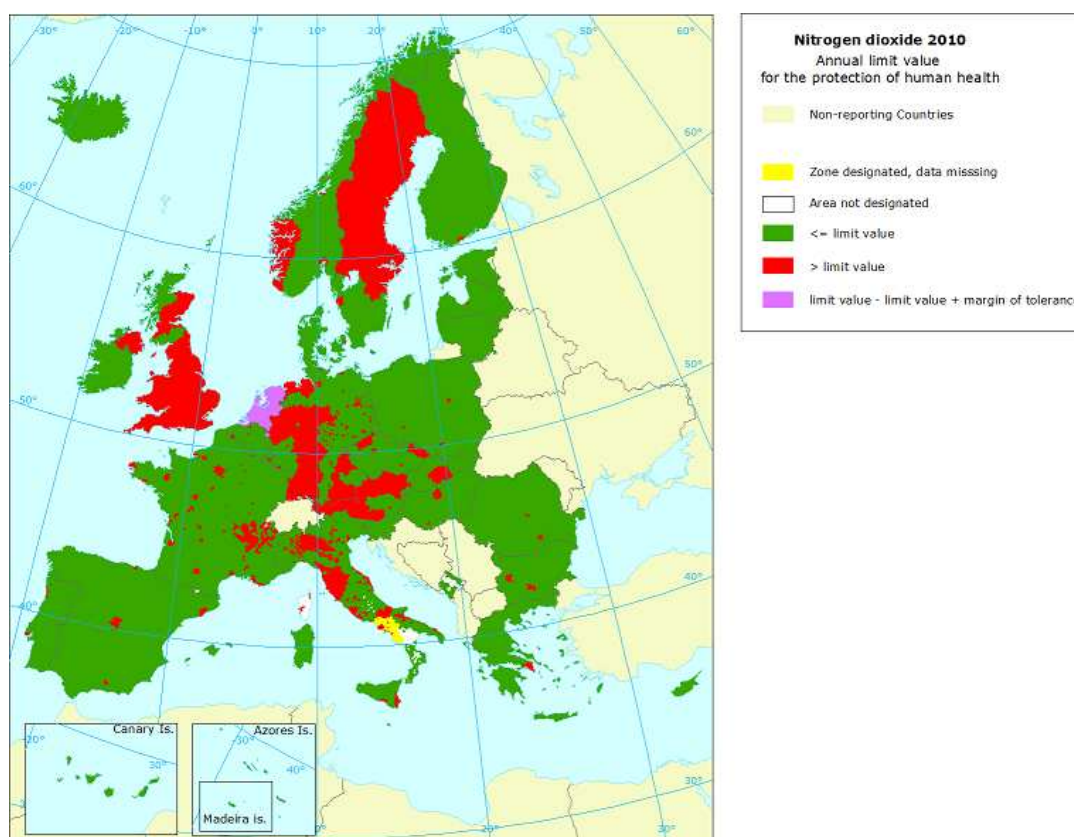


Figure 1 : Dépassement des limites européennes de qualité de l'air -
Concentration moyenne annuelle en NO_2 (AEE, 2012)

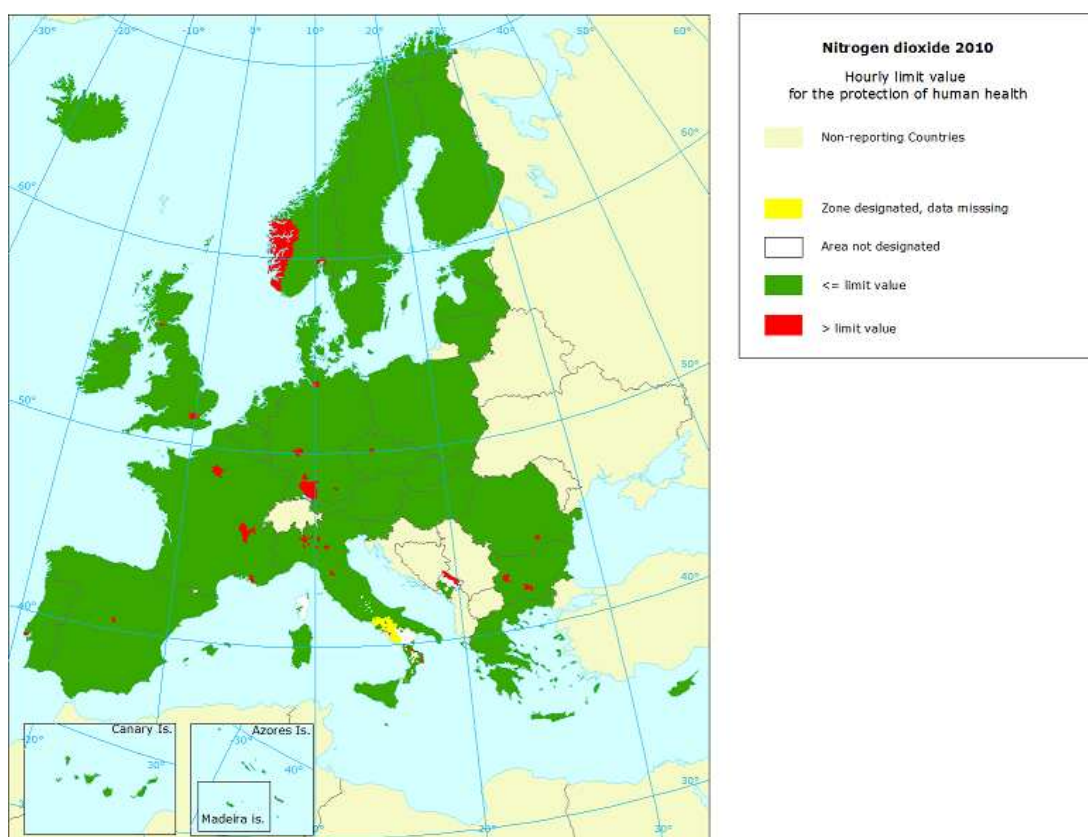


Figure 2 : Dépassement des limites européennes de qualité de l'air -
Concentration moyenne horaire en NO_2 (AEE, 2012)

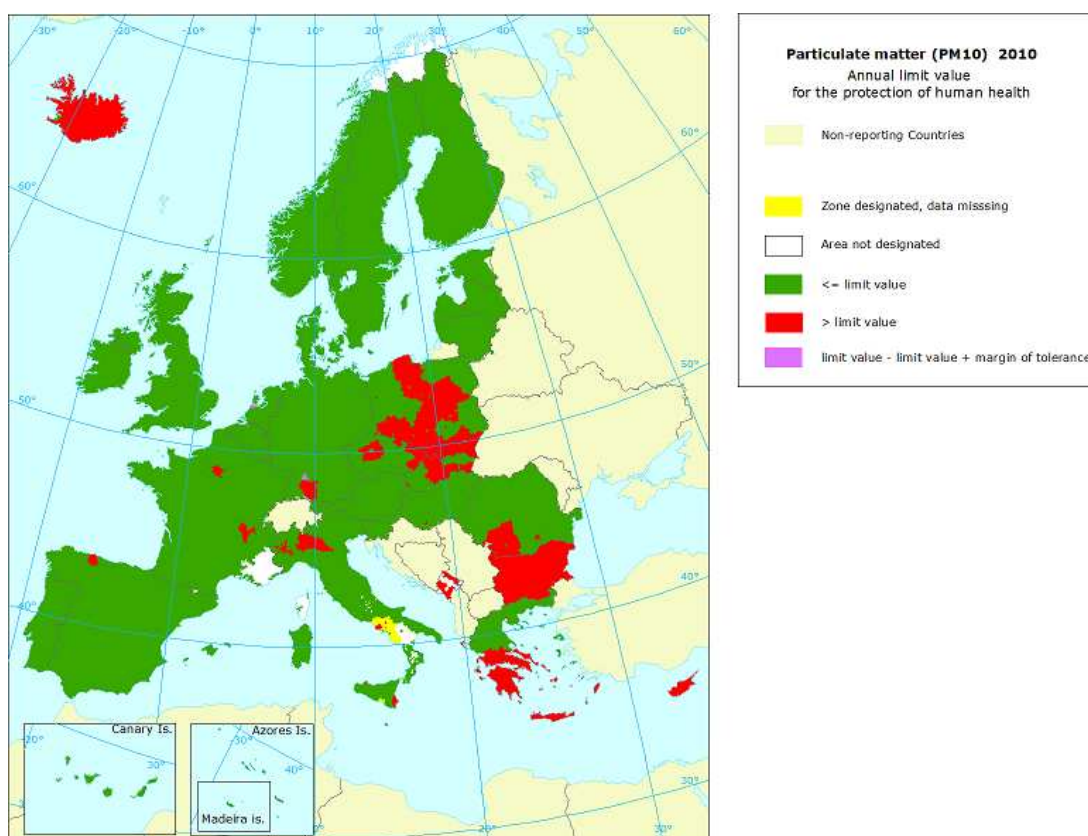


Figure 3 : Dépassement des limites européennes de qualité de l'air -
Concentration moyenne annuelle en PM₁₀ (AEE, 2012)

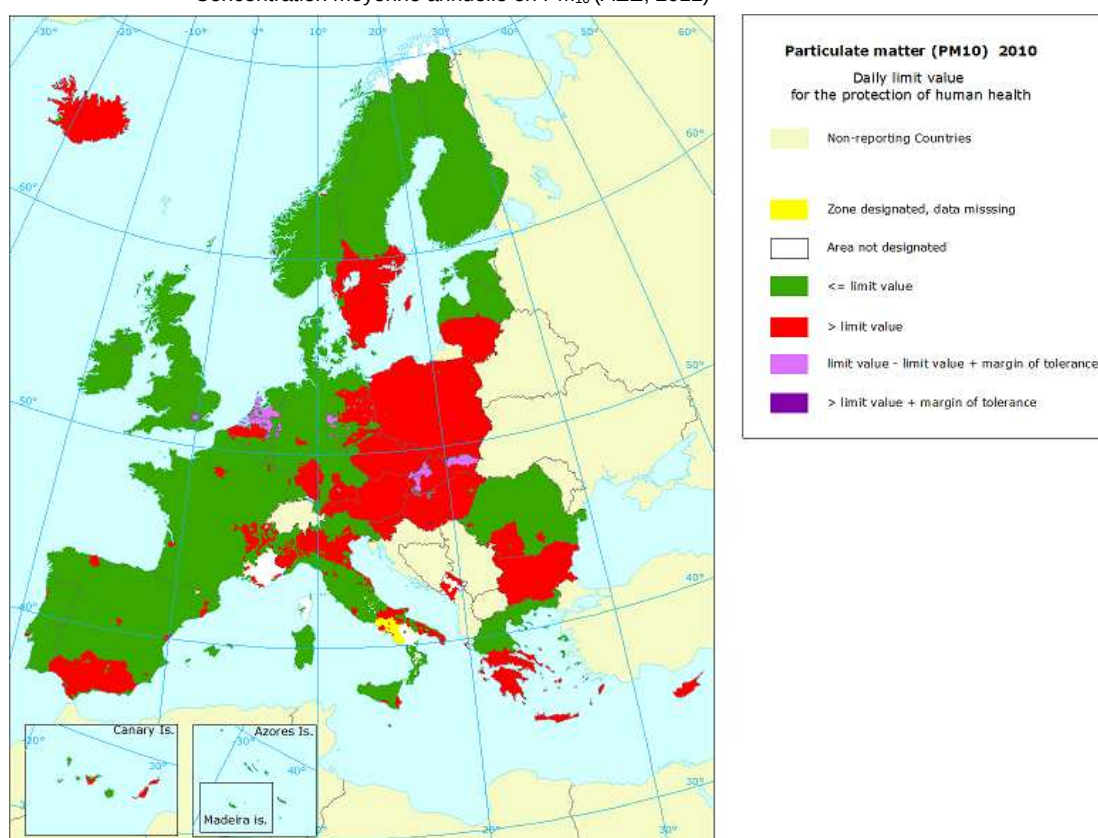


Figure 4 : Dépassement des limites européennes de qualité de l'air -
Concentration moyenne journalière en PM₁₀ (AEE, 2012)

Les figures 1 à 4 nous montrent que le phénomène de dépassement de la réglementation est paneuropéen et non uniquement localisé sur un ou deux pays. En 2009, 22 des 27 pays membres de l'Union Européenne ont demandé un report de la date butoir de respect de la réglementation fixée au 1^{er} janvier 2005 pour les PM₁₀ et 1^{er} janvier 2010 pour le NO₂. Parmi ces vingt-deux pays, quatre ont demandé un report pour les concentrations en PM₁₀, deux pour le NO₂, et seize (dont la France) pour les deux polluants. Les seuls pays n'ayant demandé aucun report sont l'Estonie, l'Irlande, la Lituanie, la Slovaquie et la Suède.

Pour la France, l'amende due au dépassement de PM₁₀ s'élèverait à 240 000 euros par jour, soit plus de 86 millions d'euros par an, auxquels doit s'ajouter une amende de 11 millions d'euros la première année (MEDDE, 2013). Le 20 février 2014, la Commission Européenne a mis en demeure le Royaume-Uni pour ses dépassements des seuils de NO₂ dans l'air. L'amende prévisionnelle s'élèverait à 365 millions d'euros par an.

1.1.2. Le transport routier contributeur majeur de pollutions et de gaz à effet de serre

Le transport routier est l'un des principaux contributeurs d'émissions d'oxydes d'azote, de matières particulaires et de dioxyde de carbone. Le processus de combustion du carburant, ainsi que les phénomènes d'évaporation et de resuspension sont des créateurs de pollution.

Il est à noter que le transport de marchandises contribue à hauteur de 56% pour les NO_x, 43% pour les PM et 41% pour le CO₂ des émissions totales dues au transport routier en France (CITEPA, 2013).

a). Quelques polluants et gaz à effet de serre émis par le transport routier

- Les oxydes d'azote – NO_x

En 2011, le transport routier est responsable de 568 kilotonnes (kt) d'émissions de NO_x en France, et 3534 kt en Europe. Cela correspond à 61% des NO_x émis en France et 47% en Europe (AEE, 2013a, CITEPA, 2013). Les quelques différences entre France et Europe viennent principalement de la répartition Diesel/essence, pour laquelle la France fait figure d'exception ; environ 80% des véhicules-kilomètres effectués en France par le parc français est Diesel (CGDD, 2013a). Les données d'émissions sont à nuancer, en raison de la nature même des NO_x. En effet, les NO_x sont composés en majorité de NO et de NO₂. Or, 70% des émissions de NO_x provenant des véhicules Diesel récents sont des NO₂. Pour les autres types de véhicules, ce rapport NO₂/NO_x varie de 5 à 10% (AEE, 2013a). Cette différence de répartition s'explique par l'utilisation de systèmes de traitement contre d'autres types de pollutions, comme par exemple les filtres à particules.

- Les particules en suspension - PM

Le transport routier est responsable de 39 kt d'émissions de PM₁₀ en France (1^{er} émetteur d'Europe), soit 15% du total des émissions nationales de PM₁₀ (AEE, 2013a, CITEPA, 2013). En Europe, ce chiffre est de 249 kt, soit 14% du total. La principale difficulté dans l'étude des particules fines est de connaître précisément leur influence. En effet, les particules peuvent être créées de deux façons : via des émissions primaires (émissions directes depuis la source) et via des précurseurs gazeux³. Les particules ultra fines (PM_{<1}) sont, quant à elles, formées majoritairement à partir de la réaction entre d'autres gaz tels les NO_x et les composés organiques volatiles (ex : le benzène). Cela signifie que réduire uniquement les émissions de particules sans réduire les émissions d'autres polluants aura certes une influence sur la réduction de la masse mais non sur la quantité de particules, avec les effets nocifs que cela implique (OMS, 2013).

- Le dioxyde de carbone – CO₂

Le CO₂ est le deuxième gaz à effet de serre sur la planète en proportion, derrière la vapeur d'eau. L'augmentation du CO₂ provenant de sources anthropiques en fait le principal moteur du réchauffement climatique sur la planète, et un enjeu majeur (GIEC, 2007).

Au total, 4550Tg eq-CO₂ ont été émis en Europe en 2012 (AEE, 2013b), dont 348 en France (CITEPA, 2013). Le transport routier y représente 18,8% du total européen, et 36% du total français. Ce pourcentage est beaucoup plus élevé pour la France en raison de la faible émittivité de notre production d'électricité (à majorité nucléaire) par rapport aux autres pays (la France représente 4% des émissions de CO₂ liées à la production d'électricité en Europe pour 13% de sa population).

³ Cela signifie que les particules peuvent être le résultat d'une réaction entre plusieurs gaz.

b). La pollution des transports routiers en Europe en diminution depuis les années 2000

L'évolution de situation de la pollution des transports routiers en Europe suit une tendance globale de réduction au sein de l'Union Européenne :

Tableau 2 : Pollution due aux transports routiers - Comparaison UE-France-Allemagne-Royaume-Uni (Eurostat, 2013)

en kilotonnes	2002	2005	2010	2011	2002-2011	2005-2011	2010-2011
NO_x UE	5329	4881	3728	3534	- 34%	- 28%	- 5%
NO_x Fr	860	759	591	568	- 34%	- 24%	- 4%
NO_x All	933	756	507	481	- 48%	- 36%	- 5%
NO_x R-U	644	554	369	339	- 47%	- 39%	- 8%
PM₁₀ UE	339	312	262	249	- 26%	- 20%	- 5%
PM₁₀ Fr	62	50	43	39	- 37%	- 23%	- 7%
PM₁₀ All	51	45	34	33	- 35%	- 27%	- 3%
PM₁₀ R-U	33	31	25	24	- 27%	- 22%	- 7%

NB : Les chiffres de l'Allemagne sont à prendre avec précaution, notamment en raison du changement de méthode comptage des véhicules en Allemagne en 2007 (regroupement de tous les utilitaires, les tracteurs routiers sont séparés des utilitaires).

Le tableau 2 montre que la France a certes réduit ses émissions dans le transport routier, mais en proportion moindre que ses voisins européens, notamment pour le NO_x. Les écarts entre l'Allemagne et la France peuvent s'expliquer par un comptage de parc et une répartition très différents. Précisément, en 2012, l'Allemagne compte 2,53 millions d'utilitaires (500 000 poids lourds + 2,03M de camionnettes, ou véhicules utilitaires légers) (Eurostat, 2013), et 183 000 tracteurs routiers non agricoles (De-Statis, 2014) ; la France compte 560 000 poids lourds et 5,91 millions d'utilitaires légers (SOeS, 2012).

c). L'importance du rôle du transport de marchandises en ville dans les émissions

Les pollutions urbaines dues au transport routier ont augmenté de par le développement du véhicule à motorisation Diesel. La technologie de ces moteurs génère des émissions de NO_x de 4 à 10 fois supérieures à celles des véhicules essence, à puissance et poids équivalents (Ban-Weiss et al., 2008, Colville et al., 2001). En France, 66% du parc de véhicules légers a une motorisation Diesel contre 34% pour l'essence (CGDD, 2013a). En termes de véhicules-kilomètres, pour tous les types de véhicules routiers (légers et lourds), la répartition est de 80% pour les Diesel et 20% pour les essences.

Presque 100% du parc Poids Lourds et 92% du parc Véhicules Utilitaires Légers français sont pourvus de moteurs Diesel (CGDD, 2013a). Ceci fait du transport de marchandises en ville (TMV) l'un des principaux contributeurs de pollution urbaine. En 2012, l'OMS a reconnu les gaz d'échappement des moteurs Diesel comme cancérigènes certains (CIRC, 2012). Ce problème de pollution dû au transport de marchandises est connu depuis un certain nombre d'années (OCDE, 1997).

Au cours de ces trente dernières années, les pollutions urbaines dues au transport de marchandises en ville (TMV) ont ainsi connu une augmentation considérable (Dabanc, 2007). Il a été calculé pour les villes françaises que la part d'émissions de ce type de transport représente 35% des NO_x et 40 à 50% des PM₁₀ dans la pollution totale liée au transport urbain (Albergel et al., 2006, Gonzales-Feliu, 2010), alors que la seule présence physique de ces véhicules ne représente que 19,5% des véhicules-km (parc IFSTTAR). A Londres, pour l'année 2010, le fret était estimé responsable de 24% des émissions de CO₂ du transport routier (13% pour les PL, 11% pour les VUL). Pour les NO_x, le chiffre pour le routier est de 38% (27% PL, 11% VUL) ; pour les PM₁₀ de 37% (14% PL, 23% VUL) (Allen et al., 2012).

L'une des raisons de ces performances environnementales médiocres est l'usage intrinsèque de ces véhicules, fait de nombreux « stop and go ». 5 arrêts sur 10 km font augmenter la consommation de carburant de 140% (Martensson, 2005). L'âge des véhicules de marchandises en ville, plus élevé que pour les véhicules particuliers est un facteur aggravant cette pollution due transport routier urbain. Un poids lourd vendu en 2014 (norme Euro VI) présente des critères maximaux de pollution en NO_x vingt fois inférieurs à un poids lourd vendu en 1994 (norme Euro I) et quarante fois inférieurs pour les PM₁₀. Il a été constaté par ailleurs, pour la France, que plus une ville est grande, plus le parc de

véhicules livrant les marchandises est ancien, du fait de la structure même (voir ci-dessous) du marché de la livraison urbaine dans les grandes villes (Dabanc, 2008).

Selon une enquête de 2011 de la Mairie de Paris sur 3200 plaques d'immatriculation de PL et 13000 plaques de camionnettes, 11% des camionnettes et 20% des camions circulant dans la zone dense sont de norme inférieure à Euro III (soit vendus avant 2001).

L'usage de très vieux véhicules utilitaires s'explique par des raisons principalement socio-économiques. Ces véhicules anciens sont utilisés par les très nombreux petits transporteurs indépendants (entrepreneurs individuels) opérant dans les grandes villes, souvent en situation de sous-traitance et avec des marges très faibles. En zone dense parisienne, on estime ainsi à 12 000 le nombre de petits « transporteurs légers » (utilisant des véhicules de 3,5 tonnes ou moins de poids total en charge), dont une part importante serait dans une situation d'illégalité (travail au noir, non inscription au registre). Les faibles barrières à l'entrée du marché du transport routier de marchandises pour les entreprises utilisant des véhicules légers permettent de garantir le renouvellement du vivier de sous-traitants. De nombreuses personnes sont susceptibles de vouloir réaliser ce travail, même s'il est éprouvant et en général peu rémunérateur. Par ailleurs, plus de 15 % des livraisons urbaines sont réalisées en compte propre destinataire, par les établissements eux-mêmes (notamment les petits commerçants), qui utilisent souvent pour ce faire de très vieilles camionnettes (Routhier, 2014). Les petites entreprises de transport logistique et les commerçants n'ont pas toujours les moyens de renouveler leur parc automobile rapidement compte tenu des coûts élevés que générerait un tel renouvellement.

Tous ces facteurs concourent à la nécessité de mise en œuvre de politiques publiques visant à réduire les impacts négatifs du transport de marchandises en zone urbaine.

1.1.3. Les normes européennes d'émissions des véhicules

Afin de limiter la pollution générée par les véhicules à moteur, l'Union Européenne a instauré une législation stricte vis-à-vis de la commercialisation de ces véhicules. En effet, les moteurs des véhicules doivent respecter des critères de pollution, calculés selon une méthodologie précise. Ces critères sont communément désignés par l'appellation « norme Euro », suivie d'un chiffre (arabe pour les VL, romain pour les PL). La norme Euro diffère selon la catégorie de véhicule commercialisé (poids lourds, véhicules légers, etc.). Chaque norme Euro est associée à une date, à partir de laquelle chaque nouveau véhicule fabriqué doit respecter les critères définis par la loi associée.

Les normes Euro concernent les polluants suivants : monoxyde de carbone (CO), hydrocarbures (HC), hydrocarbures non méthaniques (HCNM), oxydes d'azote (NO_x), les matières particulaires (PM), et l'ammoniac (NH₃) dans les cas des poids lourds Euro VI. La date à partir de laquelle les véhicules commercialisés doivent respecter la norme diffère selon que le véhicule soit d'un nouveau type ou pas.

Par exemple, la norme Euro 5 est appliquée depuis septembre 2009 pour les nouveaux modèles de véhicules légers, et depuis janvier 2011 pour tous les modèles. Ainsi, un véhicule neuf acheté en septembre 2010 respectera la norme Euro 5 seulement si le modèle de ce véhicule a été commercialisé après septembre 2009 ; s'il s'agit d'un modèle commercialisé depuis juin 2008, la norme à respecter est Euro 4.

Les tableaux ci-après détaillent les critères de pollution des différentes normes Euro selon la catégorie de véhicule. Les critères de pollutions sont de plus en plus restrictifs selon la valeur et le nombre de polluants considérés. Une valeur de pollution chevauchant plusieurs colonnes de polluants indique qu'il s'agit de la somme des émissions des polluants concernés.

Tableau 3 : Normes Euro - Véhicules légers | Véhicules utilitaires légers dont le PTAC est < 1305 kg
(en g/km)
(CEE, 1989) (CEE, 1991) (UE, 1994) (UE, 1998) (UE, 2007)

Carburant	Norme	Date (NT ⁴)	Date (TT)	CO	HC	HCNM	NO _x	PM
Diesel	Euro 1	07/1992-10/1994	-	2,72	0,97			0,14
	Euro 2	01/1996-1998	01/1997-1999	1	0,7			0,08
	Euro 3	01/2000	01/2001	0,64	0,56-NO _x		0,5	0,05
	Euro 4	01/2005	01/2006	0,5	0,3-NO _x		0,25	0,025
	Euro 5	09/2009	01/2011	0,5	0,23-NO _x		0,18	0,005
	Euro 6	09/2014	09/2015	0,5	0,17-NO _x		0,08	0,005
Essence	Euro 1	07/1992-10/1994	-	2,72	0,97			-
	Euro 2	01/1996-1998	01/1997	2,2	0,5			-
	Euro 3	01/2000	01/2001	2,3	0,2	-	0,15	-
	Euro 4	01/2005	01/2006	1	0,1	-	0,08	-
	Euro 5	09/2009	01/2011	1	0,1	0,068	0,06	0,005
	Euro 6	09/2014	09/2015	1	0,1	0,068	0,06	0,005

Tableau 4 : Normes Euro - Véhicules utilitaires légers dont le PTAC est compris entre 1305 et 1760 kg
(en g/km)
(UE, 1993) (UE, 1998) (UE, 2007)

Carburant	Norme	Date (NT)	Date (TT)	CO	HC	HCNM	NO _x	PM
Diesel	Euro 1	10/1994	-	5,17	1,4			0,19
	Euro 2	01/1998	01/1999	1,25	1			0,12
	Euro 3	01/2001	01/2002	0,8	0,72-NO _x		0,65	0,07
	Euro 4	01/2006	01/2007	0,63	0,39-NO _x		0,33	0,04
	Euro 5	09/2010	01/2011	0,63	0,295-NO _x		0,235	0,005
	Euro 6	09/2015	09/2016	0,63	0,195-NO _x		0,105	0,005
Essence	Euro 1	07/1994	-	5,17	1,4			-
	Euro 2	01/1998	01/1999	4	0,6			-
	Euro 3	01/2001	01/2002	4,17	0,25	-	0,18	-
	Euro 4	01/2006	01/2007	1,81	0,13	-	0,10	-
	Euro 5	09/2010	01/2011	1,81	0,13	0,09	0,075	0,005
	Euro 6	09/2015	09/2016	1,81	0,13	0,09	0,075	0,005

⁴ NT = Nouveaux types / TT = Tous types

Tableau 5 : Normes Euro - Véhicules utilitaires légers dont le PTAC est compris entre 1760 et 3500 kg
(en g/km)
(UE, 1993) (UE, 1998) (UE, 2007)

Carburant	Norme	Date (NT)	Date (TT)	CO	HC	HCNM	NO _x	PM
Diesel	Euro 1	10/1994	-	6,9	1,7			0,25
	Euro 2	01/1998	01/1999	1,5	1,2			0,17
	Euro 3	01/2001	01/2002	0,95	0,86-NO _x		0,78	0,1
	Euro 4	01/2006	01/2007	0,74	0,46-NO _x		0,39	0,06
	Euro 5	09/2010	01/2011	0,74	0,35-NO _x		0,28	0,005
	Euro 6	09/2015	09/2016	0,74	0,215-NO _x		0,125	0,005
Essence	Euro 1	07/1994	-	6,9	1,7			-
	Euro 2	01/1998	01/1999	5	0,7			-
	Euro 3	01/2001	01/2002	5,22	0,29	-	0,21	-
	Euro 4	01/2006	01/2007	2,27	0,16	-	0,11	-
	Euro 5	09/2010	01/2011	2,27	0,16	0,108	0,082	0,005
	Euro 6	09/2015	09/2016	2,27	0,16	0,108	0,082	0,005

Tableau 6 : Normes Euro - Poids-lourds, bus et cars (g/kWh - NH₃ en ppm)
(CEE, 1988) (CEE, 1991) (UE, 1999) (UE, 2009)

Carburant	Norme	Date (NT)	Date (TT)	CO	HC	NO _x	PM	NH ₃
Diesel	Euro 0	10/1990	10/1990	11,2	2,4	14,4	-	-
	Euro I	07/1992	10/1993	4,9	1,23	9	0,4	-
	Euro II	10/1995	10/1996	4	1,1	7	0,15	-
	Euro III	10/2000	10/2001	2,1	0,66	5	0,13	-
	Euro IV	10/2005	10/2006	1,5	0,46	3,5	0,02	-
	Euro V	10/2008	10/2009	1,5	0,46	2	0,02	-
	Euro VI	01/2013	01/2014	1,5	0,13	0,4	0,01	0,01

Tableau 7 : Normes Euro : Deux/Trois-roues de plus de 50cm³ (en g/km)
(UE, 1997) (UE, 2002)

Carburant	Norme	Date (NT)	Date (TT)	CO	HC	NO _x
Essence	Euro 1	06/1999	06/2000	8 (2 tps) 13 (4 tps)	4 (2 tps) 3 (4 tps)	0,1 (2 tps) 0,3 (4 tps)
	Euro 2	01/2003	01/2004	5,5	1,2 (<150 cm ³) 1 (>150 cm ³)	0,3
	Euro 3	01/2006	01/2007	2	0,8 (<150 cm ³) 0,3 (>150 cm ³)	0,15

1.1.4. Les autres mesures de lutte contre la pollution de l'air

Suite au sixième programme communautaire pour l'environnement, l'Union Européenne a publié des recommandations stratégiques ayant pour but de réduire la pollution de l'air dans les zones les plus problématiques (UE, 2005b). Dans le domaine des transports, les recommandations préconisent plusieurs actions, qui ont permis une mise à jour du livre blanc transports (UE, 2011). En voici certaines :

- La promulgation des véhicules utilisant un carburant de substitution, l'utilisation de biodiesel, de véhicules électriques, de gaz naturel et autres carburants peu polluants. D'un point de vue plus concret, les pays membres ont mis en place des aides financières à l'achat de tels véhicules (en 2014, l'aide peut atteindre 6500€/véhicule électrique en France).
- L'imposition de redevances pour les poids lourds utilisant les infrastructures routières, dont le tarif est réduit pour les véhicules les moins polluants. Ce principe est aujourd'hui mis en place dans de nombreux pays.
- L'évolution des normes Euro vers un système plus proche des conditions réelles d'utilisation du véhicule. En effet, les émissions réelles sont différentes de celles attendues par la réglementation en raison d'un cycle de test non-représentatif de la réalité (ADEME, 2014a). Cette recommandation a permis une nouvelle législation concernant les normes Euro (UE, 2008b, UE, 2009, UE, 2012). Elles devront désormais correspondre à des émissions calculées selon un processus non pas sous forme de cycle d'essai en laboratoire mais par un système appelé « *On Board Diagnostics* » ou OBD permettant de calculer les émissions réelles en condition de circulation.
- Une réduction des encombrements routiers, poussant à la création de zones à restriction de trafic comme à Londres ou en Italie. La restriction de trafic peut être basée sur la mise en place d'un péage urbain, de restrictions horaires, ou d'interdiction de circulation pour certains types de véhicules.
- La mise en place d'un cadre commun pour l'établissement de zones à émissions réduites. Celles-ci constituent l'objet principal du projet RETMIF et de ce chapitre reprenant les travaux de la première phase. Nous verrons que malgré la volonté de l'Union Européenne, les zones à émissions réduites se caractérisent par une forte diversité selon les pays et régions concernées.

1.2. Un outil contre la pollution urbaine : les Zones à Emissions Réduites (ZER)

1.2.1. Définition

Les zones à émissions réduites (ZER) restreignent l'accès aux seuls véhicules respectant des normes de pollution définies (UE, 2005b). Ces zones sont des « *aires géographiquement limitées, couvrant plus qu'une aire très locale, posant des problèmes avec la pollution de l'air, le bruit, la qualité de vie urbaine, la congestion et/ou la sécurité, et sujette à des restrictions spécifiques en volume ou nature (ou les deux) du trafic dans la zone* » (UE, 2005a).

NB Depuis la loi de transition énergétique pour une croissance verte (2015), la terminologie française utilise la notion de « Zone à Circulation Restreinte » (ZCR). Nous gardons dans ce rapport le terme ZER, issu de la traduction du terme anglais très utilisé de *Low Emission Zone* (LEZ), les deux termes ZER et ZCR étant cependant tout à fait interchangeables.

Les types de véhicules et les critères d'émissions associés sont définis par l'autorité locale, régionale et/ou nationale. Les zones concernées sont des aires définies spatialement. Nous ne considérerons pas comme ZER les linéaires tels les routes et tunnels isolés présentant de telles restrictions (p.ex. le Tunnel du Mont-Blanc et l'autoroute A12 autrichienne). Ces zones peuvent se décliner sous deux formes.

La première catégorie sera appelée **Zone à Emissions Réduites simple**. Il s'agit d'une zone présentant une restriction simple d'accès à des types de véhicules définis se conformant aux critères requis en termes d'émissions de polluants. Cette restriction s'exprime sous la forme d'une interdiction d'accès pour les autres véhicules. Les ZER simples ont été mises en place officiellement dans un but d'amélioration de la qualité de l'air.

La deuxième correspond à une **Zone à Emissions Réduites à péage**. Ce type de zone est une combinaison entre une ZER simple et un péage urbain. Il s'agit d'interdire l'accès à une zone définie pour les véhicules trop polluants, et de faire payer aux utilisateurs l'accès à une zone plus petite située à l'intérieur de la première (dans certains cas, les deux zones peuvent être confondues).

Au mois de mars 2014, nous avons recensé 197 ZER dans l'Union Européenne, dans 10 pays différents. Ce nombre est donné à titre indicatif, il peut être différent selon la méthode de comptage choisie. Sur ces 197, 106 sont des ZER simples et 91 sont des ZER à péage (dont 3 hors Italie).



Figure 5 : Une ZER simple la *Zona a Traffico Limitato* de Pavie en Italie (crédit photo : A.Montenon)



Figure 6 : Un péage urbain inclus dans une ZER : l'Area C de Milan (crédit photo : A.Montenon)

1.2.2. Typologie des zones à émissions réduites – aspects généraux et articulation avec le transport de marchandises

Afin de bâtir une typologie cohérente sur les *Low Emission Zones* en Europe, la première étape consiste à repérer les éléments qui peuvent être analysés et comparés. Le nombre de caractéristiques que l'on peut identifier est très grand ; nous en avons choisi onze, que nous avons classées en quatre catégories :

- Caractéristiques générales

Les caractéristiques présentées ici sont celles permettant d'identifier la zone, son étendue et son influence. Les cinq caractéristiques sont le lieu, le nom, la date de la première mise en place, la superficie et la population estimée à l'intérieur de la zone

- Gouvernance et contrôle

Ce sous-thème permet de repérer et comprendre l'aspect législatif et la gestion de la zone. Trois caractéristiques sont présentées : l'unité administrative (représentant les entités proposant la législation pour chaque zone et la gestion de celle-ci), le type de ZER, et le moyen de contrôle du respect de la législation. Il influence l'étendue et l'influence politique dans la gestion et la mise en œuvre de la zone.

- Véhicules impactés

Cela permet de repérer l'étendue de la zone en termes de volume impacté et d'impact environnemental. Deux caractéristiques sont présentées : les types de véhicules concernés par la législation, et les normes de pollution limites indiquées par la norme. Les normes maximales précisées sont celles effectives au 1^{er} mars 2014 ; elles sont amenées à évoluer régulièrement. Si celles-ci contiennent la mention « PM » ou « NO_x », cela signifie que les normes limites indiquées ne concernent que ces types de polluants et non toute la norme (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

- Spécificités propres

Il s'agit de préciser quelques informations spécifiques à chaque zone. Le nombre de spécificités inhérentes à chaque zone est très grand ; les quelques caractéristiques choisies représentent principalement les dérogations pour certains véhicules et les horaires d'application.

Le **tableau 8** ci-après représente cette typologie sur quelques exemples européens.

Septembre 2019

Caractéristiques générales					Gouvernance et contrôle			Véhicules concernés		Spécificités propres
Lieu	Nom local	Date de 1 ^{ère} mise en place	Superficie	Population est. dans la zone	Unité administrative	Type de ZER	Moyen de contrôle	Types de véhicules	Normes de pollution à respecter	-
ALLEMAGNE										
Berlin	Umweltzone	Jan. 2008	88 km²	1 000 000	Pays + NUTS 1	simple	Vignette	Tous sauf les motocycles	Euro 4 PM Diesel Euro 1 essence	Cf. paragraphe 1.3.2 L'Allemagne et Berlin
Cologne		Jan. 2008	101 km²	500 000	Pays + NUTS 1-2	simple	Vignette	Tous sauf les motocycles	Euro 3 PM Diesel Euro 1 essence	
Karlsruhe		Jan. 2009	11,5 km²	75 000	Pays + NUTS 1-2	simple	Vignette	Tous sauf les motocycles	Euro 4 PM Diesel Euro 1 essence	
Pforzheim		Jan. 2009	2 km²	4 000	Pays + NUTS 1-2	simple	Vignette	Tous sauf les motocycles	Euro 4 PM Diesel Euro 1 essence	
AUTRICHE										
Graz	Sanierungsgebiet	Juin 2012	5 700 km² ----- 196 km²	950 000 ----- 300 000	NUTS 2	simple	Certificat d'immatriculation	PL > 7,5 t et taxis	PL : Euro III PM/NO _x Diesel Taxis : Euro 4 PM Diesel ----- PL : Euro III PM Diesel Taxis : Euro 4 PM Diesel	Evolution de la norme limite chaque année. Dérogations annuelles pour certains véhicules spécialisés. Autoroutes exclues du dispositif.
DANEMARK										
Copenhague	Miljøzone	Sep. 2008	95 km²	600 000	NUTS 3	simple	Vignette	Poids-Lourds	Euro IV PM	

Septembre 2013

GRECE											
Athènes	Μεγαλο Δακτυλιο (Grand ring)	Sep. 2012	130 km²	2 200 000	NUTS 1-3	simple	Certificat d'immatriculation	PL > 2.2 t et bus	Véhicules < 13 ans	Active lun-jeu 7h-20h ven 7h- 15h	> 2.2t interdits Horaires allongés pour les Athéniens. Nombreuses dérogations
	Μικρος Δακτυλιος (Ring)		11 km²	200 000			Vignette	Tous sauf les motocycles	Euro 5 / Euro 4 hybride 140 gCO ₂ /km	Circulation alternée pair / impair pour tous les autres véhicules	
ITALIE (cf. paragraphe 1.2.3)											
Milan	Zona ex-A1	Oct. 2010	1140 km²	3 600 000	Pays + NUTS 2	à péage	Certificat d'immatriculation	Tous	Euro 3 PM Diesel Euro 1 essence	Du 15 octobre au 15 avril (motos et bus toute l'année). Active lun-ven de 7h30 à 19h30	
	AreaC / Zona a traffico limitato (ZTL)	Juin 2008	8 km²	77 000	Pays + NUTS 3		Lecture de plaques par caméra		Euro 4 PM Diesel Euro 1 essence	Entre 2€ et 5€/jour ; Euro 3 sans retrofit pour les résidents. Active lun- ven de 7h30 à 19h30. Interdite aux véhicules de plus de 7,5 mètres de long.	
Rome	ZTL Anello Ferroviario	Jan. 2002	40 km²	400 000	Pays + NUTS 3	à péage	Permis spécial + caméra	Tous	Euro 2 Diesel Euro 1 essence	Active du lundi au vendredi. Etait au départ uniquement active en journée. Nombreuses dérogations (notamment pour les résidents et handicapés)	
	ZTL (Trastevere, Centro Storico, Monti, S. Lorenzo, Testaccio)	Oct. 2001 (Centro Storico)	8,5 km²	80 000				Tous sauf les motocycles	Propulsion électrique	Horaires différents selon le lieu (5 zones différentes). Non actif les dimanches et jours fériés. Dérogations payantes pour les résidents, et quelques types de professionnels.	
	ZTL Merci	Nov. 2011	6,3 km²	60 000				PL	Euro 4 Diesel Euro 3 essence	Horaires différents selon la norme Euro et le poids. Evolution annuelle de la norme limite autorisée. Différences compte-propre/compte d'autrui. Tarif différent selon la norme. Très nombreuses dérogations.	
Vérone	-	Mai 2005	207 km²	260 000	Pays + LAU 2	à péage	Vignette	Utilitaires et Tricycles à moteur	Euro 3	Euro 2 autorisés mais payent 20€/jour. Active lun-ven de 6h00 à 20h00 Nombreuses dérogations	

Caractéristiques générales					Gouvernance et contrôle			Véhicules impactés		Spécificités propres	
Lieu	Nom local	Date de 1 ^{ère} mise en place	Superficie	Population est. dans la zone	Unité administrative	Type de ZER	Moyen de contrôle	Types de véhicules	Normes de pollution limites actuelles	-	
PAYS-BAS											
Amsterdam	Milieuzone	Oct. 2008	40 km²	450 000	Pays + NUTS 3	simple	Lecture de plaques par caméra	Poids-Lourds	Euro IV Diesel	Les véhicules étrangers ne sont pas concernés.	
PORTUGAL											
Lisbonne	Zona de Emissões Reduzidas	Avr. 2012	26 km²	220 000	NUTS 3	simple	Certificat d'immatriculation	Tous véhicules	Euro 1	De 7h à 21h, du lundi au samedi	Autorisation Lisboètes
		Juil. 2011	0.6 km²	2 500					Euro 2		Autorisation résidents de la zone
RP. TCHEQUE											
Prague	Nízkoemisní Zónám ou Zóna	Jan. 2008	30 km²	200 000	NUTS 2	simple	Enregistrement à la mairie - Certificat d'immatriculation	PL > 6 t	Euro IV	Active de 8h à 18h du lundi au vendredi	
			5 km²	30 000				PL > 3,5 t			
ROYAUME-UNI											
Londres	Low Emission Zone	Fév. 2008	1580 km²	7 500 000	NUTS 1	à péage	Lecture de plaques par caméra	Utilitaires	VUL : Euro 3 PM Diesel PL : Euro IV PM	Cf. paragraphe 1.3.1	
	Congestion Charging Zone	Jan. 2003	20 km²	200 000				Tous sauf bus, motos et <75gCO ₂			
Norwich	Low Emission Zone	Sep. 2008	200 km²	140 000	LAU 1	simple	Permis de conduire	Bus	Euro III PM/NO _x		

Caractéristiques générales					Gouvernance et contrôle			Véhicules concernés		Spécificités propres
Lieu	Nom local	Date de 1 ^{ère} mise en place	Superficie	Population est. dans la zone	Unité administrative	Type de ZER	Moyen de contrôle	Types de véhicules	Normes de pollution à respecter	-
SUEDE										
Stockholm	Miljözon	Août 2007	30 km ²	300 000	Pays + NUTS 2	à péage	Barrière de péage + Carte grise	Poids-lourds (péage tous)	Diesel : si Euro III, véhicule < 6 ans si EuroIV/EuroV, autorisation jusqu'en 2016/2020	Taxe dépendant des heures d'entrée et de sortie de la zone, max. 60SEK/jour (7€). Gratuit la nuit, le week-end et en juillet. Réduction pour les entreprises et les trajets courts.
		Juil. 1996 - Déc. 2006				simple	Vignette	Poids-lourds		

Tableau 8 : Typologie de quelques ZER en Europe - au 01/03/2014

- Caractéristiques générales

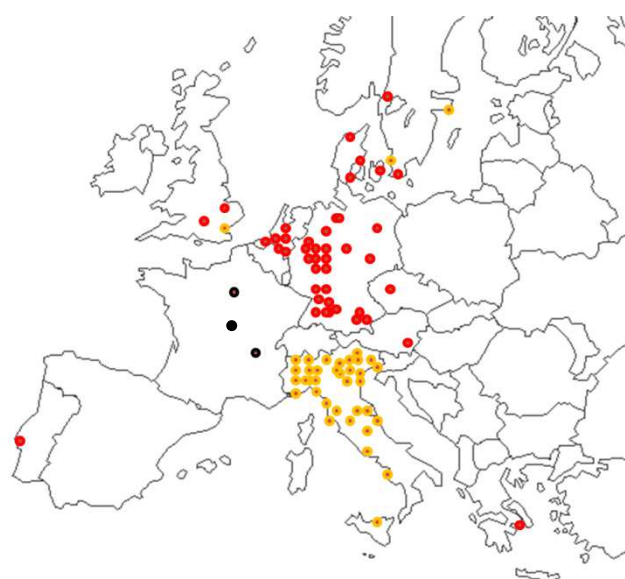
- Le lieu

Il s'agit du premier facteur d'identification pour chacune des zones.

Sur le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et la figure 7 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** sont indiqués le nombre de ZER par pays et leur emplacement de certaines zones en mars 2014.

Pour le tableau, nous n'avons considéré que les zones mettant en place une restriction stricte corrélée à la pollution des véhicules. Dans certains cas, la circulation est régulée par l'usage d'un péage urbain ne restreignant pas les véhicules mais augmentant la tarification selon le niveau de pollution ; dans d'autres villes (entre parenthèses dans le tableau), les législations ne sont pas appliquées (cf. 1.2.5) ou la zone appelée Zone à Emissions Réduites ne suit pas notre définition ; pour ces exemples, nous ne considérons pas ces zones comme Zones à Emissions Réduites.

Figure 7 : Lieux d'implantation des ZER en Europe au 01/03/2014



Source : APUR, modifiée par l'auteur

Légende : rouge = ZER simple ; orange = ZER à péage
noir : ZER non appliquée ou non-restrictive

Tableau 9 : Nombre de ZER en Europe par pays au 01/03/2014

Allemagne	76
Autriche	3
Danemark	4
Espagne	(1)
France	(2)
Grèce	1
Italie	88
Pays-Bas	12
Portugal	1
République Tchèque	1
Royaume-Uni	3
Suède	8

Le nombre de ZER peut être variable selon le type de comptage. Dans notre cas, nous avons considéré pour l'Allemagne le nombre de communes disposant d'une ZER. Dans le cas de l'Italie, si plusieurs ZTL sont incluses dans une grande ZER (par exemple en Lombardie), l'incrémentation dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** est de 1.

On distingue ainsi trois grands groupes de pays européens :

- ✓ un groupe constitué de l'Allemagne, l'Italie, les Pays-Bas et la Suède, où de nombreuses villes ont mis en place des ZER, avec une impulsion nationale importante ;
- ✓ un groupe de pays où les principales villes (et uniquement elles) ont une ZER, généralement d'initiative locale, par exemple le cas de la plus connue des ZER européennes, la *London Low Emission Zone* ;
- ✓ enfin un groupe de pays qui n'en ont pas ou dont la portée est extrêmement limitée du fait d'un respect très faible de la règle: il s'agit essentiellement de la France, de la plupart des pays d'Europe de l'est, ainsi que de l'Espagne dans une moindre mesure. A Madrid, il existe une *zona de bajas emisiones* (littéralement zone à faibles émissions) ne restreignant pas le trafic (cf. paragraphe b de 1.2.5).

➤ Nom local

Les noms locaux peuvent être les équivalents de Zone environnementale (ex : Suède, Allemagne), Zone à trafic limité (ex : Italie), Zone à basses émissions (ex : Royaume-Uni), etc. L'Union Européenne utilise deux termes : « Zones à faibles émissions » (UE, 2005a) et « Zones environnementales » (UE, 2005b).

Ces noms reflètent la culture de l'environnement et du transport dans le pays et la ville concernés, et donc l'orientation de la politique de cette zone. Par exemple, en Italie, le but des ZTL est avant tout de réduire le trafic ; le principe environnemental lié à la qualité de l'air dans ces zones a été acté plus tard. Les études ex-ante et ex-post seront donc plutôt orientées vers le transport de marchandises et de particuliers. En Allemagne, le but premier poussé par les autorités pour la mise en place des Umweltzonen est la qualité de l'air, et les études de faisabilité et les résultats seront axés sur la pollution résultante.

➤ La date de première mise en place

Dans le **tableau 8**, la date inscrite est la date de la première mise en fonctionnement de la zone.

➤ La superficie

En Europe, la taille d'une ZER varie entre 0,6 km² (Zone 1 de Lisbonne) et 5 700 km² (région Styrie en Autriche). Elle est souvent très liée au type de collectivité gérant la zone, et représente un découpage territorial administratif ou une délimitation spatiale caractéristique (ex : délimitée par des canaux ou un anneau de chemins de fer). La superficie a une conséquence directe sur le coût de la mesure et les portées environnementale, sociale et économique de la zone. Par exemple, la mise en place de caméras de contrôle sur une large zone est plus rentable que sur une zone plus réduite. En termes d'aspects environnementaux et de trafic, la population et les transporteurs auront une tendance plus forte à contourner une zone réduite plutôt qu'une zone très étendue. D'un point de vue social, une Zone à Emissions Réduites dans un centre historique peu étendu bénéficiera d'un accueil plus favorable par la population.

NB : dans le tableau 8, dans le cas de ZER incluant une double zone, les deux superficies sont indiquées.

➤ La population concernée

La population dans la zone concernée est un indicateur de l'impact global de la zone, que ce soit au niveau du gain en qualité de l'air, de la santé, ou bien des impacts socio-économiques (Partie n°**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Le nombre d'emplois et d'entreprises dans la zone n'est pas indiqué en raison d'un manque de données et des difficultés d'agrégation.

- Gouvernance et contrôle

- Unité administrative

Les ZER sont gérées par des collectivités de différentes importances aux niveaux institutionnels : local, régional et/ou national. Nous distinguons ici la collectivité au sens NUTS européen⁵ (NUTS 1, 2, 3 et LAU 1, 2). Il peut y avoir plusieurs structures impliquées, par exemple le pays qui définit la politique et la norme limite, et la collectivité locale qui décide de la taille de la zone et qui gère les infractions.

L'unité administrative a son importance quand l'on parle du transport de marchandises affecté par la ZER. En effet, la politique du fret et de transport urbains est souvent décidée à niveau d'administration local ; la politique environnementale, est décidée à un point de vue local, régional et/ou national. La mise en place d'une ZER peut être déterminée par l'une de ces deux entités selon le pays et la ville. Les deux thèmes étant réunis lorsque l'on parle de ZER, la capacité de dialogue entre chacun des services associés est primordiale quant à la bonne marche de la mesure. Par exemple, dans le cas d'une ZER définie par politique nationale environnementale appliquée au niveau local, c'est le service fret de la localité qui communiquera avec les entreprises concernées pour leur expliquer la mesure, et le cas échéant leur donnera des conseils et leur promulguera des aides financières ou des formations.

- Le type de ZER

Comme mentionné au paragraphe 1.2.1, nous avons identifié deux types de Zones à Emissions Réduites : la ZER simple et la ZER à péage. Le fait d'avoir un péage urbain intégré dans une Zone à Emissions Réduites (ZER à péage) s'explique en partie par une politique basée sur la réduction de la congestion (donc une politique de transport et politique économique) et non sur la réduction de la pollution (politique environnementale).

⁵ http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/nuts_nomenclature/correspondence_tables/national_structures_eu

La différence d'approche entre transport/économie et environnement a une incidence sur les résultats et leur présentation ; par exemple, les prévisions et résultats environnementaux seront mis en avant en Allemagne (Lutz et Rauterberg-Wulff, 2009), contrairement à l'Italie (Danielis et al., 2011). Il est généralement admis (Börjesson et al., 2011, Danielis et al., 2011) que les ZER à péage permettent une réduction de la congestion plus forte, car elles permettent plus directement la réduction du nombre de véhicules et donc une performance économique du fret améliorée sur le long- terme grâce à une réduction des temps de parcours et la réorganisation des trajets (cf. a du paragraphe 1.4.2) ; les ZER simples poussent non pas à la réduction du nombre de véhicules mais à l'accélération de la modernisation du parc, notamment de véhicules lourds (utilitaires + bus). Dans certains cas, notamment à Londres (cf. 1.3.1), la pratique montre que l'on ne peut pas réduire ces résultats à la simple différence entre ZER à péage et ZER simples, d'autres paramètres tels que la différence de superficie entre le péage et la ZER qui l'entoure doivent également être pris en compte.

➤ Les moyens de contrôle

Il existe actuellement deux modes de contrôle principaux en Europe : le contrôle par caméras et lecture de plaques, et le contrôle visuel par vignette (ADEME, 2014b). Le moyen de contrôle agit sur l'investissement, le ressenti de la population, et surtout sur le taux de respect de la législation.

Dans le cas de caméras, la difficulté vient de la possibilité de lier électroniquement la lecture des plaques avec le fichier de cartes grises nationales. Par exemple, en Allemagne, ce principe est impossible pour des questions liées à la vie privée et à la séparation entre l'Etat et l'organisme de cartes grises.

Par exemple, la ville d'Amsterdam a mis en place un système de caméras de contrôle pour sa *Milieuzone* en 2009 ; le taux de respect est passé de 66% en 2008 à 97% en 2010 (Boogaard et al., 2012). Même si cette augmentation n'est pas à mettre au total crédit du changement de type de contrôle, le fait de la mise en place de caméras a joué un rôle prépondérant dans le taux de respect de la législation. En termes économiques, le rôle du choix du type de contrôle est à mettre en parallèle avec l'investissement réalisé pour la mise en place du dispositif, en prenant en compte le fait que le taux de respect augmente mathématiquement avec le temps du fait du renouvellement régulier de la flotte de véhicules.

• Véhicules concernés

➤ Les types de véhicules concernés

La totalité des ZER en Europe concernent les véhicules lourds, parmi elles seules deux (Norwich et Oxford au Royaume-Uni) n'impactent pas la circulation des véhicules de transport de marchandises mais uniquement les bus. Sur les 197 recensées, 26 ne concernent que les véhicules utilitaires (poids lourds et VUL). Sur ces 26, seule celle de Londres prend en compte les véhicules utilitaires légers. Ces restrictions axées uniquement sur les véhicules utilitaires ne représentent que 12% du total des ZER, mais si l'on regarde le nombre de pays, on compte seulement 5 pays sur 10 prenant en compte des véhicules légers.

L'impact global des ZER prenant en compte les véhicules légers est très différent, au niveau du nombre de véhicules concernés et donc de la quantité d'émissions, ou sur les changements structurels que cela implique. Dans le cadre de la logistique urbaine, le choix des types de véhicules concernés peut engendrer une modification dans la répartition compte propre / compte d'autrui, le nombre de véhicules-kilomètres effectués et le tonnage moyen pour chaque type (selon le poids), le taux de chargement des véhicules, etc.

➤ Les normes de pollution limite et équipements à respecter pour pouvoir circuler

Les normes de pollution sont directement liées à l'âge du véhicule. La norme Euro correspond à une valeur de pollution limite calculée en conditions de laboratoire, et nécessaire à la mise sur le marché d'un véhicule (cf. paragraphe 1.1.3). Elles ont un impact que l'on peut rapprocher de celui des types de véhicules.

Les influences liées à ces normes sont d'ordre :

- o Environnemental, car elles définissent la quantité maximale théorique de polluants libérés dans l'air.
- o Social, surtout dans le cas de ZER limitant la circulation des véhicules légers, car elles enfreignent la capacité et la liberté de circulation de chacun.
- o Economique, car elles obligent les entreprises à repenser l'organisation de leurs flux. Le budget d'investissement de chaque entreprise se retrouve en partie guidé et/ou réorienté. L'avenir des plus petites entreprises peut être remis en question, car leur capacité d'investissement est moins élevée.
- o Structurel, car elles incitent à réfléchir à une nouvelle organisation de la logistique au sein du territoire, par le biais de délocalisations de pôles, de la mise en place d'infrastructures favorisant l'utilisation de nouvelles technologies peu polluantes (ex : les bornes de recharge électrique), ou encore d'aides à la réorganisation des entreprises.

Dans certains cas, le retrofit sur les véhicules est autorisé pour entrer dans une ZER. Il s'agit d'un équipement additionnel ou d'un remplacement d'équipement permettant la réduction d'un ou plusieurs types d'émissions. Il ne s'agit pas de répondre à la norme Euro dans son intégralité mais uniquement à la valeur correspondant à l'un des polluants.

NB : dans le Tableau 8, l'appellation choisie pour les ZER concernant uniquement les PM_{10} est « Euro X PM » ; pour les ZER concernant uniquement les NO_x et les PM, l'appellation choisie est « Euro X ou retrofit ».

Le système de retrofit peut être un système de réduction d'émissions de particules certifié (SREP), un système catalytique, ou une conversion de la motorisation vers un carburant dont les émissions sont moins polluantes. L'avantage principal du retrofit est son coût d'investissement, bien moindre que le remplacement d'un véhicule.

En raison de l'augmentation des émissions de NO_x après la mise en place d'un retrofit de type SREP, l'autorisation de ces dispositifs tend à être abandonnée en Europe.

- Spécificités propres

Il s'agit de toutes les autres spécificités. Les principales concernent les horaires d'application ou encore les types de dérogations. Quand l'on parle de logistique, trois points sont à évoquer :

- o La plage horaire. La majorité des ZER sont effectives 24h/24 7j/7. Toutefois, dans certains cas, la plage est plus réduite et ne prend en compte que les heures de pointe les jours ouvrés. Cela implique une articulation avec la législation du fret, dans le cadre de possibilité de livraisons de nuit. D'autres ZER ne sont actives que durant une période de l'année.
- o La prise en compte des véhicules étrangers. Ce point est important dans les zones de transit et dans les zones frontalières. Par exemple, l'*Umweltzone* de Berlin est située à moins de 100 kilomètres de la Pologne, et le nombre de véhicules étrangers y est important, notamment de véhicules utilitaires, car le coût de main d'œuvre polonais est beaucoup moins élevé qu'en Allemagne.
- o Les types de dérogations. L'autorité locale peut autoriser certains types de véhicules comme par exemple les tracteurs agricoles, les véhicules de recyclage de matériaux, ou les véhicules spéciaux de construction. Les principales raisons d'accorder ces dérogations sont économiques, soit liées à la faible marge de manœuvre d'une entreprise, soit liées au prix très élevé des véhicules spécialisés qui font l'état d'un taux de renouvellement plus faible.

1.2.3. Le cas de l'Italie

Les *Zone a traffico limitato* (ZTL) ont été créées officiellement dans les régions italiennes le 30 avril 1992 (MLP, 1992). Contrairement au principe de base des zones à émissions réduites énoncés plus tôt dans ce chapitre, les ZTL sont des législations basées en premier lieu sur la réduction du trafic et la réduction de la congestion, et qui impliquent une amélioration de la qualité de l'air et une réduction du bruit en deuxième lieu. L'Italie étant une fédération, chaque région et commune applique ce principe selon ses propres règles via des « plans de trafic urbain ».

La majorité des villes concernées ont mis en place un équivalent de péage urbain dans leur hypercentre, et l'augmentation des problèmes de qualité de l'air en hiver a incité la mise en place de Zones à Emissions Réduites.

Ce cas spécifique des ZTL et de la superposition de mesures implique une très grande diversité dans les ZER présentes en Italie, et ce à l'intérieur même des villes. Par exemple, la ville de Rome compte une dizaine de ZTL en son centre, certaines impliquant un paiement, d'autres une restriction de certains types de véhicules la nuit, et des changements de délimitation des zones selon l'heure et le jour de la semaine. Cette diversité provoque également des superpositions de restrictions. En Lombardie, différentes zones (A1, A2, B, C1 et C2) ont été définies à des fins de réduction de concentrations en PM_{10} , NO_x et COV dans l'air (Regione Lombardia, 2007). Les zones A1 sont ainsi devenues des Zones à Emissions Réduites en 2010 par la mise en place d'un interdit de circuler pour les véhicules les plus anciens durant une période de l'année. Ces zones se superposent aux ZTL déjà présentes dans les villes lombardes.

La superposition de règles et la diversité impliquent en Italie un nombre de dérogations inégalé en Europe. Pour la seule zone ex-A1 lombarde, 22 types de dérogations sont possibles, sans prendre en compte les différentes dérogations par ville (notamment dans l'Area C de Milan, disposant d'un grand nombre de dérogations et de tarifs préférentiels). A titre de comparaison, aucune dérogation n'est possible aux Pays-Bas.

1.2.4. La place du fret dans les ZER

La totalité des ZER en Europe concernent les véhicules lourds et seules deux (Norwich et Oxford au Royaume-Uni) ne concernent pas la circulation des véhicules de transport de marchandises mais uniquement les bus. Sur les 197 ZER recensées, 26 (12%) ne concernent que les véhicules utilitaires. Sur ces 26, seule celle de Londres prend en compte les véhicules utilitaires légers.

Dans les 197 ZER recensées, la majorité ont défini la norme Euro 4 PM comme limite fixée pour l'autorisation à circuler. C'est ainsi le cas de la majorité des villes allemandes, de plusieurs villes italiennes (où certaines limites sont même fixées à Euro 5), de Copenhague et de Londres (qui par ailleurs interdit les VUL sur la base de la norme Euro 3 PM). D'autres comme Amsterdam ou Prague imposent la norme Euro IV en général. Un autre groupe de villes se contente de la norme Euro III, comme de nombreuses ZER italiennes, celle de Norwich ou de la Presqu'Île de Lyon. Enfin, un groupe de villes plus « laxistes » interdisent seulement les très vieux camions : à Athènes (pour l'ensemble de l'aire métropolitaine) seuls les véhicules de plus de 13 ans sont interdits de circulation (dans le centre ville, cependant, une restriction beaucoup plus sévère s'applique pour les véhicules souhaitant échapper au système de circulation alternée). Une majorité de petites villes italiennes ont choisi la limite Euro II, et Lisbonne Euro I.

Dans notre définition des caractéristiques inhérentes aux ZER, nous avons défini plusieurs types d'impacts et d'influences liées au transport de marchandises. De nombreuses caractéristiques sont interconnectées. Le nombre d'interconnexions possibles est très grand ; le but des paragraphes suivant est de présenter une première vision de deux connexions et leur influence sur le transport de marchandises. La première est une connexion simple entre deux caractéristiques, la deuxième est un lien induit.

Les deux caractéristiques choisies ici sont l'unité administrative et les normes de pollutions.

Comme dit précédemment, toutes les Zones à Emissions Réduites concernent les véhicules lourds, et seules deux ne concernent pas les véhicules utilitaires. 170 zones sur 197 concernent les véhicules utilitaires légers. Les pays comprenant le plus grand nombre de ZER sont l'Allemagne (76), l'Italie (88), les Pays-Bas (12) et la Suède (8). Nous remarquons que pour ces quatre pays, l'instigateur de la ZER a été le gouvernement fédéral, et que les régions et communes concernées l'ont adaptée et appliquée, dans un cadre délimité. En France, on peut signaler que le projet ZAPA (Zones d'Action Prioritaires pour l'Air) était porté par l'Etat avec 8 zones volontaires, parmi lesquelles 2 en Ile-de-France, pour en étudier la faisabilité sur leur territoire.

La norme de pollution est, au même titre que les types de véhicules choisis dans la réglementation, un facteur déterminant le nombre de véhicules affectés. Si la norme de pollution demandée est exigeante, et que le nombre de ZER, dans le pays, est limité à une ou quelques villes, une entreprise réalisant du transport de marchandises peut décider de délocaliser une partie de ses véhicules pour mettre les plus récents dans la ZER, et ainsi ne rien changer à ses pratiques. La pollution n'est que déplacée, et peut impacter une autre ville problématique sans ZER. En parallèle, une mesure appliquée sur de nombreuses villes mais avec une norme de pollution peu restrictive, n'aura que peu d'impact sur la pollution de l'air.

Ainsi, l'interconnexion entre l'unité administrative et la norme de pollution choisie a une influence réelle sur l'impact de la mesure sur la qualité de l'air.

L'influence économique est également réelle. En effet, l'Etat et les régions disposent de moyens beaucoup plus élevés que les villes. Les incitations financières peuvent être beaucoup plus fortes, et les retrofits ou les programmes d'aide à l'achat de véhicules propres peuvent être en partie financés par les fonds publics. L'impact économique sur les particuliers et surtout les entreprises s'en retrouvera différent, et cela augmentera la possibilité de choix entre norme de pollution stricte ou avec retrofit.

Enfin, bien que cet aspect soit difficile à exprimer de manière scientifique et concrète, la « culture » du pays et de la région dans lesquels est implantée une Zone à Emissions Réduites joue un rôle dans la définition des caractéristiques de chaque zone, ainsi que son articulation.

Le premier exemple que nous pouvons donner est le moyen de contrôle utilisé. En Allemagne, le principe de la vie privée apparaît comme fondamental. Mettre en place des caméras comme en Angleterre provoquerait un remous auprès de la population qui « n'accepterait pas d'être épiée à son insu » (Source : rencontres à Berlin avec les pouvoirs publics).

Un deuxième point est le principe du péage. En Allemagne, le principe du péage a été discuté, mais très vite mis de côté. La ville de Londres a par contre mis en place la Congestion Charging Zone avant la Low Emission Zone. D'après les pouvoirs publics (entretiens effectués à Londres), le fait d'avoir mis en place la Congestion Charging Zone, c'est-à-dire un péage urbain, a permis d'avoir des résultats beaucoup plus importants en termes environnementaux et économiques, car la population et les entreprises se sentent directement concernées par le dispositif. La Low Emission

Zone étant plus importante en termes de taille (quasiment toute l'agglomération du Grand Londres), le sujet de la liberté de la population et de la pérennité des petites entreprises face à un péage urbain aurait été plus sensible politiquement et économiquement. Les entreprises utilisant des véhicules lourds ont donc été les seules concernées par le dispositif.

En parallèle, à Londres et dans les pays n'ayant pas mis en place de ZER pour les véhicules particuliers, certains transporteurs peuvent se sentir marginalisés car non logés à la même enseigne que les particuliers. En effet, d'après ces professionnels (entretiens réalisés durant le projet), la majorité des véhicules en ville sont des véhicules légers, et ont donc un impact plus important sur la pollution. Les acteurs du fret peuvent alors sentir une inadéquation entre la problématique environnementale de la ZER et la restriction dont ils font l'objet. Le coût social peut se révéler important. Mais, dans les pays concernés, certains entretiens nous ont permis de voir que ce problème n'est que mineur, et que les transporteurs et les entreprises utilisant des véhicules lourds comprennent et acceptent ce principe, pour des raisons notamment de capacité politique.

Ces points sont détaillés plus en profondeur dans de la phase 2 du projet RETMIF : Etudes de cas et impacts sur les entreprises de transport de marchandises (cf. paragraphe 2).

1.2.5. Quelques grandes villes européennes sans ZER

a. Paris et la France, la difficulté de mise en place des ZAPA

Paris est la plus grande agglomération d'Europe en termes de population.

Dans le cadre des recommandations stratégiques européennes, le gouvernement français a lancé via la loi dite « Grenelle 2 » du 12 juillet 2010 le programme « Zones d'Actions Prioritaires pour l'Air » ou ZAPA, pour lequel un appel à projets a été lancé en 2010 par l'ADEME (Airparif, 2012). Le but était de définir la faisabilité d'une ZER dans des agglomérations volontaires et où une qualité de l'air est moins bonne que les standards européens (cf. 1.1). Parmi les huit villes et agglomérations candidates à l'appel à projets se sont présentés en région parisienne la ville de Paris et la communauté d'agglomération de Plaine Commune.

Le principe premier était d'effectuer, de façon analogue à l'Allemagne, un système de classement de véhicules selon leurs émissions, avec un classement en nombre d'étoiles, cinq étoiles étant le véhicule le moins polluant (CGDD, 2013b).

A partir de ce classement, pour la région parisienne, une trentaine de scénarios ont été proposés selon la taille de la zone et les types de véhicules touchés. Neuf ont été retenus (APUR, 2012, Airparif, 2012).

Parmi les sept villes et agglomérations ayant réalisé une étude de faisabilité (l'agglomération niçoise n'étant pas allée jusqu'à ce stade), aucune n'a remis de proposition concrète de mise en place d'une telle zone. Pour des raisons de justice sociale, le dispositif ZAPA a été abandonné en 2013 par le ministre en charge de l'écologie et remplacé par les mesures liées au Plan d'Urgence pour la Qualité de l'Air, notamment les zones à circulation restreintes (MEDDE, 2013).

Depuis 2013, la ville de Paris a de nouveau entrepris une politique active de limitation des véhicules les plus polluants (phases 2 et 3 de RETMIF aux paragraphes 2 et 3).

b. Madrid, un prix différencié du stationnement

Une étude de faisabilité a été effectuée sur la mise en place d'une Zone à Emissions Réduites dans la zone du centre-ville intra-M30, mais ce projet n'a jamais abouti. Cependant, il existe depuis 2009 une « zona de bajas emisiones » (littéralement zone à faibles émissions) sur ce périmètre. Cette zone ne limite pas le trafic des véhicules, mais différencie le prix du stationnement selon l'âge du véhicule et son carburant. Ainsi, les véhicules électriques et hybrides profitent d'un rabais de 20%, les véhicules Diesel Euro 6 et Essence Euro 4 ont quant à eux un rabais de 10%.

c. Hambourg, un projet abandonné

Hambourg est la troisième ville d'Allemagne après Berlin et Munich, et la seule grande ville allemande ne disposant pas d'Umweltzone.

Malgré des problèmes de qualité de l'air (AEE, 2012), et une pollution forte due notamment à sa place de plaque tournante du fret en Allemagne vers les mers du Nord et Baltique, le projet d'Umweltzone de la cité-Etat de Hambourg n'a jamais débouché sur la mise en place d'une telle zone. La principale raison officielle de ce changement tient dans le principe des Umweltzonen, dont le but premier est la réduction des particules (cf. paragraphe 1.3.2). Or, Hambourg est une ville ayant peu de problèmes de ce genre en raison du vent, mais a par contre de fortes concentrations de NOx. Par exemple, à Berlin, l'Umweltzone a réduit la concentration de particules mais n'a eu qu'un impact relatif sur le NOx (cf. b du paragraphe 1.3.2). Pour cette raison de faible impact sur les NOx, le sénat de la ville-Etat de Hambourg a donc décidé le 12 juin 2012 d'annuler le projet d'Umweltzone (Herb et Deutschlandfunk, 2012).

1.3. Etat des lieux de deux ZER : Londres et Berlin

1.3.1. Londres, un cas isolé au Royaume-Uni

La *Low Emission Zone* du Grand Londres est la deuxième plus grande d'Europe, avec près de 1600 km² ; elle correspond peu ou prou au Grand Londres et à la zone à l'intérieur de l'autoroute M25 (Figure 8).

A sa création, l'idée première de la zone est de réduire sensiblement la pollution provoquée par le trafic routier dans la région sans pour autant provoquer un coût économique important (AEA Technology Environment, 2003).



Figure 9 : Panneau d'entrée de la LEZ
(source : Wikimedia Commons)

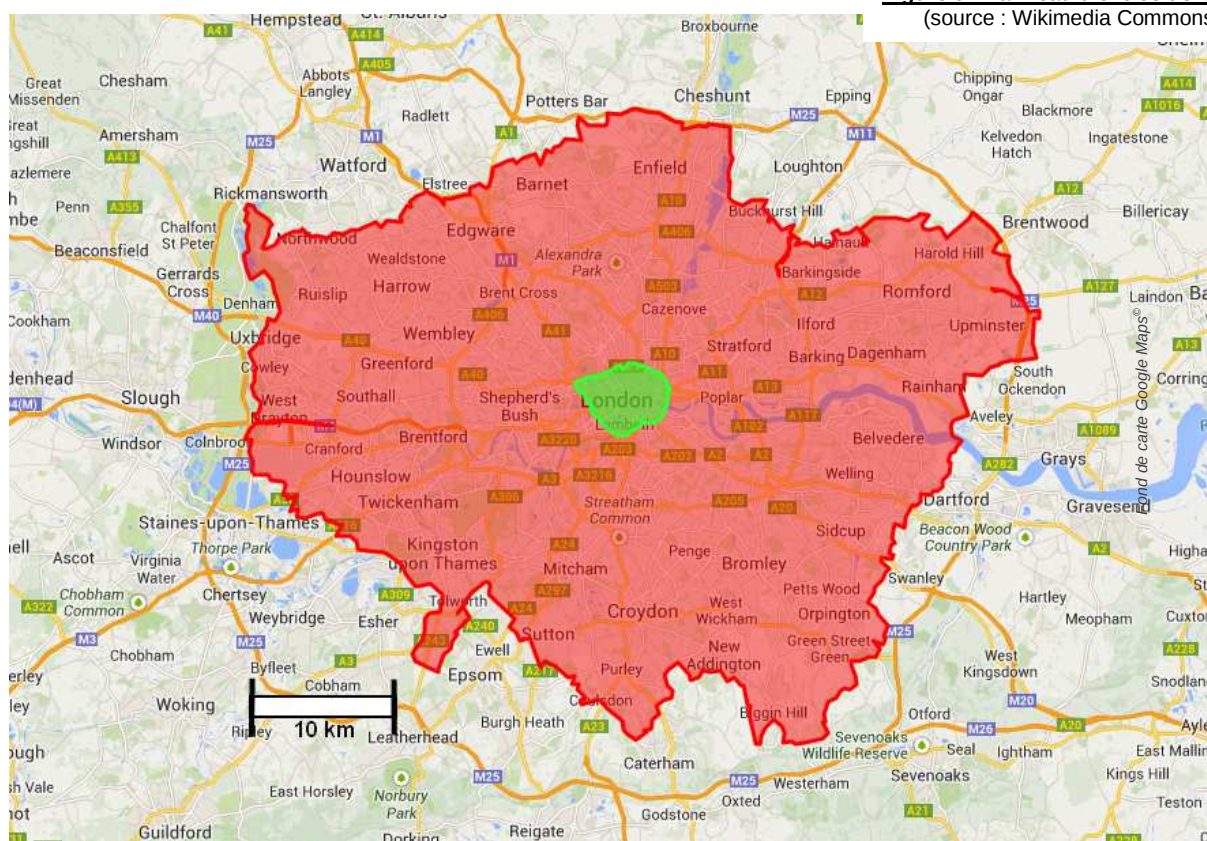


Figure 8 : La Low Emission Zone (rouge) et la Congestion Charging Zone (vert) de Londres

La mise en œuvre s'est déroulée en quatre phases (TfL, 2008) :

- o Phase 1, 02.02.2008 : Les véhicules Diesel de plus de 12 tonnes en PTAC (Poids Total Autorisé en Charge) doivent répondre à la norme Euro III PM. Les bus sont exemptés, ainsi que différents véhicules spécialisés (pompiers, etc.).
- o Phase 2, 01.07.2008 : Le PTAC minimum est ramené à 3,5 tonnes.
- o Phase 3, 03.01.2012 : Les véhicules utilitaires et fourgons/pick-ups ayant un poids à vide supérieur à 1,205 kg et un PTAC inférieur à 3,5 tonnes, les ambulances et autocaravanes ayant un PTAC compris entre 2,5 à 3,5 tonnes, ainsi que les minibus de plus de 8 sièges de ayant un PTAC inférieur à 5 tonnes doivent respecter la norme Euro 3 PM. Cette phase 3 était au préalable prévue pour 2010, mais a dû être décalée.
- o Phase 4, 03.01.2012 : Les poids lourds de plus de 3,5 tonnes, ainsi que les autobus et autocars de plus de 5 tonnes, doivent respecter la norme Euro IV PM.

Certaines dérogations existent, pour les véhicules du Ministère de la Défense, les véhicules des forains, les véhicules historiques construits avant 1973, ainsi que les véhicules utilitaires non routiers tels certains véhicules agricoles ou les grues mobiles.

Le contrôle se fait par un système de caméras. Ces caméras prennent une photographie des plaques des véhicules et les comparent instantanément à la base de données présente dans les serveurs de Transport for London (TfL), fournie par le service des immatriculations du Royaume-Uni. Les véhicules étrangers doivent être au préalable enregistrés sur le site de TfL et sont ajoutés à la base de données.

Pour les véhicules non tolérés, il est possible de payer une taxe de 100 ou 200£/jour pour pénétrer dans la zone. Les amendes sont de 250 à 1000£ par jour. Ces montants sont élevés, car la législation prévoit des pénalités faibles donc non incitatives en cas de non-respect d'une réglementation routière.

Les taux de respect de la norme par les véhicules concernés au moment de la mise en œuvre des phases 3 et 4 sont de 97% et 85% respectivement.

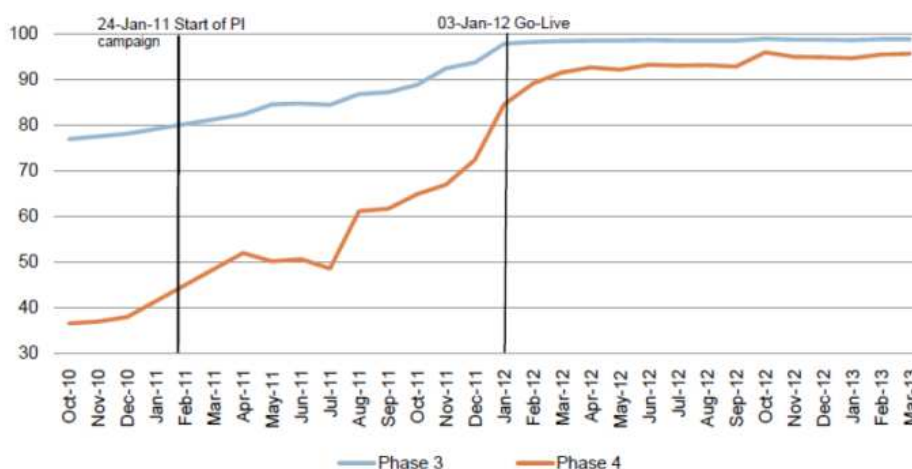


Figure 10 : Taux de respect de la réglementation de la LEZ londonienne - phases 3 et 4

Source : TfL

A Londres, la mise en place de la zone a été possible grâce à de nombreuses études de type coût-bénéfice, malgré le fait que l'objectif premier ait été le gain environnemental (AEA Technology Environment, 2003) (Browne et al., 2004) (TfL, 2008) (Zanni et Bristow, 2010).

D'après TfL et la *Freight Transport Authority*, la bonne mise en œuvre de la *Low Emission Zone* est liée à deux aspects : une bonne définition de la zone et une bonne communication autour de la zone.

En premier lieu, la définition de la *Low Emission Zone* repose sur :

- La taille de la zone concernée. Sa définition est primordiale car elle joue directement sur l'étendue de la mesure et donc les résultats, mais aussi sur le coût de la mesure (les caméras et les structures de contrôle coûtent moins cher unitairement quand la zone est plus étendue), la capacité de gestion de la zone, le nombre de véhicules touchés.

- La possibilité de retrofit. Le retrofit est un outil servant à permettre aux entreprises de la zone (la LEZ ne concerne que peu de particuliers) une adaptation plus facile car moins chère. Les véhicules les plus récents respectant la norme sans retrofit sont par nature moins polluants que les véhicules plus anciens avec retrofit (exemple : émissions supplémentaires de NO₂ pour les filtres à particules). Dans le cas de Londres, il est un choix plus politique qu'économique ou environnemental.

En second lieu, la communication autour de la *Low Emission Zone* s'est articulée autour de quatre éléments :

- Information : La durée de notification apparaît comme primordiale pour TfL afin de mettre en place la zone, et surtout d'informer les utilisateurs. A Londres, le temps de notification a été de 7 ans. Ce temps a permis un meilleur accueil de la réglementation grâce à la préparation possible des entreprises pour s'adapter, et donc éviter toute transformation brusque de leur organisation.
- Travail de terrain : Il a permis de rencontrer les entreprises et industries et de leur proposer des solutions (retrofit, réorganisation des trajets, etc.) afin de leur permettre de respecter la nouvelle réglementation sans pour autant subir un choc économique fort. Il permet également un retour plus facile des différentes expériences menées.
- Coordination : La notion de coordination est importante dans la mise en œuvre du dispositif car elle permet aux acteurs évoluant au sein des différents départements de l'administration publique (donc ayant des objectifs différents) de travailler ensemble.
- Feedback : Comme pour toute réglementation, la population concernée demande des retours réguliers de la part des autorités afin de juger au mieux de l'efficacité du dispositif. Cependant, peu de retours ont été diffusés à Londres en ce qui concerne les avantages économiques. Sur l'aspect environnemental, les retours sont plutôt faibles. Ils n'ont été effectués que juste après la mise en place de la phase 1. Aujourd'hui, les autorités communiquent peu sur ce sujet, excepté sur les gains en termes de santé (TfL, 2007)

La logistique et le fret

En 2007, année des données actuellement disponibles (Greater London Authority, 2009), la logistique représente une production d'environ 8 milliards de livres (un peu moins de 10 milliards d'euros) soit 3,4% de la production totale du Grand Londres. Le secteur emploie environ 220 000 personnes à temps plein, soit 5,2% du total. Le secteur était en fort développement économique dans les années 1990, mais cette économie est entrée dans une période de stagnation voire de récession depuis le début des années 2000. La majorité des travailleurs ont plus de 40 ans, 8% sont indépendants, moins d'un quart sont qualifiés (contre 46% tous secteurs confondus).

Depuis les années 1990, on assiste à un phénomène de délocalisation de l'activité logistique depuis le centre de Londres et le Grand Londres vers l'extérieur de la ville, officiellement pour des raisons d'augmentation des prix du foncier. Le nombre d'établissements du secteur dans le Grand Londres a été réduit de 14% pendant cette période. En 2007, les secteurs les plus spécialisés dans la logistique sont situés autour de la Tamise, près des autoroutes, et à l'ouest de l'agglomération.

Dans la Figure 11, les zones en bleu représentent celles où la spécialisation logistique est la plus forte.

Les véhicules de fret comptent pour 17% des véhicules-kilomètres effectués dans le Grand Londres en 2010 (Allen et al., 2012). 5 milliards de kilomètres ont été effectués par les véhicules utilitaires, dont 80% par des VUL. A Londres, le fret est estimé comme étant responsable de 17% des émissions de CO₂ du transport de surface en 2010 et 24% du transport routier (13% pour les PL, 11% pour les VUL). Pour les NO_x, le chiffre pour le routier est de 38% (27% PL, 11% VUL) ; pour les PM₁₀ de 37% (14% PL, 23% VUL). (Allen et al., 2012)

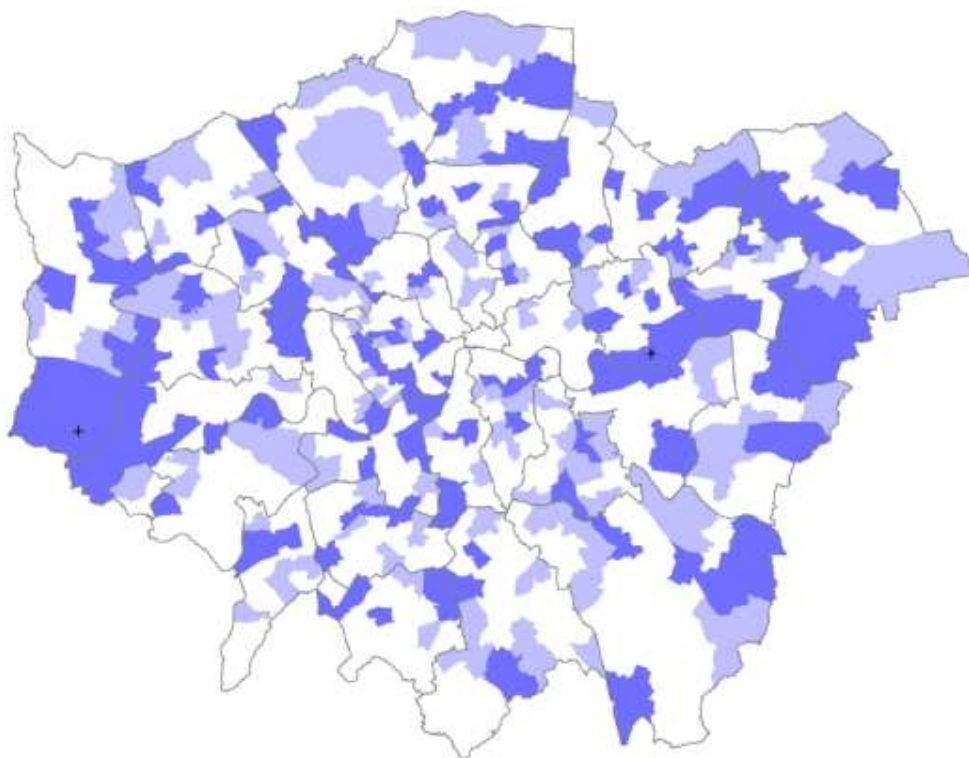


Figure 11 : Les secteurs logistiques dans le Grand Londres en 2007 - échelle du ward (Greater London Authority, 2009)

Entre 2007 et 2011, à la mise en place de la première zone, le nombre de licences chez les opérateurs de fret a été réduit de 15% (FTA, 2013). Il est pourtant impossible d'établir un lien direct entre ce phénomène de baisse et la *Low Emission Zone*, la crise économique ayant touché le Royaume-Uni fin 2008. On peut tout de même parler d'une amplification du phénomène, qu'il sera très difficile d'évaluer quantitativement.

Il est admis que la *Low Emission Zone* a permis une évolution plus rapide du secteur de la logistique grâce à une accélération des investissements en véhicules plus récents avant 2008 et avant 2012. Dans le cas des grandes entreprises, la flotte a été redéployée afin de ne pas réduire le chiffre d'affaires et de ne pas investir de façon trop massive. L'impact de la *Low Emission Zone* s'est donc fait ressentir, mais de façon moindre. Des entreprises telles qu'UPS disent que la mise en place de la *Low Emission Zone* leur a permis une amélioration de leur chiffre d'affaires, car ils admettent avoir repensé leur organisation ce qui a engendré une baisse des coûts de gestion et une meilleure optimisation de leur flux.

Pour les petites entreprises de transport et celles utilisant le transport pour compte propre, l'impact a été plus fort. Aucune aide financière n'a été proposée par les autorités locales. La FTA et TfL pensent que certaines ont dû fermer ou se délocaliser, mais dans un degré vraiment réduit par rapport aux prévisions. La raison de cet impact plutôt faible viendrait du fait que la majorité des petits commerces en ville sont des chaînes et non des indépendants comme en France.

Ces affirmations sont pourtant à nuancer. En ce qui concerne les plus petites entreprises, rien ne permet de quantifier leur évolution. La baisse forte du nombre de VUL, du nombre de permis et du nombre d'entreprises dans la zone, et ce dès avant la crise économique, ainsi que la reprise de ces deux dernières années laissent à penser que l'impact de la *Low Emission Zone* a été réel. Une série d'entretiens auprès de ces acteurs est menée en phase 2 du projet (cf. paragraphe 2) afin de répondre à ces questions.

Les entreprises sont désormais plus réticentes à l'approche de l'*Ultra Low Emission Zone* que pour l'actuelle *Low Emission Zone*. Cette nouvelle zone reprendra les limites de l'actuelle *Congestion Charging Zone*, mais fonctionnera avec le même principe que l'actuelle *Low Emission Zone*. Tous les véhicules (dont les véhicules légers) Diesel dont la norme est inférieure à Euro 6 seront bannis de la circulation (Cleaner Air for London, 2014). La grande problématique résulte dans le fait que ces véhicules ne sont mis en circulation pour la première fois entre 2013 et 2015 selon le type de véhicules (cf. paragraphe 1.1.3) et coûtent sensiblement plus cher à l'achat, ce qui augmente les réticences des usagers de la route.



Figure 12 : Camion-benne sur la Marylebone Road à Londres

Crédit photo : A.Montenon

1.3.2. La politique nationale allemande

a. La politique nationale allemande

Avec ses 76 *Umweltzonen* (dont 14 nouvelles entre 2012 et 2013), l'Allemagne est le deuxième pays en nombre de zones en Europe. Il s'agit de Zones à Emissions Réduites simples, toutes basées sur le même principe.

Chaque véhicule léger ou lourd, même étranger, doit disposer d'une vignette (« *Plakette* »), accordée selon sa carte grise et représentant une norme de pollution et une couleur, afin de pénétrer dans les zones. Trois couleurs sont disponibles : rouge, orange et vert, selon la norme Euro PM correspondante. Dans le cas où aucune de ces normes n'est respectée, le véhicule ne peut disposer de vignette.

Il est possible de mettre en place un retrofit sur son véhicule afin de réduire les émissions de particules. Ainsi, la vignette verte correspond, au minimum, à un véhicule Euro 1 PM essence, un véhicule Euro 4 PM Diesel ou à un véhicule Euro 3 PM Diesel avec système de réduction d'émissions de particules agréé (SREP).

Le règlement national détermine les dérogations sur l'ensemble du territoire, pour les véhicules transportant des handicapés, les engins agricoles, les ambulances, etc. Chaque ville peut mettre en place des dérogations complémentaires.

Chaque ville ou Etat choisit la norme limite à respecter. Fin 2013, la majorité des administrations locales et régionales avaient choisi la vignette verte comme minimum à respecter pour pénétrer dans leurs *Umweltzonen* (Figure 15). Les *Umweltzonen* peuvent également concerner des zones faiblement urbanisées (ex : Ilsfeld – 8 700 habitants, 330 hab./km²).



Figure 13 : Vignette de type verte Euro 4 Diesel/ Euro 1 Essence

Source : Wikimedia commons

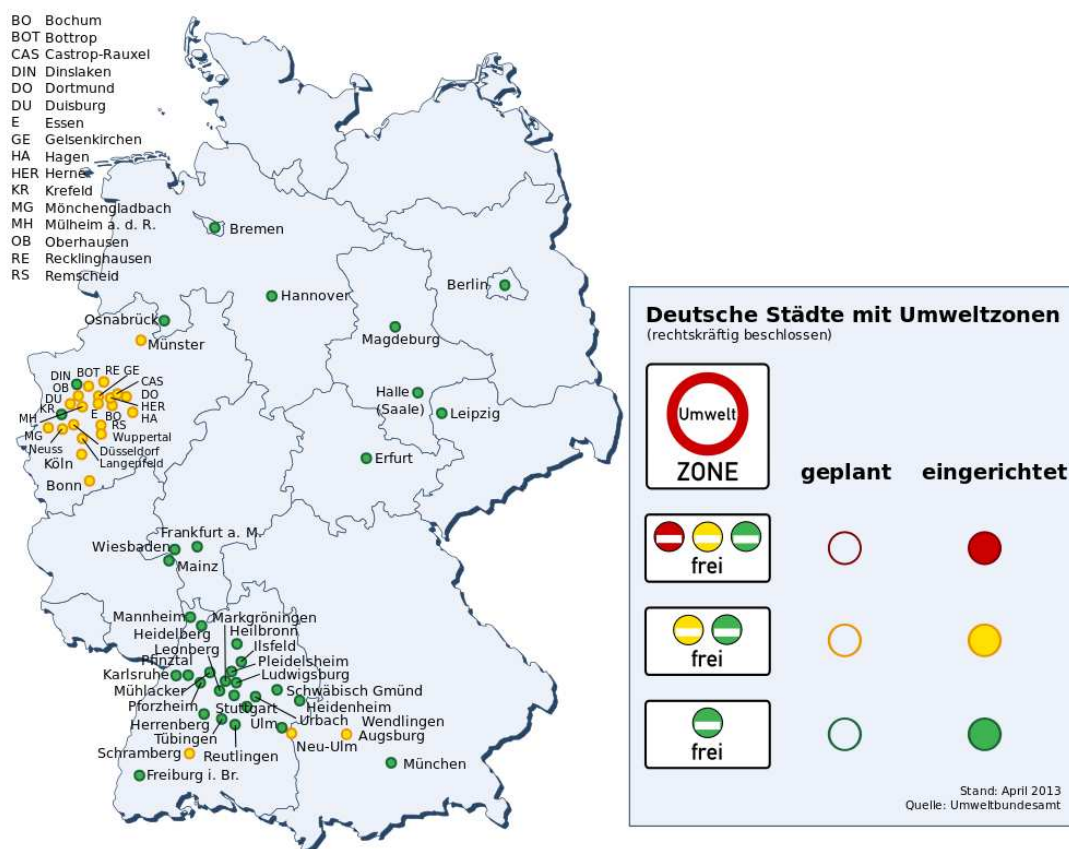


Figure 14 : Panneau d'entrée d'une *Umweltzone* avec vignettes associées

Source : Wikimedia commons

Figure 15 : Les *Umweltzonen* allemandes en 2013 et leurs vignettes associées

Source : Ministère fédéral de l'Environnement



b. La ZER de Berlin – aspects généraux

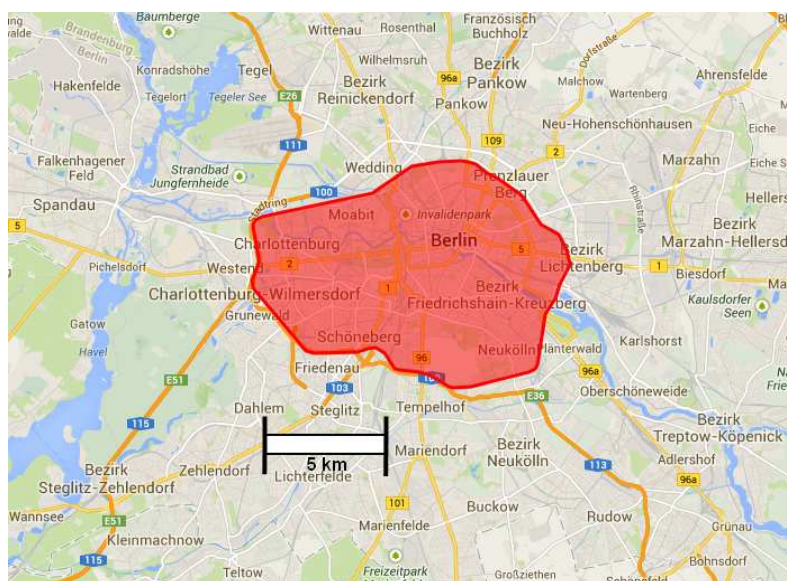


Figure 16 : L'Umweltzone de Berlin

Fond de carte Google Maps®

L'*Umweltzone* de Berlin a une superficie de 88 km² (l'équivalent de Paris intra-muros sans les bois de Vincennes et de Boulogne). Elle est délimitée par la *S-Bahn Ring* « *Hundekopf* » (littéralement « boucle de tram-train en tête de chien ») délimitant le centre-ville. Elle est à cheval sur les arrondissements de Charlottenburg-Wilmersdorf, Tempelhof-Schöneberg et Pankow, et englobe entièrement les arrondissements de Mitte et Friedrichshain-Schöneberg. Elle ne correspond donc à aucune limite administrative actuelle.

Comme pour la plupart des villes allemandes, la mise en œuvre de l'*Umweltzone* berlinoise s'est déroulée en 3 phases ; une quatrième phase aura lieu début 2015 :

- **Phase 1 : 02.02.2008** : Tout véhicule doit disposer d'une vignette rouge (Euro 2 ou Euro 1 + SREP pour les Diesel), une vignette jaune (Euro 3 ou Euro 2+SREP pour les Diesel) ou d'une vignette verte (Euro 4 Diesel, Euro 3 Diesel+SREP ou Euro 1 essence). Cette phase est destinée à bannir les très vieux véhicules du centre-ville.
- **Phase 2 : 01.01.2010** : Tout véhicule allemand doit disposer d'une vignette verte, sauf dérogation. Pour les véhicules étrangers et les bus de tourisme, la vignette doit être jaune ou verte. Les véhicules disposant d'une vignette jaune peuvent circuler dans la zone s'ils affichent sur leur véhicule une preuve de mise en place d'un SREP conforme à la nouvelle règle. Cette phase est destinée à pousser la population à mettre en place un retrofit sur leur véhicule.
- **Phase 3 : 01.01.2012** : Les véhicules étrangers et les bus de tourisme doivent disposer d'une vignette verte.
- **Phase 4 : 01.01.2015** : Tout véhicule circulant à l'intérieur l'*Umweltzone* doit impérativement disposer d'une vignette verte. Aucune dérogation ne sera accordée, sauf cas exceptionnel.

Les dérogations sont assez nombreuses et courantes. Toutefois, elles sont limitées dans le temps, de 10 à 18 mois selon la mesure, et sont accordées à titre individuel au cas par cas. A titre privé, elles ne sont accordées qu'aux handicapés et aux personnes travaillant à des horaires décalés. Pour les véhicules commerciaux, les dérogations peuvent être accordées aux véhicules spéciaux (représentants, véhicules de marchés avec étal, etc.), aux véhicules appartenant à une entreprise dont l'existence est remise en cause par le trop fort investissement demandé, et aux entreprises dont la flotte comprend plus de 4 véhicules avec vignette verte. Les dérogations sont valables jusque 18 mois, rarement renouvelables (sauf raisons économiques) ; elles seront abrogées au 1^{er} janvier 2015. Pour bénéficier d'une dérogation, le propriétaire du véhicule doit payer un montant composé d'un tarif standard auquel s'ajoutent des frais administratifs et un tarif variable selon la durée de la dérogation. Pour un véhicule de 7,5 tonnes désirant une dérogation de 9 mois, cela correspond à un montant de 431,20€. Ce montant est élevé pour forcer les propriétaires des véhicules à mettre en place un système de retrofit, dont le prix varie entre 500 et 10 000€ (montage compris) selon la qualité du filtre et le type de véhicule.

Le contrôle est effectué par des contractuels pendant le stationnement. Plus de 40 000 procès verbaux sont distribués chaque année.

La Figure 17 ci-après présente l'évolution du parc de véhicules en fonction de la vignette correspondante.

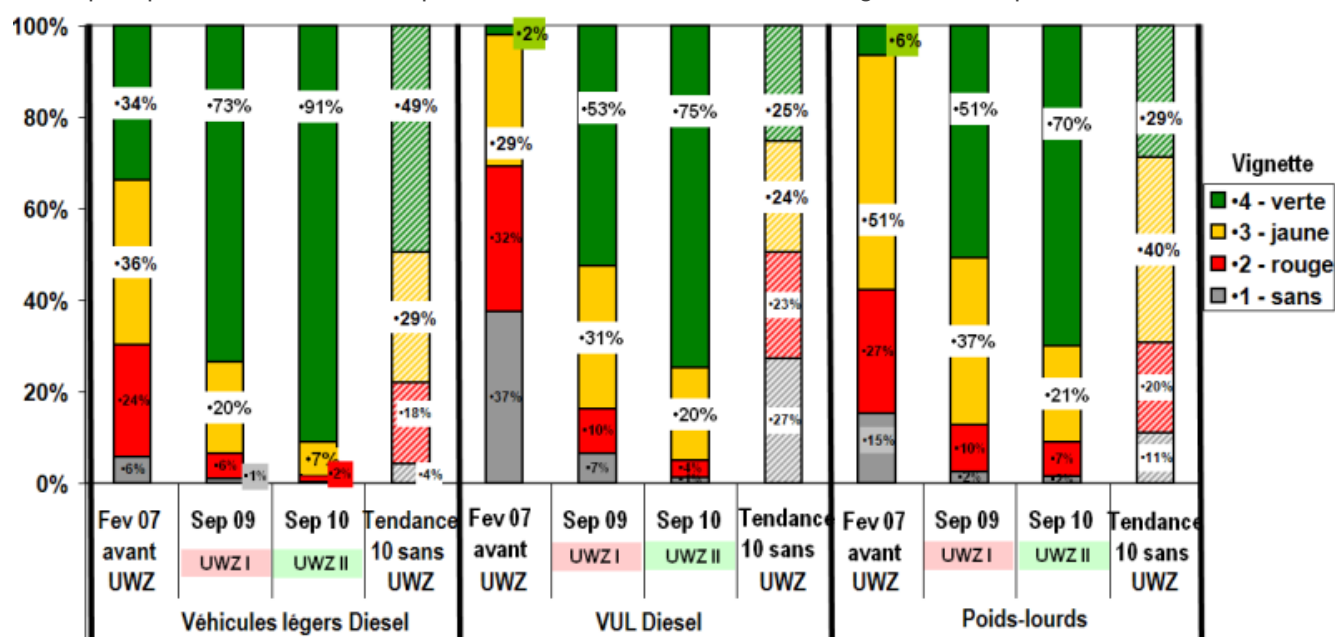


Figure 17 : Evolution de la répartition des véhicules par vignette sur la Frankfurter Allee de Berlin

Source : Martin Lutz, Senat für Umwelt traduit par l'auteur

c. Mise en place

Le parc automobile Diesel berlinois était en 2003 de 28% des véhicules, il est de 40% aujourd'hui (Senat Berlin, 2011). Le trafic n'a pas évolué différemment de la tendance à Berlin et autour de Berlin avant et après la mise en place de la zone.

La mise en place de la zone a été très différente de celle de Londres, et ce pour plusieurs raisons :

- La taille de la zone est relativement plus petite (88 km² et 1 million d'habitants contre 1580 km² et 7 millions d'habitants à Londres) et ne correspond à aucune délimitation administrative.
- Les tendances politiques allemandes montrent une relative adhésion de la population aux problèmes écologiques. En effet, 7 Etats allemands sur 16 sont dirigés par une coalition comprenant le parti vert, et 1 Etat (le Bade-Württemberg) est dirigé par un membre du parti vert.
- La création des *Umweltzonen* résulte de mesures décidées au niveau fédéral (Diegmann et al., 2006) en partenariat avec les Etats fédéraux, puis appliquées par les villes par le biais de plans de qualité de l'air.
- Le temps de préparation a été plus court. En effet, la décision a été rendue publique en juillet 2005, soit un temps de deux ans et demi de préparation. En parallèle, signalons qu'à Hanovre, la décision a été rendue publique en mars 2007 pour une mise en place en janvier 2008.
- La communication autour de la zone s'est surtout basée sur l'aspect environnemental et les gains en termes de réduction de la pollution. Le trafic correspond à Berlin à 40% de la contribution en émissions de particules, et 80% pour le NO₂ (Lutz et Rauterberg-Wulff, 2009). Cette communication montre que le principe économique est relayé au second plan vis-à-vis du principe environnemental.
- Le principe du retrofit a été mis en avant par les autorités, notamment en raison de son coût faible, des gains environnementaux apportés, ainsi que des subventions accordées (pour les véhicules particuliers et véhicules utilitaires légers uniquement) d'environ 320€ par véhicule ; l'enveloppe pour l'Allemagne était de 3,1 millions d'euros et a été épuisée en 2013. Cela a également permis de toucher beaucoup plus facilement les professionnels, pour lesquels l'investissement économique se révèle beaucoup plus raisonnable.

d. La logistique et le fret

Le secteur « Transport et Entreposage » à Berlin représente environ 4800 entreprises, et environ 4200 dans l'Etat du Brandebourg (entourant la cité-Etat de Berlin) en 2008 (De-Statis, 2014). Cela représentait environ 80000 employés à Berlin (IHK-Berlin, 2009). En 2011, le nombre d'entreprises est descendu à 4500 à Berlin (De-Statis, 2014) pour 65000 employés (IHK-Berlin, 2012), et 3900 en Brandebourg. L'évolution plus précise du secteur est effectuée durant la phase 2 du projet RETMIF (cf. paragraphe 2).

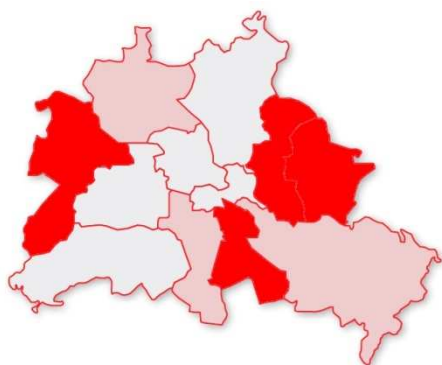


Figure 18 :
Part d'entreprises "Transport et entreposage"
sur le nombre total par arrondissement



Figure 19 :
Part d'employés "Transport et entreposage"
sur le nombre total par arrondissement

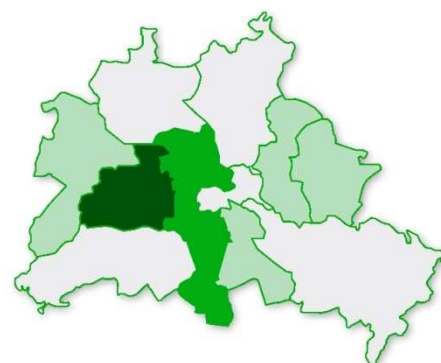


Figure 20 :
Part de chiffre d'affaires "Transport et
entreposage" sur le nombre total par
arrondissement

Source : Statistik-Berlin-Brandenburg, 2013) mis en forme par l'auteur

Les grandes entreprises de transport à Berlin sont situées en majorité autour de l'axe périphérique principal à l'ouest du centre-ville, entre les arrondissements de Mitte et de Charlottenburg-Wilmersdorf. On peut estimer que cela est dû à la présence de grands centres logistiques tels que le *Westhafen* (port de l'ouest), les gares ferroviaires de marchandises et les installations de transport combiné. Ces deux arrondissements représentent plus de 82% du chiffre d'affaires total du secteur Transport et Entreposage dans la cité-Etat de Berlin (Statistik-Berlin-Brandenburg, 2013). L'autre concentration d'entreprises et d'employés du secteur se situe dans le sud de la capitale, à proximité de l'aéroport de Schönefeld.

en millions de tonnes	1997	2009
Flux total	129.16	64.63 (-50%)
Entrants	69.35	34.49 (-50.4%)
Sortants	59.81	30.14 (-49.6%)
dont flux interne	43.68	16.40 (-62.5%)

Tableau 10 : Flux de marchandises à Berlin - comparaison 1997/2009 (SenatBerlin, 2011)

A Berlin et en Brandebourg, le transport de fret n'a cessé de régresser en termes de flux depuis 1997, et ce selon tous les types de transport (routier, ferroviaire, aérien et fluvial), que ce soit les flux entrants, sortants, ou internes (Senat Berlin, 2011). Le Tableau 10 ci-contre nous montre que cette diminution a été plus forte en interne que depuis ou vers l'extérieur.

Une petite exception à cette diminution est à noter dans l'Etat du Brandebourg avec un léger rebond du poids total de marchandises transportées en 2007.

Les travaux liés à l'implantation de l'*Umweltzone* et son impact sont axés sur les gains environnementaux et non l'influence économique (Lutz et Rauterberg-Wulff, 2009, 2011). La Figure 21 représente l'évolution de la flotte de véhicules, en rapport à une tendance calculée par le *Senat Berlin für Umwelt* (département Environnement de la cité-Etat de Berlin). Signalons que les véhicules autorisés sont ceux éligibles à la vignette verte, c'est-à-dire les véhicules essence mis sur le marché après 1993 ou 1994, et les véhicules Diesel mis sur le marché après 2005-2007 ou disposant d'un retrofit agréé. En parallèle, notons que la proportion de véhicules Diesel est inférieure à 40% à Berlin (Senat Berlin, 2011).

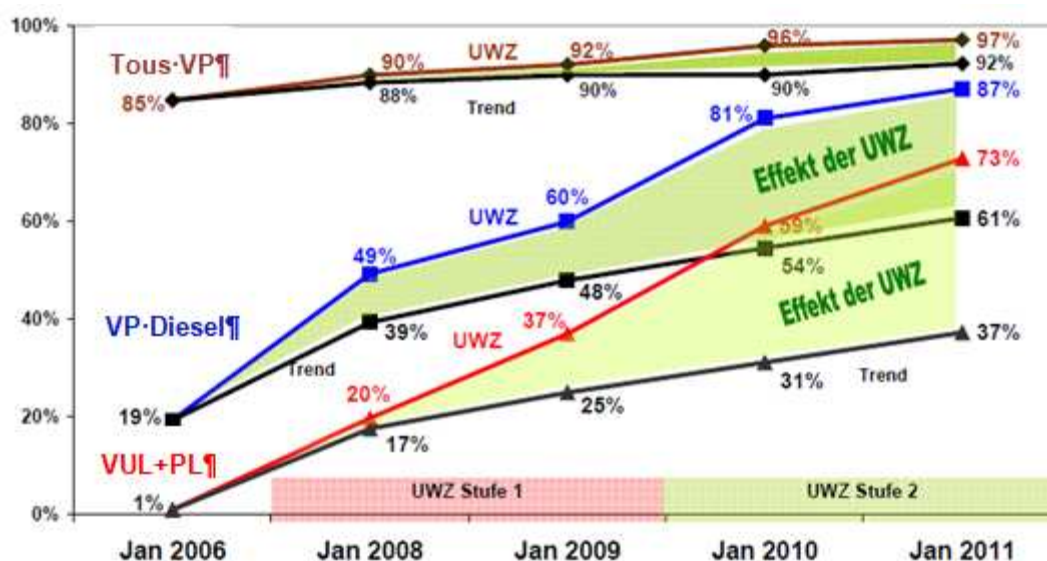


Figure 21 : Taux de véhicules éligibles à la vignette verte à Berlin entre 2006 et 2011 (Lutz et Rauterberg-Wulff, 2011)

La Figure 21 montre, comme pour Londres, que la mise en place de la zone a permis un renouvellement plus rapide de la flotte de véhicules, notamment utilitaires. L'impact sur les entreprises est difficile à prévoir. La zone étant de taille réduite et la crise économique ayant touché l'Allemagne peu de temps après la mise en place, le phénomène de fermeture d'entreprises et/ou relocalisations indus est difficile à extraire et quantifier.

Un autre élément a contribué au renouvellement plus rapide de la flotte de véhicules chez les professionnels : un péage autoroutier a été mis en place en Allemagne le 1^{er} janvier 2005, sur le même principe que le projet d'écotaxe français. Ce péage concerne les véhicules ayant un PTAC de plus de 12 tonnes, et consiste en le paiement d'une taxe liée au nombre de kilomètres effectués sur les axes concernés. Ce tarif varie de 0,141€/km à 0,288€/km (BMVI, 2014), selon le nombre d'essieux et la norme Euro du véhicule. Le tarif le plus bas correspond au véhicule de 2 ou 3 essieux Euro V ou Euro VI.

Le *Senat Berlin für Umwelt* estime par ailleurs que de nombreuses aides ont été distribuées aux entreprises de par la crise économique, et qu'ainsi les possibilités de retrofit étaient réelles. De même, le renouvellement des véhicules polluants et l'aspect économique ont été discutés avec les acteurs concernés au niveau gouvernemental sur le sujet du péage autoroutier. D'après le sénat, l'intérêt de travailler sur l'impact économique de la zone plutôt qu'environnemental comme cela s'est fait à Londres était alors plus limité, malgré les différences de contextes. Ce point est traité plus en profondeur dans de la deuxième phase de RETMIF (cf. paragraphe 2).

1.4. Les impacts socio-économiques engendrés par les zones à émissions réduites sur le domaine de la logistique

Dans l'environnement socio-économique particulier du transport urbain de marchandises, rappelé plus haut, l'introduction d'une restriction d'accès fondée sur l'âge des véhicules de livraison peut avoir un impact très important. Cependant, en dehors de deux études sur le cas milanais, détaillées plus loin (Rotaris et al., 2010, Danielis et al., 2011) et de courtes études sur les zones environnementales aux Pays Bas (DHV, 2008, Proag, 2010), aucune analyse ex post des impacts socio-économiques sur les petits transporteurs routiers de livraisons urbaines n'a été menée, notamment dans les grandes villes européennes qui ont mis en place de telles mesures (Londres, Stockholm, Berlin, etc.). La littérature se consacre davantage aux impacts environnementaux d'une ZER (Boogaard et al., 2012, Wolff and Perry, 2011).

Börjesson et al. (2012) s'intéressent surtout aux effets du péage urbain de Stockholm sur le trafic des voyageurs. Ils mentionnent cependant une réduction de 15% de tout le trafic commercial (fret et parcours d'affaires) après la mise en place du système.

Browne et al. (2004) avaient évalué, mais seulement ex ante, l'effet prévisible sur les professionnels du transport de la ZER de Londres. Les opérateurs interrogés s'étaient d'ailleurs révélés relativement favorables, et en tout cas résignés, à la mise en place de la zone environnementale. Par ailleurs, un mécanisme d'évaluation et de feedback était prévu, mais peu de retours ont été diffusés à Londres en ce qui concerne les avantages économiques. Pour l'aspect environnemental, les retours n'ont été effectués que juste après la mise en place de la phase 1. Aujourd'hui, les autorités londoniennes communiquent peu sur ce sujet, excepté sur les gains en termes de santé (TfL, 2007).

Dans cette partie, nous cherchons à donner des pistes et des outils de réflexion quant à l'impact de ces zones, mais pas uniquement d'un point de vue de la pollution comme il est d'usage. Ce dernier type d'impact sera pris en compte en tant que paramètre influent, mais pas en tant qu'objet principal. Nous nous attacherons aux influences induites d'ordre politique, social et économique, et nous nous concentrerons sur le domaine de la logistique.

Ce type d'études est nécessaire car le comportement des opérateurs peut conditionner directement la réussite ou l'échec d'une politique en termes d'amélioration de la qualité de l'air. Dans les résultats présentés ci-dessous, nous présentons des éléments sur l'impact global (à l'échelle d'une ville) d'une ZER sur le marché du transport et de la logistique, les changements de comportements microéconomiques et les évolutions plus générales vers une logistique urbaine propre.

1.4.1. L'influence politique et sociale

La politique et la communication induite jouent un rôle fort dans toutes les étapes de la mise en place d'une Zone à Emissions Réduites. Cette influence est principalement d'ordres macroéconomique, sociale et environnementale. Le point de vue adopté est global, les impacts microéconomiques sur les entreprises ne sont pas pris en compte.

D'après des entretiens menés avec les services de mobilité de plusieurs grandes villes européennes, la réussite d'un projet de Zone à Emissions Réduites nécessite à la fois un territoire étendu, une interdiction ambitieuse et l'aide au renouvellement des véhicules.

Cinq problématiques politiques distinctes mais interconnectées sont à prendre en considération :

- **L'amélioration de la qualité de l'air.** Cela permet de respecter la réglementation européenne, d'avoir une acceptation sociale, et d'améliorer la santé et la qualité de vie des habitants. Cette question complexe est la plus mise en avant par les politiques locales de Zones à Emissions Réduites car son impact sur la réussite du projet est direct. Malgré une réticence de la population vis-à-vis du développement durable, la question de la pollution de l'air apparaît comme majeure pour le politique. Par exemple, nous pouvons penser que l'épisode de pollution français de la semaine du 10 au 17 mars 2014 a eu un impact sur les scores écologistes aux élections municipales dans les grandes villes la semaine suivante. Cette sous-problématique fait l'objet d'une forte communication et permet de valider ou non par la population une politique environnementale.
- **Les retombées économiques** sont à corroborer avec l'impact sur le transport de personnes, que nous n'évoquerons pas dans le projet RETMIF, et le transport de marchandises. Ces retombées sont étudiées principalement avant la mise en place de la zone (AEA Technology Environment, 2003) (Rotaris et al., 2010), mais certaines existent ex-post (Danielis et al., 2011).
- **L'articulation entre les différentes entités territoriales.** Cette problématique est spécifique à chaque pays, ce qui accroît la difficulté de comparaison entre chaque zone européenne. Le principe de la gouvernance d'une zone doit résulter d'une collaboration entre différentes entités et collectivités territoriales, ayant des échelles d'actions et objectifs différents. Chacune a son rôle propre dans le dispositif global de zone à émissions réduites, sur la définition spatiale de la zone, l'infrastructure concernée, le contrôle du respect de la réglementation, les incitations financières pour les entreprises et particuliers, etc. Par exemple, en France, les infrastructures sont gérées à plusieurs niveaux : l'Etat français, les départements et les communes. La police est gérée aux niveaux des régions, des départements et des communes. Une bonne articulation et une bonne gouvernance dans le dispositif sont un gage de réussite et de cohérence de la mesure.
- **La définition d'un périmètre spatial optimal.** Ce paramètre influence directement les trois aspects évoqués ci-dessus. Une zone vaste aura un effet sur la qualité de l'air dans l'agglomération, mais définira également le nombre d'entreprises et de particuliers touchés par la mesure et conditionnera la force de déploiement des moyens de contrôle.
- **Un phasage et des délais suffisants de mise en place,** grâce à une campagne de communication et d'accompagnement étalée sur plusieurs années. Du point de vue du politique, ce principe apparaît comme fondamental, car il influence directement l'approbation de la population. Du point de vue des entreprises, ce principe permet de se préparer à une accélération du renouvellement de leur flotte et à la mise en place de nouveaux mécanismes d'optimisation des trajets, et le cas échéant de prévoir de nouveaux investissements.

1.4.2. L'impact sur la logistique

Après des entretiens réalisés dans quelques villes d'Europe, il nous apparaît que les réactions des transporteurs et des collectivités sont mitigées en ce qui concerne la mise en place de mesures environnementales, et notamment d'une zone à émissions réduites. Le but de ce paragraphe est de donner quelques clés communes de compréhension de ces impacts dans les différentes zones. Ces éléments seront complétés et analysés dans la suite du projet RETMIF, grâce notamment à une série d'entretiens qui seront réalisés dans plusieurs ZER déjà mises en place en Europe, ainsi qu'en région parisienne.

a. Impact économique global

L'une des rares évaluations d'impact économique ex post porte sur Milan. Elle revient à Rotaris et al. (2010) et Danielis et al. (2011). A Milan, un péage urbain dont les tarifs varient en fonction des normes Euro a été mis en place en 2008. Le système était appelé Ecopass jusqu'à son remplacement en 2012 par une organisation simplifiée baptisée AreaC. Ecopass avait un système complexe de tarification. En ce qui concerne les camions, tous les véhicules Euro IV et Euro V étaient exemptés de paiement, les véhicules plus anciens payaient de 2 à 10 euros par jour.

Selon les auteurs, les résultats d'Ecopass pour la période étudiée (2008 à 2010) se sont révélés substantiels. Le nombre de véhicules quotidiens de fret dans la zone Ecopass était de 13040 avant l'introduction du système, et de 9521 après. Ceci signifie que l'approvisionnement des entreprises et résidents du centre de Milan a continué à s'effectuer (sans problème majeur identifié) avec 27% de véhicules en moins. Par ailleurs, les véhicules de fret à carburant alternatif ou « zéro émission » passant par la zone sont passés de 92 à 1089 au cours de la période.

Danielis et al. (2011) ont attribué des valeurs financières aux coûts et bénéfices d'Ecopass sur les trois années d'exploitation. Ils ont ainsi estimé que les véhicules de marchandises avaient gagné 1,3 millions d'euros sous forme de temps de parcours réduits et d'amélioration de la fiabilité des trajets, mais ont perdu 10,8 millions d'euros en péages et en investissements en nouveaux véhicules soit une perte nette de 9,5 millions, la plus forte parmi les catégories d'acteurs examinées. Au total, les auteurs considèrent que les opérateurs de fret sont les plus grands perdants du système, et la municipalité la principale gagnante, en particulier grâce aux nouvelles recettes perçues (davantage à la suite des amendes infligées que directement par les péages).

Londres et Berlin montrent des éléments également intéressants en termes globaux. Dans les sections 3.1.3 et 3.2.4, nous avons montré que les ZER présentes dans ces villes avaient également permis une modernisation de la flotte. La crise économique a provoqué une forte baisse du nombre d'entreprises et d'employés dans observée dans le secteur de la logistique, mais l'effet des ZER sur ce phénomène, bien que nuancé, a été réel.

b. Changements de comportements et pratiques

En premier lieu, impliquant de fait une restriction de circulation à certains véhicules de transport de marchandises, nous pouvons considérer la Zone à Emissions Réduites comme une contrainte. Ce principe de restriction implique plusieurs impacts négatifs d'ordre microéconomique. La liste suivante n'est pas exhaustive :

- **Les difficultés de renouvellement de la flotte des entreprises.** Cette contrainte est à mettre en parallèle avec le temps d'accompagnement effectué par les collectivités. La mise en place d'une ZER peut impliquer la nécessité de provoquer un investissement à plus court terme que prévu, et donc chambouler la vie de l'entreprise.
- **Les délocalisations.** Toute entreprise implantée dans une ZER doit obligatoirement disposer de véhicules satisfaisant les normes choisies, ce qui n'est pas le cas des entreprises situées hors de la zone. Ainsi, durant la période pré-ZER, les entreprises jugeant l'investissement nécessaire comme trop fort peuvent se délocaliser hors de la zone prévue, en utilisant les véhicules les plus anciens pour des trajets hors-zone. Ce dernier phénomène est très marqué à Londres.
- **La fermeture d'entreprises.** Les entreprises ne bénéficiant pas d'assez d'aides (aucune aide n'est prévue dans de nombreux pays) pour investir dans de nouveaux véhicules, ou n'arrivant pas à s'adapter aux nouveaux frais d'entrée dans la zone (dans le cas de ZER à péage) ne peuvent plus exercer rentablement. Cet effet est surtout présent dans le cas de petites entreprises, n'ayant pas suffisamment de réserve de fonds ni de capacités d'évolution de leur activité. De l'aveu des responsables municipaux ainsi que des organisations professionnelles de transporteurs, de nombreuses petites entreprises ont pu disparaître de façon « invisible » : peu représentées dans les fédérations professionnelles, parfois illégales et donc déjà invisibles aux yeux de l'administration, leur disparition est passée inaperçue.

- **Les problèmes particuliers des entreprises spécialisées.** Les véhicules des espaces verts ou ceux destinés à la construction par exemple nécessitent un investissement plus important et ont un taux de renouvellement plus faible. Pour contrer ce problème, certaines zones comme Londres ou Berlin ont prévu des dérogations spéciales, parfois au cas par cas. Cependant, ce type de dérogations n'existe pas dans toutes les zones, varie selon le lieu et ne concerne pas toujours les mêmes véhicules d'une zone à l'autre.

La mise en place de mesures de restriction de la circulation au profit de certains véhicules peut provoquer une réorganisation interne, et parfois externe, des entreprises concernées. Ci-dessous figurent quelques changements de pratiques probables ou observés. Ces changements font l'objet principal de la deuxième phase du projet RETMIF, qui s'intéresse à une analyse qualitative de l'évolution des entreprises de transport de marchandises en ville en Europe, suite à la mise en place d'une Zone à Emissions Réduites.

- **Une réorganisation des trajets de l'entreprise.** L'investissement demandé pourra être en partie compensé par une nouvelle réflexion sur l'optimisation des trajets des entreprises. Ce constat a été fait pour la LEZ londonienne notamment. Certaines entreprises admettent que la mise en place d'une ZER a été bénéfique car les a forcés à repenser de façon plus efficace leur activité.
- **Une mutualisation de ressources.** Dans le cas où l'investissement serait trop important pour la survie de l'entreprise, principalement pour les PME, la mutualisation de véhicules et de ressources entre plusieurs collaborateurs est une option intéressante. En plus de réduire l'investissement, elle aide à l'optimisation de trajets, en combinant les lieux de collecte de différentes entreprises. Elle peut conduire à une fusion d'entreprises.
- **Le développement de nouvelles plateformes logistiques autour de la zone.** La ZER crée de fait une limite spatiale de circulation des véhicules polluants. Ainsi, des structures de type plateformes de logistique urbaine ont un intérêt certain à se situer autour de la zone, afin de permettre un transfert entre véhicules polluants et véhicule « propre » pour l'acheminement des marchandises vers les lieux de distribution.
- **Repenser la logistique urbaine.** Toutes ces réflexions et ces changements, additionnés de toutes les volontés publiques de réduction de la pollution de l'air en ville, permettent de repenser efficacement la logistique urbaine. Certains cheminements doivent être instaurés : le développement de l'électrique pousse à créer des systèmes de distribution d'électricité, le stationnement doit être repensé, l'aire de livraison doit s'adapter aux nouveaux véhicules, le marché industriel doit réfléchir à ces nouvelles problématiques, les plateformes doivent être adaptées, les normes de sécurité doivent évoluer (notamment en souterrain), etc. Les mutations qui vont s'opérer doivent être pensées dans leur globalité, et pas uniquement d'un point de vue de la pollution ou des contraintes européennes.

c. Effets positifs directs

Outre des améliorations de la qualité de l'air dans certains périmètres concernés, les Zones à Emissions Réduites apportent des effets positifs d'ordre macroéconomique, et ce malgré la contrainte de circulation. Au même titre que la liste des impacts négatifs, la liste suivante n'est pas exhaustive :

- **Un investissement poussé par les collectivités.** Les exemples de Londres et Berlin nous montrent une évolution de l'économie du transport de marchandises, et notamment une stagnation des chiffres d'affaires et une diminution du nombre d'entreprises du secteur. Ces évolutions peuvent laisser supposer une certaine hausse de la productivité de ce secteur, en parallèle bien sûr à des difficultés sociales et économiques pour les entreprises individuelles impliquées. La mise en place d'une Zone à Emissions Réduites autour d'une ville centre, ou dans des agglomérations moins importantes, est un moyen de relancer l'investissement dans ce secteur et donc de pousser sa modernisation. Il est alors nécessaire d'accompagner cet investissement par des mesures, de type réduction d'impôts auprès des collectivités ou subventions selon le type de véhicule acheté, afin d'être suivi, d'être efficace, et surtout d'être réalisable par les entreprises au moyens limités.
- **La création d'un avantage concurrentiel pour les bonnes pratiques.** La mise en place d'une ZER ou d'autres mesures environnementales similaires permettrait aux entreprises faisant figurer le principe de réduction de la pollution dans leur politique de ne pas avoir besoin de pousser leurs investissements. Cela leur procure un avantage concurrentiel immédiat en comparaison aux entreprises « classiques » nécessitant une amélioration de leur flotte.

- **Le développement accéléré de l'industrie automobile « douce ».** Afin de pouvoir satisfaire aux nouvelles réglementations, les professionnels du transport doivent acheter de nouveaux véhicules dits moins polluants, par exemple des véhicules électriques ou fonctionnant au gaz naturel liquéfié. En parallèle, la nouvelle norme Euro VI nécessite un développement et des technologies plus dispendieuses, prix qui sera répercuté sur l'acheteur. Ainsi, le frein du tarif des nouveaux véhicules de type électrique sera réduit, en raison du plus faible écart entre véhicule thermique et véhicule électrique. Ce point ne pourra être vérifié dans les prochaines phases du projet ; la norme Euro VI étant rentrée en vigueur le 1^{er} janvier 2014 pour les poids lourds et les technologies des véhicules lourds électriques étant encore au stade du développement, le recul ne sera pas suffisant.

Ainsi, un impact que nous souhaiterions souligner, tel qu'il nous est apparu au fil de nos enquêtes, est plus diffus mais peut à terme se révéler important. Il s'agit de l'impulsion apportée par la mise en place d'une ZER et éventuellement par les mesures d'accompagnement lorsqu'elles existent, à la modernisation du secteur du transport des marchandises et de la logistique urbaine.

1.5. Bilan de la première phase

La zone à émissions réduites, au même titre que d'autres mesures traitant de la pollution de l'air, n'est pas une solution générale aux problèmes environnementaux dans les villes, mais l'un des outils possibles d'application d'une stratégie européenne, nationale ou locale de réduction des concentrations de polluants dans l'air. Elle ne doit pas être considérée comme la solution miracle, mais comme l'une des mesures incluses dans des plans plus globaux d'amélioration de la qualité de l'air et de l'environnement pour chacun des pays concernés.

Nous avons montré dans ce premier chapitre que les zones à émissions réduites mises en place depuis quelques années dans de nombreuses villes européennes avaient des liens particuliers avec le transport de marchandises : toutes restreignent l'accès aux poids lourds, et de nombreuses ZER ne ciblent que les poids lourds. La ZER la plus emblématique d'Europe, celle de Londres, vise non seulement les poids lourds mais aussi les véhicules utilitaires légers.

Cibler les véhicules qui transportent les marchandises se justifie aisément en raison de la responsabilité importante de ces véhicules dans les émissions de polluants locaux qui contribuent à la mauvaise qualité de l'air de nombreuses villes européennes. Il est cependant étonnant que peu de villes, lors de la mise en place de leurs politiques de restriction d'accès, se soient demandé quel en serait l'impact sur le système de transport de marchandises en ville. Peu d'études ont été menées, ni par la communauté scientifique ni par les organisations professionnelles ni par les autorités publiques. La réaction des professionnels du transport et de la logistique à l'interdiction des vieux véhicules a cependant un impact potentiel important sur l'organisation de la mobilité du fret dans les villes.

La phase 2 va chercher à identifier ces comportements en prenant l'exemple de villes ayant mis en place des ZER vigoureuses. Nos premières conclusions à présent sont les suivantes. Les données statistiques que nous avons pu examiner pour les villes les mettant à disposition montrent tout d'abord une diminution du nombre d'entreprises de transport et logistique desservant les villes ayant une ZER. Il est impossible d'établir une relation directe de cause à effet entre la mise en place d'une ZER et la réduction du nombre d'entreprises de livraison (en raison notamment de la crise économique de la fin des années 2000) et cette partie de l'étude est précisée en phase 2 (cf. paragraphe 2), par l'analyse des données d'entreprises dans des villes des mêmes pays mais qui n'auraient pas mis en place de ZER, et par l'analyse des tendances de longue durée de l'évolution du nombre d'entreprises, montrant ou pas une rupture apportée par l'introduction d'une ZER.

Nos entretiens et enquêtes montrent par ailleurs que les entreprises restées sur les marchés urbains concernés par une ZER se sont adaptées aux nouvelles règles. Elles ont procédé à un certain nombre d'ajustements et de réorganisations aboutissant à une optimisation de leurs activités urbaines.

Notre conclusion provisoire est ainsi la suivante : il semble que la mise en place d'une *Low Emission Zone* réduise le nombre d'entreprises de transport livrant en ville ; et cette réduction est probablement bénéfique au marché urbain de transport de marchandises, en poussant les acteurs – publics et privés – à sa modernisation. Cette modernisation est nécessaire car ce marché connaît beaucoup de dysfonctionnements, environnementaux du fait de véhicules anciens jusque là utilisés, ainsi que sociaux du fait d'un grand nombre de très petites entreprises ayant des difficultés à maintenir un niveau suffisant d'activités sans contrevenir aux lois sociales et aux normes de sécurité du secteur. Des mesures structurelles comme celles des zones à émissions réduites ou des péages urbains distinguant les véhicules utilisés en fonction de leurs émissions apportent enfin un fondement sérieux à une réorganisation du secteur attendue depuis longtemps mais rarement mise en pratique jusque là.

Enfin, il faut considérer que la mise en place d'une zone à émissions réduites requiert une réflexion poussée en amont et un travail de terrain auprès des populations et entreprises concernées, afin d'être comprise et appliquée. De ce fait, elle nécessite un temps suffisant de préparation avant application. Il est primordial de rencontrer les acteurs qui seront les premiers enclins à être affectés par ce type de mesure, afin de comprendre le contexte de chaque lieu étudié et ainsi de juger au mieux des impacts réels d'une telle zone sur le travail du transporteur ou de l'entrepreneur affecté par la mesure. Dans le cadre de la logistique urbaine, l'impact peut être très différent selon le type de l'entreprise, son emplacement, sa culture d'entreprise, les pratiques économiques des lieux étudiés, et selon les différentes caractéristiques inhérentes à chaque zone. Le cas particulier des TPE (très petites entreprises) du transport routier de marchandises est à analyser de façon spécifique, tant les évolutions de ces entreprises sont difficiles à percevoir car peu prises en compte dans les statistiques ni dans les retours d'expériences des organisations professionnelles de transporteurs, qui les représentent rarement.

2. Etudes de cas et impacts sur les entreprises de transport de marchandises

NB Ce chapitre 2 correspond au travail de phase 2 du projet de recherche RETMIF.

Auteurs : Laetitia Dabanc, Antoine Montenon, Cécilia Cruz, Marie Bocquentin.

La phase 2 s'intéresse plus en détail aux terrains étrangers étudiés : Londres, Berlin et Göteborg. L'objectif de cette phase est de comprendre dans quelle mesure la mise en place d'une ZER a influencé et modifié l'activité du transport de marchandises et ce tant en compte propre qu'en compte d'autrui.

Pour cela, une double méthode a été utilisée. D'une part, nous avons effectué un recueil de données statistiques sur les évolutions en termes de volume de trafic, sur les véhicules, ainsi que sur la structure du secteur d'activité qui permettent de saisir les évolutions du transport de marchandises en ville sur les trois cas étudiés. D'autre part, nous avons mené, au cours de séjours (C. Cruz et A. Montenon) de deux à quatre semaines chacun sur chacun des sites étudiés, des entretiens auprès de professionnels du transport (entreprises, fédérations ou autorités locales) afin d'appréhender les changements de comportement des acteurs du secteur et de comprendre leur adaptation.

2.1. Contextes : le transport des marchandises et les questions environnementales à Londres, Berlin et Göteborg

2.1.1. Organisation et spécificités du transport des marchandises

a. Présentation des trois terrains d'enquête

Le Grand Londres est la plus grande métropole d'Europe, avec ses 8,4 millions d'habitants sur 1572 km² et son aire urbaine de 15 millions d'habitants, soit environ un quart de la population totale du Royaume-Uni. Elle est l'une des neuf régions anglaises, une des douze régions du Royaume-Uni. Elle correspond statistiquement à une unité NUTS1⁶, et dispose de sièges au Parlement européen (au nombre de 8 sur 792). Elle est partagée en 33 arrondissements (boroughs). Le maire de Londres est Boris Johnson (parti conservateur) depuis 2008, qui a succédé à Ken Livingstone (parti travailliste).

A Londres, la Greater London Authority est l'autorité administrative en charge de la gestion du Grand Londres, elle est présidée par le Maire de Londres.

La compétence transport est gérée par une agence : Transport for London (TfL) créée en 2000 suite à la constitution du Grand Londres. Elle est directement financée par la Greater London Authority. Transport for London est en charge du réseau de transports en commun (bus, métros) et mais également des questions liées au transport de marchandises. C'est cet organisme qui détermine les évolutions futures telles qu'une Ultra Low Emission Zone (ULEZ) et qui réalise les études préalables aux décisions. La structure est divisée en plusieurs départements dont l'un d'entre eux est le fret. Le secteur transport de marchandises de TfL est géré par une équipe d'une dizaine de personnes, menée par Ian Wainwright.



Figure 22 : Exemple de restriction de circulation locale à Londres.
Source : les auteurs.

⁶ http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/nuts_nomenclature/correspondence_tables/national_structures_eu

Berlin est la première ville d'Allemagne, regroupant 3,5 millions d'habitants sur 892 km². Berlin est également l'un des 16 *Länder* allemands, et a donc le statut de ville-*Land*. Elle dispose à ce titre de voix au conseil fédéral allemand ou *Bundesrat* (au nombre de 4 sur 69), et à un statut d'unité NUTS1. Berlin est partagée en 12 *Bezirke* depuis 2001. Toutes les compétences sur territoire de Berlin sont dévolues au *Senat*. Depuis 2014, le bourgmestre de Berlin est Michael Müller (social-démocrate).

Berlin est un centre économique de poids plus faible que les anciens territoires de l'Ouest, notamment la Bavière ou la Rhénanie du Nord-Westphalie. Elle est un lieu de transit privilégié de l'Allemagne et du port de Hambourg vers l'Europe de l'Est. Le secteur de la construction y a joué un rôle économique très fort depuis la réunification allemande de 1990, la ville ayant été coupée en deux durant 26 ans.

Au *Senat* de Berlin, une personne est chargée du transport de marchandises, Julius Menge.

Göteborg est la deuxième ville de Suède avec 550 000 habitants sur 450 km² ; son agglomération compte 900 000 habitants environ, soit 9% de la population totale suédoise. Elle est le chef lieu du comté de Västra Götaland, l'un des 21 comtés suédois. La mairie de Göteborg est gérée depuis 2009 par Anneli Hulthén (parti social-démocrate).

La ville présente une activité industrielle importante, contrairement aux deux autres grandes villes suédoises, Stockholm davantage tournée vers services et Malmö plutôt orientée vers les technologies. Elle est le siège de compagnies comme Volvo, SKF ou Ericsson. Le port de Göteborg est le premier de Scandinavie en termes de tonnages (37,1 millions de tonnes en 2014).

Dans la ville de Göteborg, la compétence transport est assurée localement par un service au sein de la municipalité : *Trafikkontoret*. Il faut noter qu'elle ne peut intervenir que sur les territoires étant gérés localement, ainsi la municipalité n'a aucun contrôle et action sur le trafic circulant sur le réseau national autoroutier dont les emprises sont dans la ville. Deux personnes, dont l'une s'occupe des aspects liés à la gestion du trafic, sont chargées du transport de marchandises.

b. Organisation du transport de marchandises

La réglementation conditionne la façon dont sont réalisés les livraisons et enlèvements

Outre celle liée à la ZER, les différents cas étudiés possèdent une réglementation spécifique majoritairement mise en place par les autorités locales.

A Londres, de nombreuses rues possèdent des limitations d'accès en termes de taille du véhicule. Ainsi, toute la zone centrale est restreinte à des véhicules dont le PTAC⁷ n'excède pas 7,5 t.

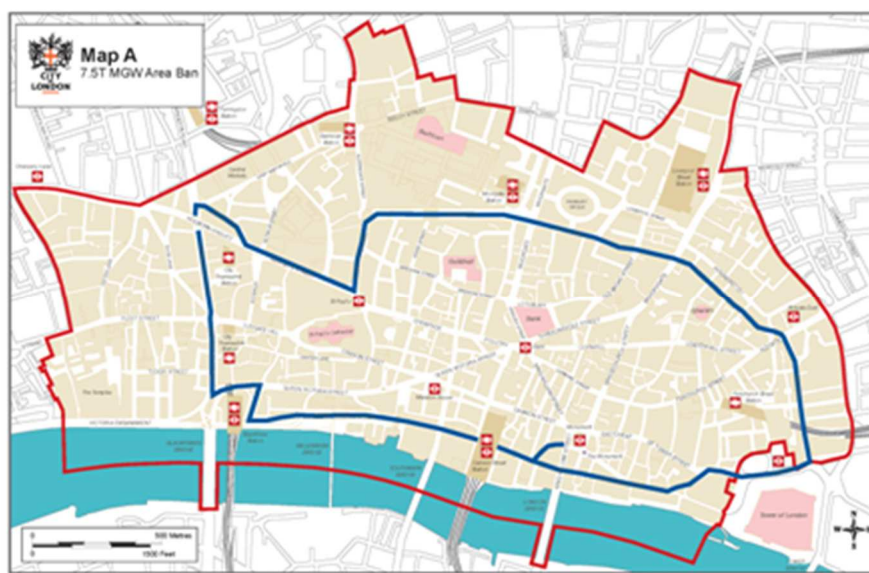


Figure 23. Zone de limitation du PTAC dans le centre de Londres.

Source : City of London⁸

⁷ Poids Total Autorisé en Charge.

⁸ Site internet de la ville de Londres: <http://www.cityoflondon.gov.uk/services/transport-and-streets/roads-highways-and-pavements/Documents/Roads-highways-pavements-weight-limits--weight-ban-mapApdf.pdf> (consulté le 8 juin 2015).

A Berlin, il n'existe pas de restrictions de circulations en termes de type de véhicules ou de taille y compris dans la zone la plus dense. Ceci s'explique par une réglementation nationale qui impose une non discrimination entre les véhicules. De ce fait, il est impossible d'interdire l'accès d'un véhicule lourd à une rue. Cette absence de réglementation s'explique également par la taille des rues très larges ne posant aucune difficulté en termes d'accès (Figure 24).



Figure 24. Livraison à côté de la station Friedrichshain à Berlin.

Source : les auteurs.

Certains magasins possèdent des aires de livraison intérieures comme par exemple dans le quartier d'Alexanderplatz (Figure 25), mais d'après nos observations en différents points de la ville, les livraisons semblent essentiellement se faire en stationnement en double-file (Figure 26).



Figure 25. Livraisons en cours dans le quartier d'Alexanderplatz à Berlin.

Source : les auteurs.



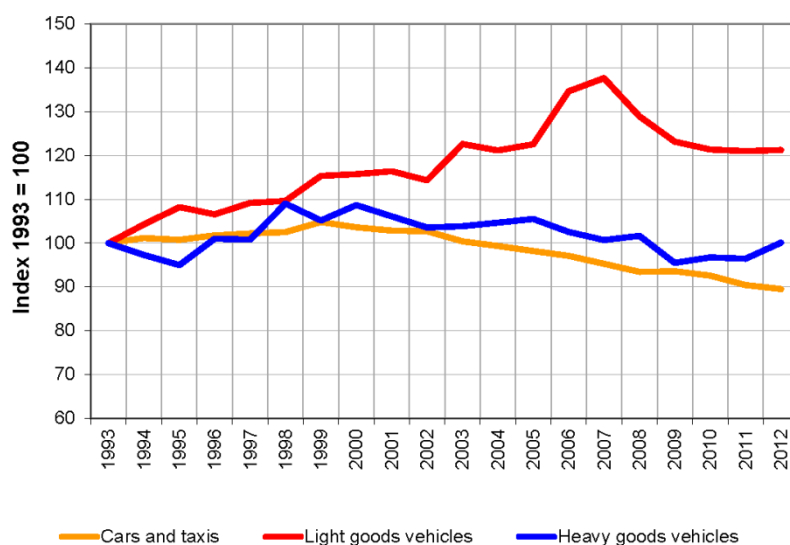
Figure 26. Livraisons dans le quartier de Mitte à Berlin.

Source : les auteurs.

A Göteborg, il y a peu de limitations dans les accès aux rues. D'après M. Jäderberg⁹, responsable des questions liées au transport de marchandises au sein de la Mairie, seules 3 rues piétonnes du centre-ville sont soumises à des restrictions. De fait, hors de la zone centrale piétonne, la circulation reste fluide.

Les véhicules

A Londres, où il existe des restrictions sur la taille des véhicules, la proportion de véhicules utilitaires légers est élevée et celle-ci s'est accrue au fil des années depuis le début des années 1990. La Figure 27 montre qu'entre 1993 et 2007, il y a une augmentation de près de 40% des véhicules-kilomètres effectués par des VUL tandis que pour les poids lourds, entre ces deux dates, le trafic est stable en dépit de quelques variations. Il faut toutefois noter que le trafic de VUL a fortement diminué depuis 2007 (-20%). Nous reviendrons ultérieurement sur les effets de la mise en place de la ZER sur le trafic (cf. paragraphe 2.3.2).



Note: based on DfT traffic data.

Source: calculated from data provided by TfL, 2014a.

Figure 27. Evolution du nombre de véhicules-kilomètres parcourus à Londres entre 1993 et 2012. Source : Allen et al., 2014.

A Berlin, les véhicules utilitaires légers ne sont pas aussi présents dans la circulation, ceci peut être attribué au fait qu'il n'y ait pas de restriction sur la taille en vigueur dans la ville de Berlin.

De nombreuses entreprises de transport et logistique plutôt localisées en périphérie des villes

Le transport se fait à partir de différents lieux de l'agglomération. Si à Berlin et Göteborg, l'activité semble concentrée, à Londres, elle semble plus diffuse.

A Londres, Allen et al. (2014) estiment le nombre d'implantations liées aux activités à 30 000 en 2013. Il faut noter que cette estimation comprend une part importante des établissements de commerce de gros (70 %). La part du compte propre dans les échanges n'a pu être estimée à l'échelle de la ville.

La Figure 28 présente la spécialisation à l'échelle du *ward*¹⁰ dans le secteur des entreprises de transport et logistique en 2007. Il faut noter que ce secteur d'activité est davantage présent sur les franges de l'agglomération par rapport au centre-ville. Ceci illustre un phénomène observé dans les grandes métropoles, à savoir l'étalement logistique (Dablanc et Andriankaja, 2011). Les entrepôts sont des bâtiments requérant de l'espace dont le chiffre d'affaires généré par m² ne peut atteindre le niveau du prix du foncier des zones centrales. La concurrence avec les autres activités notamment de service est défavorable au maintien des activités logistiques en centre-ville. Les activités logistiques ont donc tendance à se localiser plus en périphérie des villes où le prix du foncier est moins élevé.

⁹ Entretien du 19 février 2015.

¹⁰ Le *ward* est un district électoral, correspondant à une unité administrative. A noter que chaque *borough* est découpé en plusieurs *wards*.

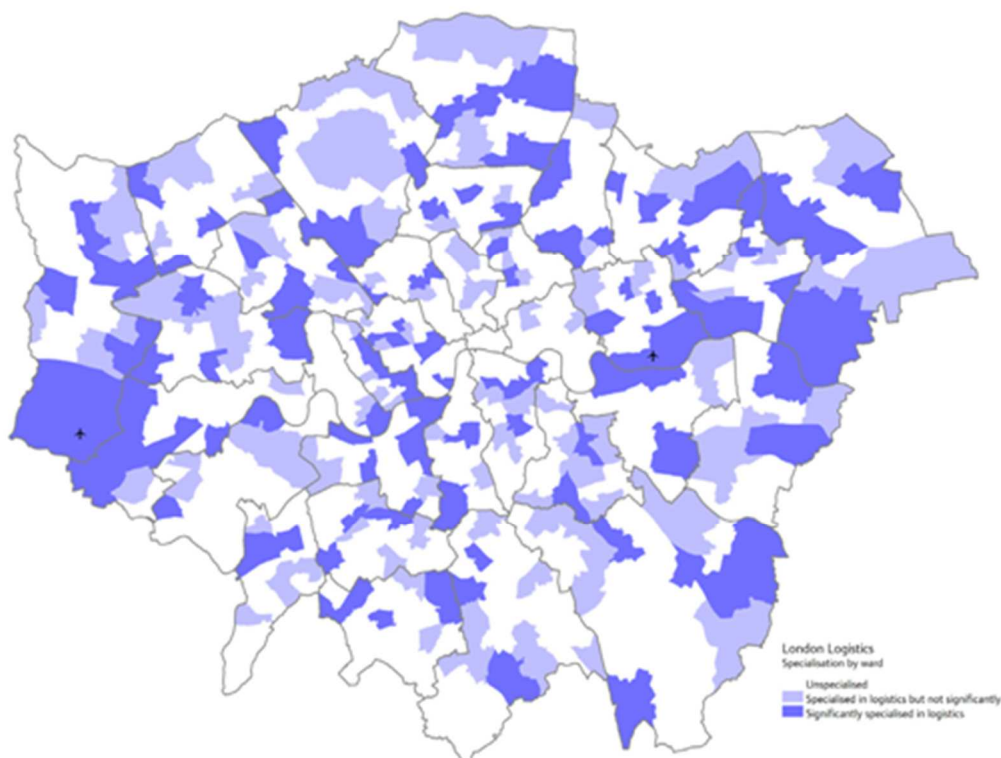


Figure 28. L'emploi logistique à Londres en 2007.
Source : Thompson, 2009.

Le secteur de la logistique représente 5% des emplois à Londres en 2012 (Allen et *al.*, 2014). La proportion est semblable à Berlin : 5% des emplois en 2011¹¹.

A Berlin, on observe également que les activités logistiques sont plutôt localisées en périphérie (Hesse, 2004) et notamment dans de grands parcs logistiques que Hesse (2004) qualifie d'*Integrated Freight Centres*. Ces derniers sont nés d'une volonté politique d'organiser les flux dans la ville. Comme le montre la Figure 8, ces centres de distribution (GVZ - *Güterverkehrszentren*) sont localisés à proximité des infrastructures routières mais également ferroviaires et fluviales notamment pour Westhafen, qui est le principal port de Berlin au Nord à proximité du centre compris dans la *S-Bahn Ring*¹².

¹¹ Calculs des auteurs à partir de Statistischer Bericht D II 1 – j / 11 Unternehmen und Betriebe im Land Berlin 2011.

¹² Le S-Bahn Ring est la ceinture périphérique ferroviaire formant une boucle autour du centre-ville de Berlin.

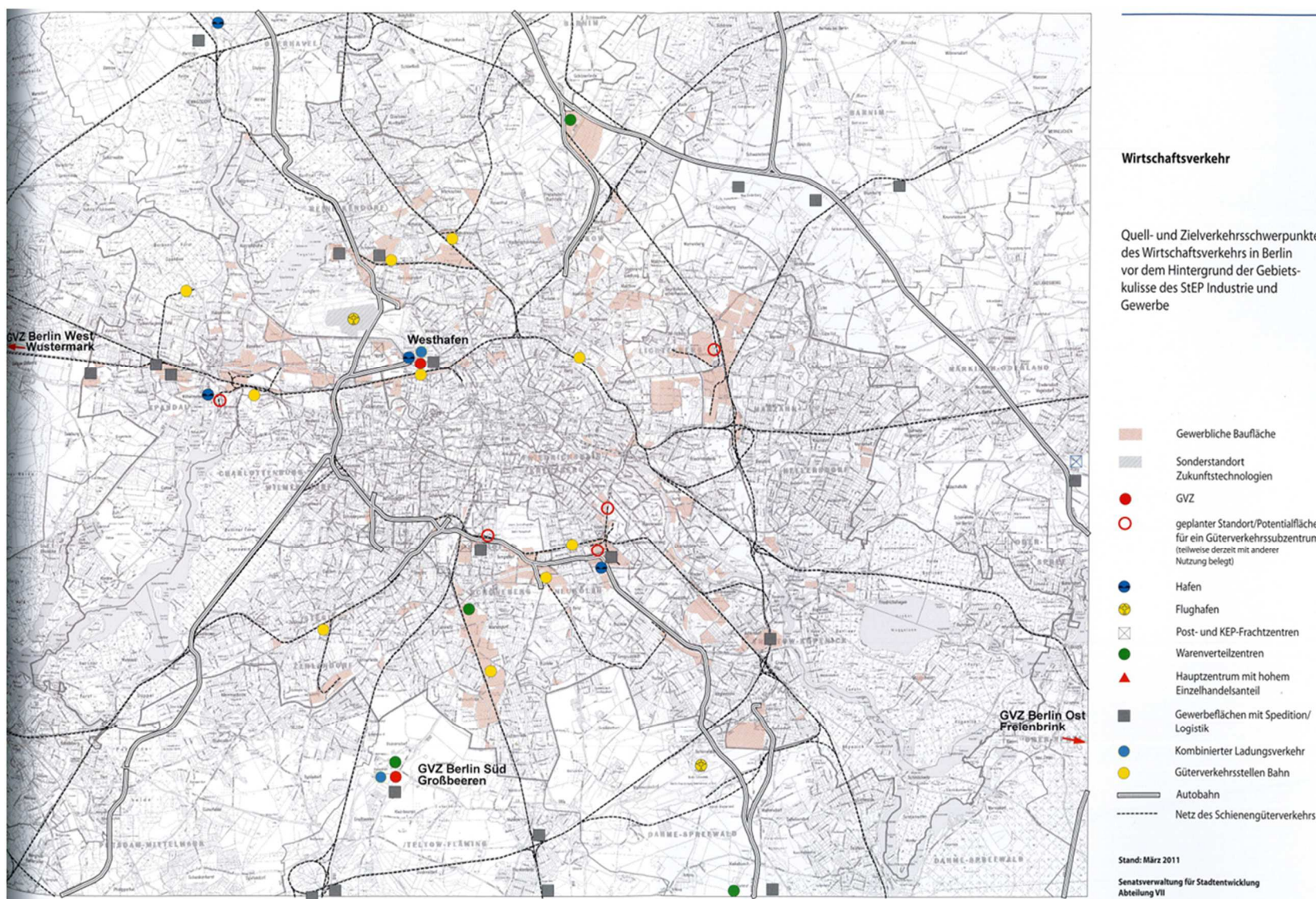


Figure 29. Localisation de grands centres de distribution à Berlin en 2013.

Source : Document fourni par le Senat Berlin

A Göteborg, le nombre d'entreprises est inférieur à celui observé à Berlin ou à Londres, ce qui s'explique par la taille de la ville. En 2015, 466 entreprises de transport routier et 61 du secteur de l'entreposage sont localisées dans l'agglomération¹³. Les cartes (figure 30 et figure 31) montrent la localisation des établissements de transport routier dans la région du Västra Götalands län et dans la ville de Göteborg. Les données utilisées sont plus anciennes mais montrent bien que les établissements ont tendance à se localiser dans l'agglomération. En 2015, la ville accueille 18% des entreprises de transport routier et près d'un tiers de celles moins nombreuses d'entreposage (30 %)¹⁴.

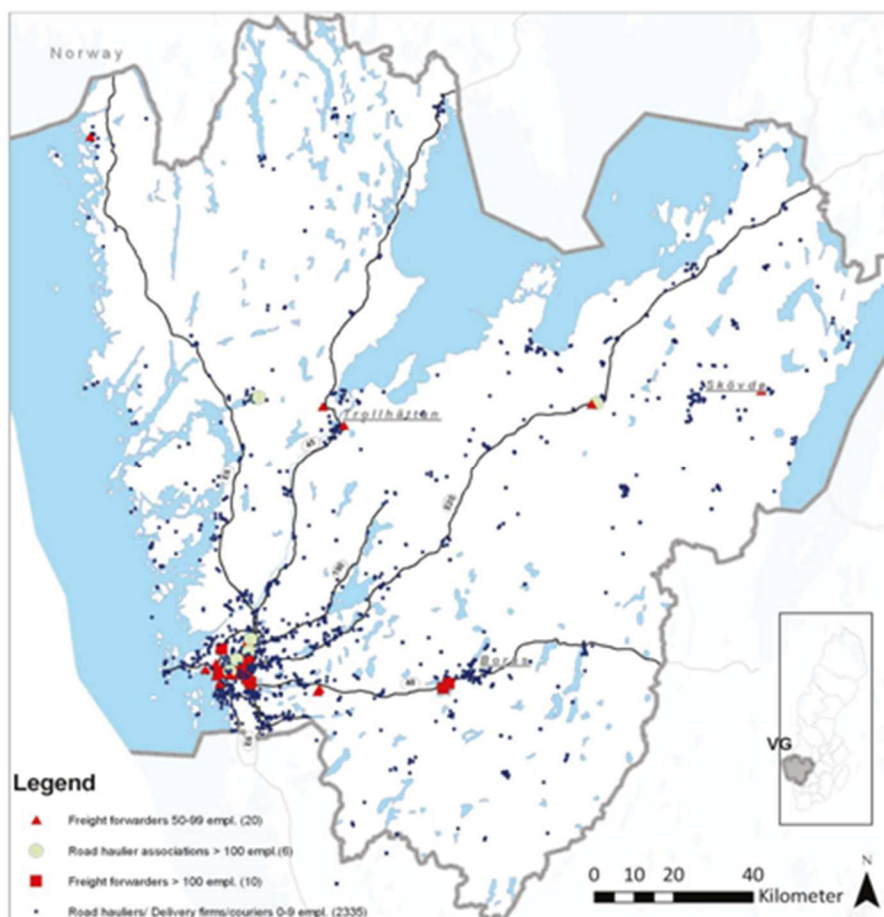


Figure 30. Localisation des entreprises de transport dans la région du Västra Götalands län en 2009.
Source : Olsson, Woxenius, 2012.

¹³ Source : Statistiska centralbyrån, Företagsregistret.

¹⁴ En 2015, dans le Västra Götaland, on compte 2555 entreprises de transport routier dont 466 à Göteborg. Pour les entreprises d'entreposage, on compte 61 entreprises implantées dans le Västra Götaland dont 18 à Göteborg.

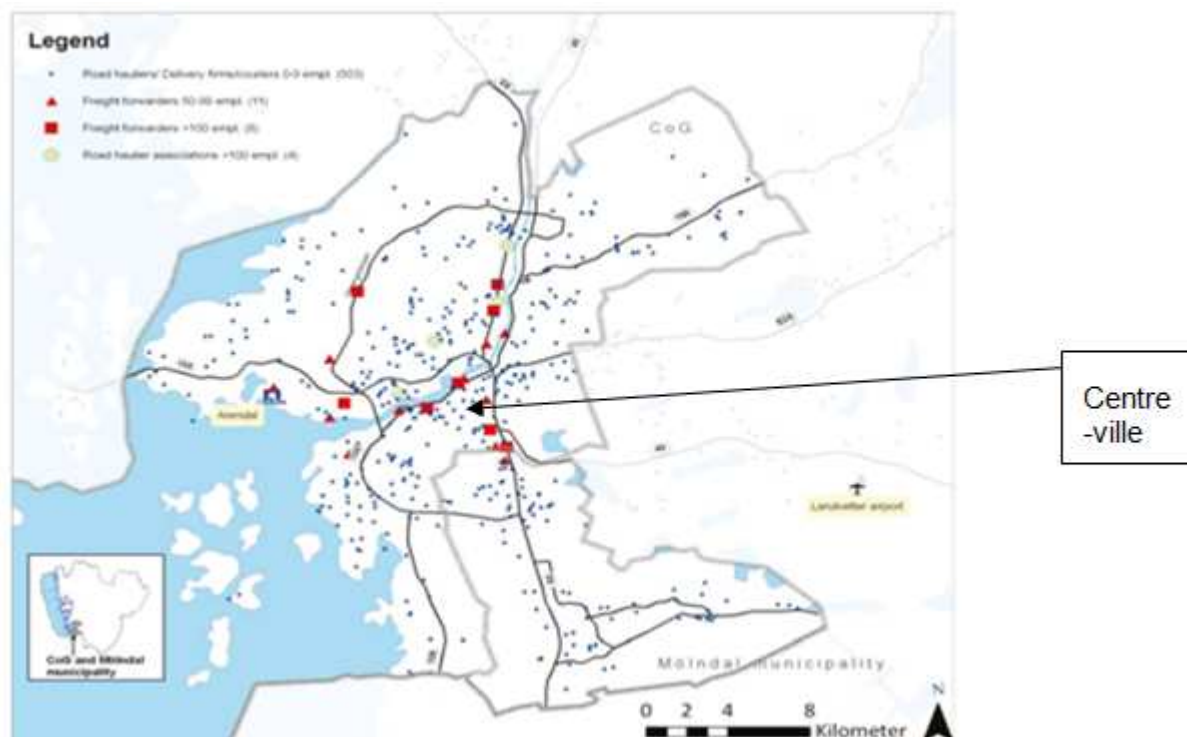


Figure 31. Localisation des entreprises de transport dans Göteborg en 2009.

Source : Olsson, Woxenius, 2012

En ce qui concerne la localisation des entreprises de transport dans la ville, la Figure 31 montre qu'il y a davantage d'entreprises sur la rive Nord à proximité du centre-ville. A noter qu'il existe un deuxième pôle logistique important dans l'agglomération qui est à Mölndal, la municipalité jouxtant Göteborg au Sud.

Le rôle joué par trois opérateurs est un autre élément structurant de l'organisation du transport de marchandises à Göteborg: DHL, DB Schenker et Postnord réalisent 80 % des livraisons dans le centre-ville et ne font que peu appel à de la sous-traitance¹⁵. A travers les différents entretiens réalisés, cette partie de ville relève d'une organisation spécifique et est généralement considérée comme un ensemble de type « centre commercial ».

Enfin, un dernier élément structurant est la composition du secteur des entreprises de transport de marchandises, qui à Berlin comme à Göteborg est dominé par les petites structures : ainsi les établissements de 0 à 9 salariés représentent 87 % des établissements implantés dans la ville¹⁶. A Berlin, la part est légèrement inférieure : 72 % en 2010¹⁷. Les petites entreprises sont très nombreuses dans l'ensemble des terrains étudiés.

La place des modes autres que la route

Comme le souligne la vision stratégique de Göteborg 2035, document adopté en février 2014, Göteborg est l'une des localisations privilégiées pour la logistique en Suède. Ceci s'explique par la présence du premier port d'importations et d'exportations de Suède (37,1 millions de tonnes en 2014). La Figure 32 montre que le port est un élément structurant de l'organisation des flux dans les villes, notamment routiers.

¹⁵ Entretien avec Magnus Jäderberg, en charge des problématiques liées au transport de marchandises au sein de la municipalité, 19 février 2015.

¹⁶ Calculs auteurs d'après des données statistiques, Suède, in Olsson, Woxenius, 2012.

¹⁷ Source : données BFG 2010, calculs des auteurs.

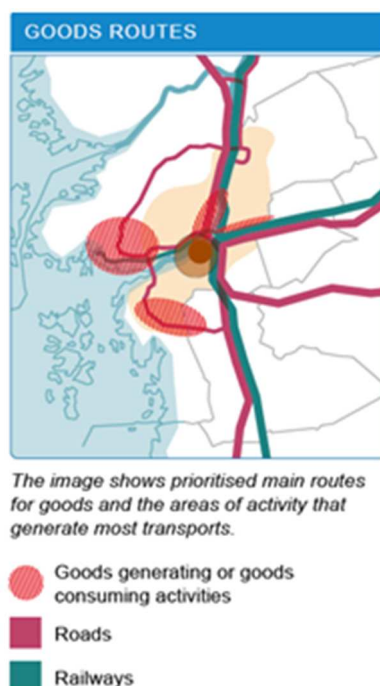


Figure 32. Les principaux itinéraires des flux de marchandises dans l'agglomération de Göteborg.
Source : Helleberg et al., 2014

A Berlin, le port de Westhafen dans l'Ouest de la ville (Figure 8) joue également un rôle important dans l'approvisionnement de la ville. On note des variations dans les volumes de marchandises transportées à Berlin (tous modes confondus). En 2001, 35,5 millions de tonnes ont été transportées tandis qu'en 2009, le volume transporté s'élève à 30,1 millions, enfin en 2011, le volume de marchandises a augmenté à 32,4 millions de tonnes¹⁸. La baisse entre 2001 et 2009 s'explique par des changements structurels de l'économie. Suite à la réunification de l'Allemagne en 1990, la ville de Berlin s'est lancée dans de nombreux travaux de construction qui ont nécessité des quantités importantes de matériaux, le début des années 2000 coïncide avec la fin de cette période de construction.

Par ailleurs, il faut noter que Berlin est bien plus souvent une ville destinataire qu'expéditrice, ainsi pour une tonne expédiée en 2011, 4,3 tonnes étaient réceptionnées par Berlin¹⁹.

Comme le note le dernier rapport sur la mobilité (Berlin Baut, 2014), une place importante est accordée aux autres modes de transport. Le transport ferroviaire témoigne d'un fort dynamisme puisque le volume de marchandises transportées est passé de 4,2 millions de tonnes en 2009 à 5,5 millions en 2011.

c. Quelques exemples d'innovations

Dans les trois villes étudiées, on note le développement de solutions en matière de logistique urbaine visant à limiter les émissions de polluants, l'un des objectifs visés par la ZER. Ces différents projets et expérimentations témoignent d'un certain dynamisme au niveau local en matière d'innovations.

Les solutions ici présentées peuvent être classées en deux groupes : celles portant sur le véhicule lui-même et en particulier le véhicule électrique et celles portant sur des modifications dans les organisations de transport.

Il faut noter que les municipalités sont plus ou moins partie prenante de ces projets et ceci est lié à la culture du pays. Ainsi à Londres, TfL ne subventionne pas d'initiative même si l'administration peut travailler en collaboration avec des partenaires. La logique économique prévaut et ce sont plutôt des initiatives privées.

¹⁸ Berlin Baut, 2014 ; Senat Berlin, 2011.

¹⁹ Données in Berlin Baut, 2014.

Quelques projets innovants mentionnés par nos interlocuteurs

Le projet **LaMiLo** (Last Mile Logistics), financé par le programme européen Interreg, et composé de 14 partenaires en Europe du Nord et de l'Ouest, a pour but d'« améliorer la productivité et l'efficacité de la chaîne logistique par une prise en compte nouvelle de la problématique du dernier kilomètre dans la distribution des marchandises » (www.lamiloproject.eu). Voici deux exemples de solutions testées sur Londres :

- Un test effectué par Eddie Stobart et Colas Rail a consisté en l'utilisation de trains de nuits depuis les Midlands vers la gare de Euston à Londres pour livrer la chaîne de magasins Sainsbury's. La création d'un petit centre de distribution urbaine à la gare de Euston a ainsi permis l'utilisation de petits véhicules de livraison propres hors des heures de pointe.
- Un autre test a consisté en l'utilisation d'un centre de groupage/distribution opéré par DHL dans l'arrondissement de Camden pour grouper le transport de marchandises pour le secteur public. La surface couverte par ce service est de 157 km², soit 10 % du Grand Londres. Ce test est actuellement utilisé pour trouver de nouvelles solutions de viabilité financière de ce type de centre de distribution sur le long terme, en réfléchissant à une amélioration opérationnelle, financière et environnementale de la chaîne.

Frevue (*Freight Electric Vehicles in Urban Europe*) est un projet européen financé par le 7^{ème} programme cadre de l'Union Européenne (FP7). Il s'agit de créer des solutions de logistique urbaine électrique dans huit villes européennes, dans le but de montrer l'intérêt de ce mode comme alternative au diesel en milieu urbain (Nesterova et al., 2013). Le principe utilisé est le suivant :

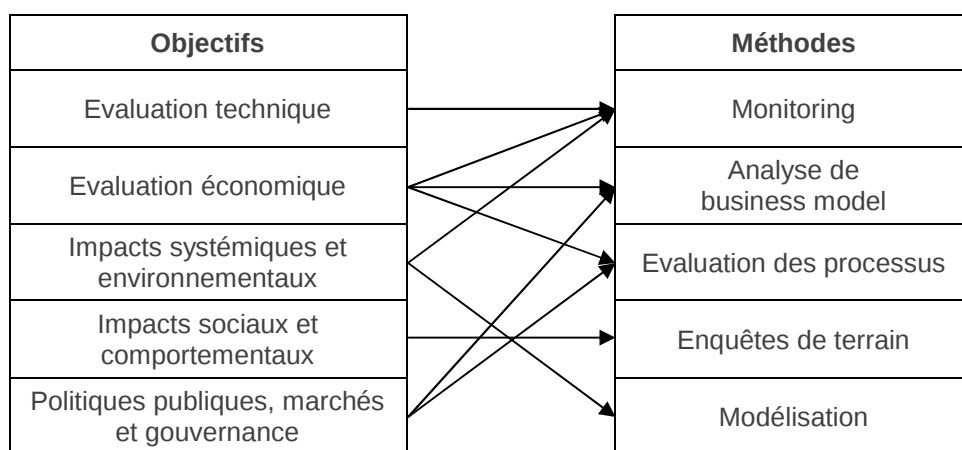


Figure 33. Frevue - objectifs et méthodes.
Source : les auteurs, à partir de www.frevue.eu

Stadsleveransen est un projet porté par la ville de Göteborg depuis 2012, en partenariat avec Volvo Trucks et de nombreux opérateurs de fret locaux. Il s'agit d'effectuer des livraisons de colis dans l'hypercentre de Göteborg par le biais d'un véhicule électrique, à partir de huit points relais disposés autour du centre-ville.

Une évaluation de cette expérimentation a mis en évidence un gain minime sur le nombre de véhicule-km (- 3 % en 2013 selon Behrends, 2015). Ceci s'explique par des volumes transportés faibles : les observations effectuées en 2013 sur une semaine ouvrée, portent sur 360 colis répartis lors 129 livraisons à 55 destinataires. Un gain plus significatif (moins 33%) pourrait être possible avec une mutualisation en amont du centre de consolidation.



Figure 34. Véhicule Stadsleveransen à Göteborg.
Source : les auteurs.

La **centrale Biogaz** de la compagnie *Berliner Stadtreinigung* (BSR), mise en route en juillet 2013, récupère les déchets organiques collectés dans la ville de Berlin (environ 60 000 tonnes par an) pour créer un composé biogaz proche du méthane. Ce biogaz est ensuite utilisé comme carburant par les véhicules de collecte de déchets de la compagnie. Ce procédé a permis une économie de Diesel de 2,5 millions de litres par an, et une réduction d'environ 12 000 tonnes des émissions de CO₂ (Source : entretien avec BSR).

Le cycle mis en place est le suivant (en Allemand) :

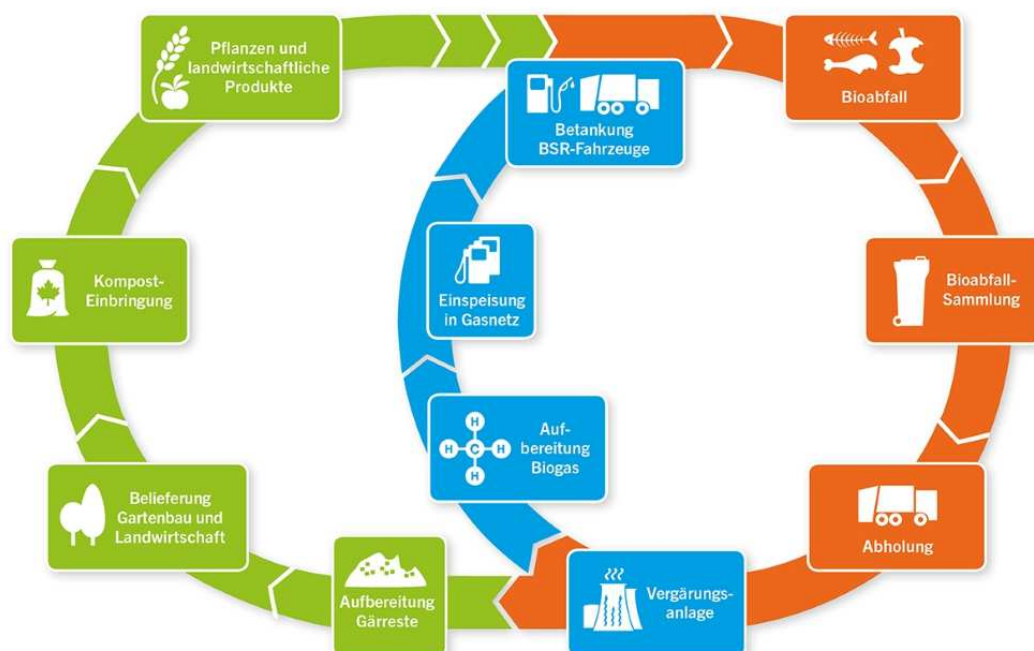


Figure 35. Cycle de réutilisation du méthane par la centrale Biogaz de Berliner Stadtreinigung. (Source : <http://www.bsr.de/>).

2.1.2. Les questions environnementales liées au transport à Londres, Berlin et Göteborg

a. Les plans environnementaux : de l'Union européenne aux plans de qualité de l'air locaux

L'Union Européenne publie tous les dix ans environ un programme environnemental appelé Programme d'Action communautaire pour l'environnement (PAE). Ces programmes sont à la base des actions coordonnées des pays de l'Union, et doivent ensuite être appliqués.

Le sixième programme datait de 2002 et était valable pour la période 2002-2012 (UE, 2002). Les deux axes principaux de ce programme avaient pour but d'intégrer des objectifs de qualité de l'air communs et d'intégrer les problématiques environnementales dans les politiques selon une logique transversale. A partir de ces objectifs, des stratégies et réglementations directrices de la politique communautaire sur la qualité de l'air ont été créées comme par exemple, la Stratégie thématique sur la pollution atmosphérique (UE, 2005b) et la directive 2008/50 qui fixe des concentrations maximales de certains polluants, dont les NO_x et les PM₁₀ (UE, 2008). L'environnement doit être une problématique transversale aux autres problématiques et non un programme spécifique. Les trois secteurs les plus visés sont l'énergie, les transports et l'industrie.

Le septième programme pour l'environnement est dans la continuité du précédent tout en améliorant les objectifs et en proposant des réductions d'émissions de polluants plus contraignantes et définies nationalement (UE, 2013). Les chiffres de ces réductions étaient en cours de définition lors de la rédaction de ce rapport.

Chaque pays de l'UE suit la politique communautaire, et l'utilise comme point principal de réflexion et d'action, afin d'atteindre les objectifs fixés.

Dans chacun de ces pays, la compétence environnement et/ou qualité de l'air sont réparties à des échelons différents. Dans nos trois cas d'études, la municipalité a toujours la compétence de la qualité de l'air, mais elle doit répondre aux objectifs définis nationalement et/ou régionalement. La législation et les objectifs locaux peuvent alors différer, selon la problématique locale, le champ de compétences et les capacités et financières de chaque autorité.

L'Union Européenne a également défini des normes environnementales pour les véhicules, appelées normes Euro, définissant des émissions maximales pour certains polluants (dont les oxydes d'azote et les particules). Chaque véhicule neuf mis sur le marché doit satisfaire à la norme correspondante. Le tableau suivant donne la correspondance entre la date de mise en circulation et la norme Euro :

Tableau 11. Correspondance entre norme Euro et date de mise en circulation (nouveaux types)

Norme	Véhicules Particuliers	Véhicules Utilitaires Légers (1,3t–3,5t PTAC)	Poids lourds/Bus/Cars (>3,5t PTAC)	Deux-roues motorisés
Euro 0	-	-	10/1990	-
Euro I/1	10/1994	-	07/1992	06/1999
Euro II/2	01/1998	01/1999	10/1995	01/2003
Euro III/3	01/2000	01/2001	10/2000	01/2006
Euro IV/4	01/2005	01/2006	10/2005	-
Euro V/5	09/2009	01/2011	10/2008	-
Euro VI/6	09/2014	09/2015	01/2014	-

Nota Bene : les normes euro sont usuellement suivies d'un chiffre arabe pour les véhicules particuliers, les véhicules utilitaires légers et deux-roues, d'un chiffre romain pour les poids lourds, bus et autocars.

Le Grand Londres

Le responsable des questions environnementales et de l'application des directives européennes au Royaume-Uni est le *Department for Environment, Food and Rural Affairs* dit DEFRA. Une stratégie nationale concernant la qualité de l'air a été publiée en 2007 (DEFRA, 2007) ; elle détermine que chacune des problématiques de qualité de l'air doit être gérée par le secrétariat d'Etat, l'autorité régionale ou locale selon la nature et l'échelle de la problématique. Par exemple, les questions des émissions de polluants du transport et de la mesure de la pollution sont gérées par l'autorité locale, quand les problématiques de gaz à effet de serre et la coordination des plans de qualité de l'air sont gérées au niveau du secrétariat d'Etat (DEFRA, 2011).

Le Grand Londres est l'une des 40 zones ²⁰ du Royaume-Uni ne respectant pas les valeurs limites annuelles de NO₂ définies par la directive 2008/50/CE (UE, 2008), et l'une des trois zones ne respectant pas les limites horaires. La stratégie de qualité de l'air de 2010 du Grand Londres (GLA, 2010) détaille le plan prévu pour réduire cette pollution. Il existe deux problématiques principales : le transport, et les autres secteurs (énergie, bâtiment, végétation, etc.). Il est indiqué qu'environ 40% de la pollution de l'air (NO₂ et PM₁₀) proviendrait de sources externes au Grand Londres. Le transport routier serait, en 2008, à l'origine de 46% des émissions de NO_x et de 79% des émissions de PM₁₀, (GLA, 2010).

Les programmes de ce plan de qualité de l'air s'adressant au transport visent notamment l'encouragement des technologies de réduction des émissions sur les véhicules, l'utilisation de moyens de transport durables, l'optimisation des trajets. Les plans de *Congestion Charging Zone* et de *Low Emission Zone* font également partie des stratégies favorisées (GLA, 2010). Dans cette stratégie, un focus court sur le transport de fret est effectué, bien que la problématique fret soit en majorité comprise dans des problématiques générales sur le transport. La responsabilité du transport, et donc de l'application du volet Transport de ce plan de qualité de l'air, est dévolue à *Transport for London*.

²⁰ Le Royaume-Uni est découpé en 43 zones.

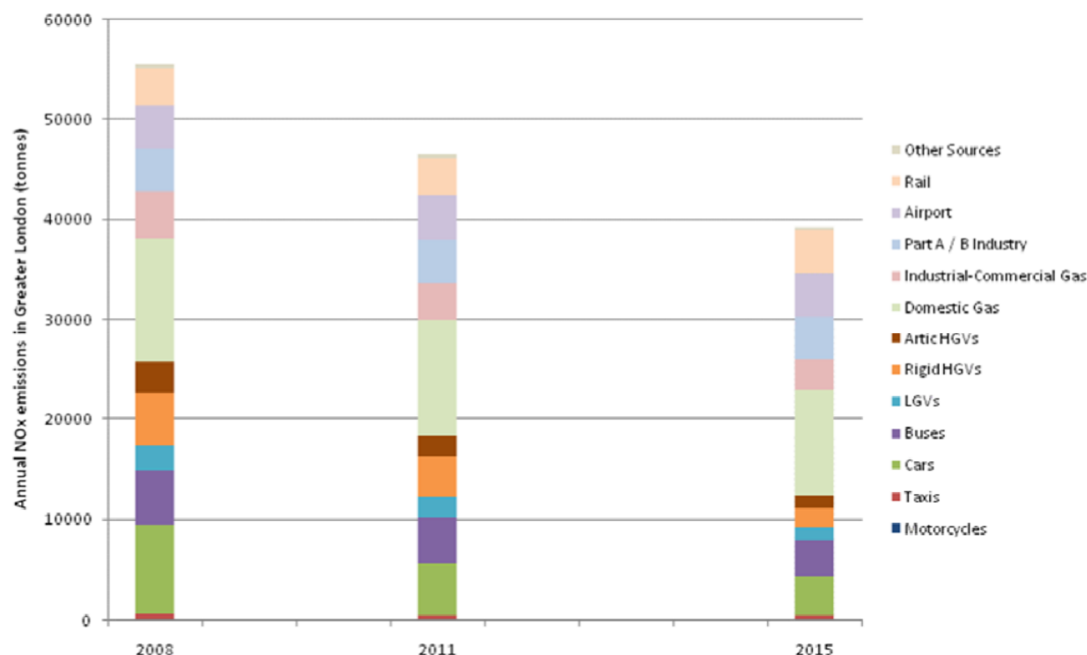


Figure 36. Evolution des émissions annuelles de NOx (t) liées au trafic routier au sein du Grand Londres.

Source : GLA, 2010.

N.B. : Artic HGVs = Articulated Heavy Goods Vehicles (poids lourds articulés)

Rigid HGVs = Rigid Heavy Goods Vehicles (poids lourds rigides)

LGVs = Light Goods Vehicles (véhicules utilitaires légers)

Berlin

Tout comme le DEFRA du Royaume-Uni, le *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit* (BMUB) est responsable de l'application des objectifs européens de qualité de l'air dans l'Etat fédéral d'Allemagne (RFA, 2002). Son objectif principal est la réduction des émissions de gaz à effet de serre, avec des indicateurs quantitatifs fixés à 40% pour 2020 et 80-95% pour 2050, sur la base des émissions de 1990 (BMUB, 2014). Toutefois, la compétence environnement est gérée au niveau du *Land*, qui décide de plans locaux ou régionaux et peut mettre en place sa propre législation. Le BMUB a donc un rôle de coordination et d'accompagnement, par exemple par la création de postes ou de financements de projets locaux. Les trois thèmes porteurs dans le secteur des transports sont : la *LKW-Maut*, taxe kilométrique dont les véhicules de plus de 12 tonnes de PTAC doivent s'acquitter, dont le prix augmente selon l'ancienneté du véhicule; le développement de structures d'accompagnement à l'électromobilité ; la mise en place d'équipements permettant la réduction des émissions sur les véhicules (par exemple les filtres à particules), par un financement d'une partie de ces équipements (BMUB, 2014).

Berlin est une ville-*Land*, et regroupe donc les compétences des deux types de collectivités. En 2010, les valeurs limites annuelles de NO₂ et PM₁₀ définies par la directive 2008/50/CE étaient dépassées (Senat Berlin, 2013). Le plan de qualité de l'air (Senat Berlin, 2005) classe les mesures locales de qualité de l'air en deux catégories : les mesures traitant de la pollution venant de sources statiques (industrie, bâtiment, etc.) et les mesures liées au trafic routier.

En 2005, le trafic local comptait pour 26% de la pollution en PM₁₀, 47% venant d'une pollution de fond régionale, et 27% d'autres sources sur la région urbaine de Berlin.

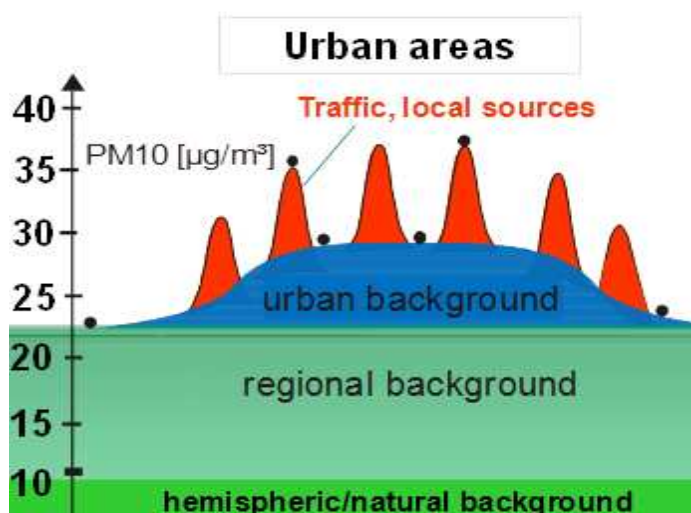


Figure 37. Sources de pollution en particules fines en zone urbaine. Source : fourni par M. Lutz, Senat Berlin.

Dans la pollution en PM_{10} provenant du trafic, les véhicules lourds représentent environ deux tiers des émissions et 4/5 des émissions à l'échappement. Le *Senat Berlin* insiste sur le fait que 60% des émissions de particules du transport sont dues à l'usure des pneus, au freinage, ou à la resuspension depuis le sol (les émissions hors-échappement). Aucune mesure n'est prévue par le service qualité de l'air sur ce dernier sujet des émissions hors-échappement. En effet, réduire ce type d'émissions ne nécessite qu'une réduction des flux de véhicules et est donc l'affaire du service transport et non du service qualité de l'air (Senat Berlin, 2005).

Le plan de qualité de l'air de 2005 (Senat Berlin, 2005) pousse plusieurs types de mesures : la coopération des acteurs de la logistique à des fins de mutualisation des trajets, la réduction du trafic, l'augmentation de la part du transport propre, la mise en place d'équipements véhicules pour la réduction de la pollution, et surtout la mise en place d'une *Umweltzone*, que nous allons détailler par la suite. Le plan de qualité de l'air pour la période 2011-2017 (Senat Berlin, 2013) reprend les mêmes orientations, en insistant sur le développement des véhicules à énergie alternative (électriques et gaz).

Göteborg

L'organisme suédois compétent pour le suivi des objectifs européens de pollution de l'air est le *Miljö- och Energidepartementet* (MED). La stratégie consiste en une quinzaine d'objectifs (15 en 1998, 16 en 2005) décidés nationalement qui constituent les lignes directrices des actions environnementales. « Un air propre » et « un impact réduit sur le climat » constituent deux de ces objectifs (Roy, Suède, 1998, 2005). Le MED a un rôle beaucoup plus important que dans nos deux autres études de cas, car il précise explicitement les compétences de chacun (entreprises, ONG, agences de l'Etat, régions, municipalités) et donne l'impulsion des plans de qualité de l'air locaux (MED, 2013) tout en apportant une cohérence globale. Chaque plan de qualité de l'air local doit comprendre et intégrer les objectifs décidés par le gouvernement.

Nos entretiens auprès du ministère de l'Environnement nous ont appris que le MED a pour habitude de donner des objectifs qualitatifs plus élevés que l'Union Européenne, afin de faire valoir une image plus verte et un rôle moteur de la Suède au sein de l'Union. L'environnement est un élément politique et stratégique, notamment dans la ville de Stockholm (Rutherford, 2013).

Le point particulier poussé par le ministère, et par les autorités locales, est la coopération forte entre les acteurs impliqués.

Le plan de la qualité de l'air de Göteborg reprend ces directives (Göteborgs stad, 2010). Ce plan est divisé en quatre chapitres : Bâtiments, Transport, Nature, Consommation. Dans la partie Transport, qui nous intéresse, deux objectifs sont mis en avant : « air propre » et « réduction de l'acidification anthropique des précipitations » (autrement dit, réduction des NO_x). Beaucoup de travaux sont en cours sur les cycles, les transports en commun, et les véhicules propres. Le transport de marchandises est réduit à la problématique du choix modal.

La politique globale du transport et son aspect environnemental sont laissés à la charge du département compétent, l'environnement en Suède étant vu non pas comme une problématique particulière mais comme une problématique transversale entre les différents secteurs économiques et sociaux.

b. L'intégration de l'environnement dans les stratégies et le ressenti des entreprises de transport

Conscience environnementale et activité des entreprises

Nos entretiens dans les trois villes nous ont montré que la valeur « environnement » était bien présente parmi les entreprises de transport. Les entreprises rencontrées ont toutes un discours qui prend en compte l'environnement, adhérant notamment aux objectifs d'amélioration de la qualité de l'air et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les autres problématiques environnementales comme le bruit, la biodiversité, les espaces verts, ou la pollution de l'eau, n'ont pas été mentionnées, sauf à quelques très rares exceptions.

Les entreprises identifient pour elles-mêmes un rôle à jouer dans la réduction de la pollution, surtout celle provenant des émissions des poids lourds. Néanmoins, dans nos trois études de cas, la population et les entreprises ne veulent pas payer pour améliorer l'environnement, sauf si cette amélioration est imposée. En d'autres termes, l'investissement engagé par les entreprises dans les processus environnementaux doit engendrer une plus-value, ou en tout cas ne doit pas représenter de coût supplémentaire. La question est alors de savoir si cette plus-value doit s'exprimer à court, moyen ou long terme ; cette donnée varie selon le type d'entreprise et son marché.

Parmi les entreprises rencontrées, l'environnement est plutôt considéré comme un investissement parmi d'autres, une contrainte de plus. Par exemple, l'utilisation de véhicules moins polluants est d'abord vue comme une manière de réduire les dépenses de carburant, et est placée au même niveau que d'autres investissements. Il ne s'agit pas, sauf exception, de placer l'environnement au cœur de la politique de l'entreprise mais plutôt comme vecteur d'image et parfois comme réduction des coûts énergétiques (véhicules ou bâtiment).

En résumé, les entreprises qui parlent d'environnement l'incluent dans une démarche de développement durable à forte dominante économique. Les grandes entreprises incluent d'ailleurs pour la très grande majorité un plan de développement durable dans leurs objectifs. Il s'agit de penser l'environnement à l'intérieur d'un système plus global dans lequel la contrainte économique constitue le premier facteur de décision.

Besoin de leadership

Un autre élément récurrent au cours des différents entretiens avec les entreprises est le besoin de suivre, ou de mener, un leadership sur les questions environnementales. Cette notion a été particulièrement observée sur nos terrains de Londres et Göteborg. Par exemple à Londres, de nombreuses entreprises ont commencé à réfléchir à la question de leur empreinte écologique à partir du moment où l'entreprise Tesco, grande chaîne de supermarchés, a commencé à inclure cette problématique dans son *business plan* en 2011-2012. Tesco a ainsi demandé contractuellement à chacune des entreprises de transport travaillant avec elle de transmettre des données d'émissions et de réduire leur impact écologique. Cette initiative a eu un impact auprès des entreprises travaillant directement avec Tesco, mais également sur un rayon plus large, puisqu'elle entraîne dans son sillage les sous-traitants des transporteurs impliqués contractuellement. Cette initiative a montré que les entreprises concernées avaient pu réduire de manière drastique leur consommation de carburant, et donc leurs coûts.



Figure 38. Poids lourd floqué de la marque Tesco. Source : Wikimedia Commons.

A Göteborg, le rôle des grands transporteurs est encore plus notable puisque trois grandes entreprises (DHL, Postnord et DB-Schenker) organisent une majorité (cf.1.1.2.3) des livraisons. La conscience environnementale des grands transporteurs opérant à Göteborg semble plus installée qu'à Londres et Berlin. Ces grandes entreprises imposent notamment à leurs sous-traitants de réduire leur empreinte écologique. Ainsi, l'immense majorité des entreprises de transport locales cherchent à calculer leur empreinte, par le biais de la norme ISO 14064 principalement.

Ces exemples soulignent le rôle moteur des grands transporteurs dans la modernisation de la flotte des plus petits transporteurs en raison de forts liens de dépendance. Les plus petits transporteurs s'ils ont des relations très fréquentes avec un volume d'activité significatif avec un même transporteur auront davantage tendance à suivre les demandes de ce transporteur afin de maintenir son activité. Sinon dans le cas contraire, il sera exclu de ce marché alors que celui-ci représente une part importante de son activité, ce qui aura des conséquences sur la survie même de l'entreprise, car les plus petites entreprises n'ont pas toujours la capacité de rechercher de nouveaux frets faute de temps et de moyens.

Les véhicules « propres »

Pour de nombreuses entreprises rencontrées, penser à l'environnement revient à investir dans des véhicules « propres », c'est-à-dire peu consommateurs, ou roulant grâce à des carburants autres que le Diesel. On peut citer le GNV (gaz naturel pour véhicules), le GNL (gaz naturel liquéfié), l'hybride, l'électrique, le biodiesel, le DME (diméthylether, un biogaz), etc.

On observe des différences entre les différents terrains. Londres et Göteborg sont plutôt orientées vers le véhicule électrique (cf. c du paragraphe 2.1.1), quand les entreprises de Berlin s'axent plutôt vers le gaz. Le nombre de véhicules électriques en circulation reste faible : environ 4100 en 2014 au Royaume-Uni, soit 0,1% des véhicules utilitaires légers (VUL)²¹, en Suède la proportion est similaire : 0,2% des VUL en 2014, soit 833 véhicules électriques uniquement²². Ces différences peuvent s'expliquer par le fait que l'Allemagne soit le deuxième producteur de biogaz mondial (premier en Europe, source : Eurostat), que le gaz y est peu cher en comparaison aux autres pays de l'OCDE, et que l'électricité y est l'une des plus chères du monde (AIE, 2014). A Berlin, avant de prévoir l'achat de véhicules propres, les entreprises optent pour l'ajout d'équipements additionnels aux véhicules existants (*Ausrüstung*), une subvention étant accordée par l'Etat fédéral (cf. paragraphe 2.2.2).

Les grandes entreprises de transport, dans les trois villes étudiées, ont testé l'utilisation de véhicules « propres », notamment électriques. Trois constats ressortent systématiquement de nos discussions avec leurs représentants :

- L'électrique est une énergie d'avenir, mais actuellement la fiabilité et le prix élevé sont un réel frein à un développement de masse en milieu urbain.
- Le principal inconvénient de ces véhicules est la réduction de charge utile pour un même PTAC ; cela implique une obligation pour les entreprises d'acheter un plus grand nombre de véhicules et donc d'employer davantage de chauffeurs, d'optimiser leurs trajets, ou d'acheter des véhicules plus encombrants donc encore plus chers.
- Le développement de l'électrique doit être accompagné par les autorités locales et nationales. En effet, le coût trop élevé de ces véhicules n'incite pas les entreprises à investir en masse, la rentabilité n'étant pas garantie ; il y a alors une demande des entreprises de financement partiel des véhicules par les pouvoirs publics. En parallèle, le besoin d'infrastructures de recharge est réel et urgent si un choix se porte sur cette technologie pour une utilisation plus importante, et c'est pour cette raison, que cette action doit être portée par les autorités locales.

Différences locales

La première différence vient au niveau de la notion d'environnement elle-même. Si le cheminement « environnement = amélioration de la qualité de l'air = réduction des émissions » est commune entre les trois sites, les entreprises berlinoises parlent de pollution locale (particules PM₁₀ ou oxydes d'azote NO_x), quand les entreprises de Londres et de Göteborg parleront en général de gaz à effet de serre et de CO₂.

A Göteborg, les entreprises de transport considèrent l'environnement comme une nécessité, au même titre que la sécurité par exemple, car cette problématique est considérée comme primordiale pour leurs clients. Ils l'intègrent via la norme ISO 14001, afin de bénéficier d'une reconnaissance formelle et de ne pas perdre de parts de marché. Peu d'entreprises calculent leurs émissions en PM₁₀ et en NO_x.

²¹ Source : Driver & Vehicle Licensing Agency / Department for Transport.

²² Sveriges officiella statistik.

Le recours et la formation à l'éco-conduite représentent également l'une des premières mesures mises en place par les entreprises de transport de Göteborg (Londres et Berlin également, mais à un degré moindre), afin de réduire leur empreinte écologique de manière « simple et peu coûteuse ».

Une reconnaissance existe à Londres par le biais des labels FORS²³, à caractère facultatif. Les labels FORS, accordés par TfL aux entreprises de transport de marchandises, correspondent à un gage de qualité en termes de sécurité, efficacité énergétique, opérations économiques et émissions de véhicules²⁴. Trois « médailles » bronze, argent et or sont accordées en fonction du respect des critères de FORS. Cette mesure est très appréciée par les entreprises de transport car leurs efforts environnementaux notamment sont récompensés par une reconnaissance officielle. Ceci leur assure de meilleures chances de conquérir des parts de marché face aux entreprises moins vertueuses.



Figure 39 . Label FORS Gold. Source TfL

A Berlin et à Londres, l'environnement est considéré comme une affaire globale pour laquelle chacun doit agir à son niveau. Cependant, il ne sera pris en compte que s'il permet une certaine rentabilité, au moins à moyen terme. A Londres par exemple, la problématique environnementale vient après celle de la congestion, plus dommageable en termes économiques.

D'après les personnes que nous avons rencontrées, la pollution de l'air est pour beaucoup due à des facteurs extérieurs : la France et le Benelux pour Londres, les industries polonaises pour Berlin. Elles se dédouanent alors, en considérant qu'elles n'ont pas la main pour améliorer la qualité de l'air. Globalement, les plus petites entreprises ne prennent pas en considération cette problématique.

²³ Fleet Operator Recognition Scheme.

²⁴ www.fors-online.org.uk

2.2. Les zones à émissions réduites : présentation des zones étudiées et réactions des entreprises suite à leur annonce

Les Zones à Emissions Réduites sont définies par la stratégie thématique sur la pollution atmosphérique de l'Union Européenne (UE, 2005b). Les pays européens mettant en œuvre des ZER les ont intégrées dans les stratégies nationales et/ou locales. Elles sont alors définies par l'autorité compétente (nationale ou locale).

Il s'agit « aires géographiquement limitées, couvrant plus qu'une aire très locale, posant des problèmes avec la pollution de l'air, le bruit, la qualité de vie urbaine, la congestion et/ou la sécurité, et sujette à des restrictions spécifiques en volume ou nature (ou les deux) du trafic dans la zone » (UE, 2005a). Leur but est de restreindre la circulation des véhicules les plus polluants, définis par leur norme Euro.

En août 2014, on compte environ 200 en Europe (Montenon et Dabanc, 2014), la majorité étant située en Allemagne et en Italie. Les premières ont été mises en place en 1996 en Suède, à Göteborg, Stockholm et Malmö. Toutes les ZER concernent les véhicules lourds, 99% les poids lourds, 13% ne concernent *que* les véhicules utilitaires.

2.2.1. La Low Emission Zone de Londres

La *Low Emission Zone* du Grand Londres est la deuxième plus grande d'Europe, avec 1572 km² ; elle correspond approximativement à la limite administrative du Grand Londres et est entourée par l'autoroute M25. La *Low Emission Zone* a été définie par le plan environnemental local (voir a du paragraphe 2.1.2) dans le but d'améliorer la qualité de l'air. Elle a été annoncée en 2002 (Watkiss et al., 2003) puis mise en place en 2008.

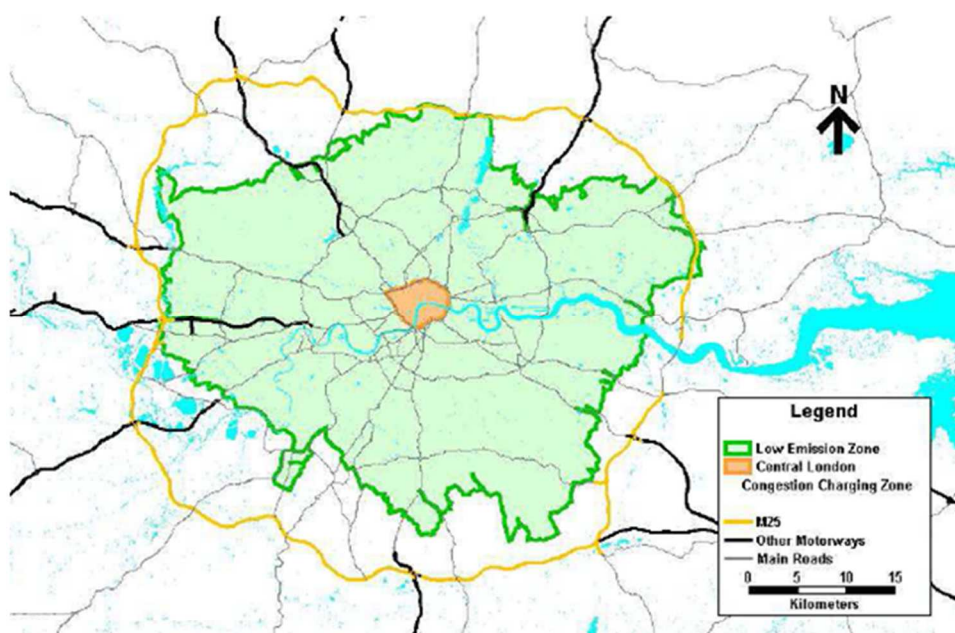


Figure 40. La *Low Emission Zone* de Londres. Source : Ellison et al., 2013



Figure 41. Panneau signalant la *Low Emission Zone* de Londres. Source : les auteurs.

Le gestionnaire de la zone est *Transport for London* (TfL). Le contrôle s'effectue par caméras à chaque entrée de la zone, ainsi qu'à l'intérieur même de la zone. Les caméras lisent la plaque d'immatriculation du véhicule, puis la recherchent dans la base de données des immatriculations du Royaume-Uni, fournie par le ministère et détenue par TfL. Cette opération permet de vérifier si le véhicule respecte les critères requis. Les véhicules n'étant pas immatriculés dans le pays doivent s'inscrire sur le site internet de TfL afin d'être ajoutés à la base de données.

Certaines dérogations existent : véhicules du Ministère de la Défense, véhicules des forains, véhicules historiques construits avant 1973, véhicules utilitaires non routiers tels certains véhicules agricoles ou les grues mobiles.

Dans le cas où le véhicule ne respecte pas les conditions requises, deux possibilités sont offertes au propriétaire du véhicule :

- S'inscrire sur le site de TfL, et payer une taxe à la journée à hauteur de 100 à 200£ selon le type de véhicule.
- Pénétrer dans la zone sans avoir réglé la taxe journalière, et s'acquitter d'une amende. L'amende peut varier de 250 à 1000£ selon le type de véhicule et le temps écoulé entre la fraude et le paiement de l'amende.

La mise en place de la zone a été possible grâce à de nombreuses études de type coût-bénéfice, malgré le fait que l'objectif premier ait été le gain environnemental (Watkins *et al.*, 2003 ; Browne *et al.*, 2004 ; TfL, 2008). Elle s'est déroulée en quatre phases, détaillées dans le tableau suivant :

Tableau 12. Evolution des conditions d'autorisation d'accès à la *Low Emission Zone* de Londres

Phase	Conditions d'autorisation d'accès à la LEZ
Phase 1 : 4 fév. 2008	Les véhicules Diesel dont le PTAC est supérieur ou égal à 12 tonnes doivent satisfaire la norme Euro III PM Exceptions : Bus et véhicules d'urgence
Phase 2 : 1 ^{er} juillet 2008	Tous les véhicules dont le PTAC est supérieur ou égal à 3,5 tonnes doivent satisfaire la norme Euro III PM.
Phase 3 : 3 janvier 2012	Les véhicules utilitaires dont la charge utile est supérieure à 1,205 tonnes, et dont le PTAC est inférieur à 3,5 tonnes, les ambulances et caravanes à moteur dont le PTAC est compris entre 1,205 et 3,5 tonnes, ainsi que les minibus de 8 sièges ou plus dont le PTAC est inférieur à 5 tonnes, doivent satisfaire à la norme Euro III PM.
Phase 4 : 3 janvier 2012	Tous les véhicules dont le PTAC est supérieur ou égal à 3,5 tonnes, ainsi que les bus et cars dont le PTAC est supérieur ou égal à 5 tonnes doivent satisfaire à la norme Euro IV PM.

Nos entretiens avec les acteurs locaux nous ont montré que la définition de la ZER a reposé sur quatre aspects primordiaux :

- Une grande taille de zone (1572 km²). Sa définition est primordiale car elle joue directement sur l'étendue de la mesure et donc les résultats, mais aussi sur le coût de la mesure (les caméras et les structures de contrôle coûtent moins cher unitairement quand la zone est plus étendue), la capacité de gestion de la zone, le nombre de véhicules touchés.
- La possibilité de mettre en place un retrofit sur le véhicule. Le retrofit est un outil permettant aux entreprises (la ZER ne concerne que peu de particuliers) une adaptation plus facile que l'achat d'un véhicule neuf car moins cher. Il s'agit d'équiper en post-traitement le véhicule d'un filtre à particule. Dans le cas de Londres, le choix d'accepter le retrofit a été un choix plus politique qu'économique ou environnemental. En effet, cela a permis aux entreprises et particuliers concernés de satisfaire aux conditions prévues par le plan de ZER sans pour autant avoir besoin de renouveler intégralement leur flotte de véhicules.
- L'amende et la taxe dissuasives. Afin que le renouvellement du parc de véhicules soit effectif, les autorités ont décidé de mettre en place des amendes et taxes très élevées, qui représentent donc un coût insoutenable pour les propriétaires des véhicules.
- Une communication forte. Celle-ci s'est axée autour de quatre éléments :
 - o Une durée d'information importante avant la mise en place
Ce temps a permis un meilleur accueil de la réglementation grâce à la préparation possible des entreprises pour s'adapter, et donc éviter toute transformation brusque de leur organisation.
 - o Un travail de terrain permanent
Il a permis de former les entreprises et industries et de leur proposer des solutions afin de leur permettre de respecter la nouvelle réglementation sans pour autant subir un choc économique fort. Il permet également un retour plus facile des différentes expériences menées.

- o Une coordination entre les services de TfL
Elle permet aux acteurs évoluant au sein des différents départements de l'administration publique (donc ayant des objectifs différents) de travailler ensemble.
- o Un feedback
Comme pour toute réglementation, la population concernée demande des retours réguliers de la part des autorités afin de juger au mieux de l'efficacité du dispositif. Peu de retours en termes économiques et environnementaux ont finalement été effectués.

Actuellement, un plan d'Ultra Low Emission Zone est prévu pour la zone centrale de Londres (dans les limites de la Congestion Charging Zone). Ce plan prévoit un renforcement de la mesure, avec des normes maximales tolérées pour tous les véhicules Diesel d'Euro 6, et pour les véhicules essence Euro 4, et pour les deux roues Euro 3. Un renforcement de la LEZ est également prévu, mais les détails ne sont pas encore rendus publics.

2.2.2. Berlin et les Umweltzonen allemandes

Berlin a été la première ville allemande (en compagnie de Hanovre et Cologne) à instaurer une *Umweltzone* (littéralement « zone environnementale »), en 2008. Ce plan résulte d'une volonté politique berlinoise et d'une collaboration avec le gouvernement fédéral allemand qui a créé un cadre législatif (RFA, 2006) afin d'harmoniser la mesure (Cruz et Montanon, 2015) et de simplifier la mise en place de nouvelles *Umweltzonen* en Allemagne.

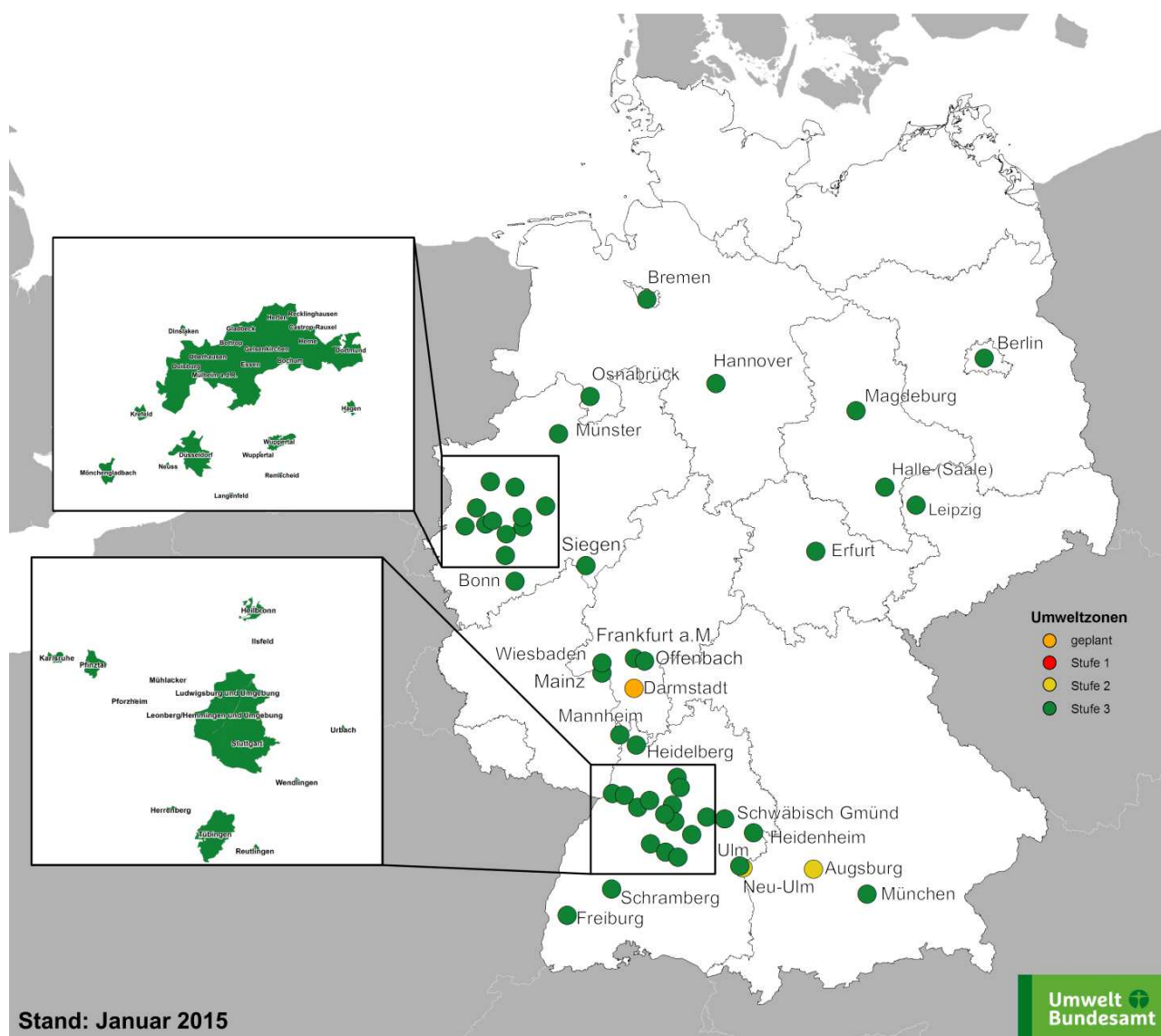


Figure 42. Les *Umweltzonen* allemandes et leur vignette associée.

Source : Umweltbundesamt, janvier 2015

Chaque véhicule à moteur, deux-roues exceptés, doit disposer d'une vignette, délivrée par l'Etat à un organisme agréé ou une collectivité locale, à coller sur le pare-brise et qui correspond à la classe environnementale du véhicule. Il existe quelques exceptions, par exemple, les véhicules pour handicapés. Trois vignettes sont disponibles :

- La **vignette rouge** correspond à un véhicule Euro 2 Diesel, ou Euro 1 Diesel disposant d'un système de réductions d'émissions de particules²⁵ agréé.
- La **vignette jaune** correspond à un véhicule Euro 3 Diesel, ou Euro 1 Diesel disposant d'un système de réductions d'émissions de particules agréé.
- La **vignette verte** correspond à un véhicule Euro 4 Diesel, Euro 1 essence, ou plus récent, ou Euro 3 Diesel disposant d'un système de réductions d'émissions de particules agréé.



Un véhicule ne rentrant dans aucune de ces caractéristiques ne pourra pas accoler de vignette, et son entrée dans une *Umweltzone* sera donc impossible.

Aujourd'hui en janvier 2015, les 78 *Umweltzonen* allemandes, sauf deux, requièrent la vignette verte (Figure 42). Une seule des villes principales allemandes ne dispose pas d'*Umweltzone*, il s'agit de Hambourg. Le Senat de la cité-Etat a décidé d'annuler le projet, en raison du faible impact sur les oxydes d'azote, identifié par certaines études (Herb, 2012).

Le contrôle des vignettes s'effectue par des employés municipaux. Ce contrôle manuel rend son efficacité très aléatoire puisque celle-ci est fonction du nombre d'employés municipaux affectés complètement ou en partie à cette mission.

Le point poussé par les autorités, outre le renouvellement des véhicules, est une volonté de développer les systèmes de retrofit. D'après les gouvernements fédéral et de la ville-Land de Berlin, 70% des VUL et 90% des VP avaient, au moment de la mise en œuvre du système, la capacité de mettre en place ce retrofit (Lutz et Rauterberg-Wulff, 2013), et le gain environnemental est jugé satisfaisant, notamment en termes d'émissions de particules. La mise en place d'un retrofit est subventionnée à hauteur de 330€ par le gouvernement allemand, et 60000 subventions ont été accordées²⁶.

Les systèmes de dérogations sont définis par le Land, ou la commune. Ainsi, tout le Land du Bade-Württemberg a défini des dérogations, payantes, utilisables dans toute *Umweltzone* du Land. A contrario, l'autre Land faisant état d'un grand nombre d'*Umweltzonen*, la Rhénanie-du-Nord-Westphalie, n'a pas mis de système commun de dérogations, même si l'on peut signaler que les différentes *Umweltzonen* situées dans l'agglomération de la Ruhr (Essen, Dortmund, etc.) se sont regroupées pour mettre en place un système continu et homogène, et ce même en termes de dérogations.

A Berlin, la zone s'étend sur 88 km². Elle est délimitée par la *S-Bahn Ring* « *Hundekopf* » (littéralement « boucle de tram-train en tête de chien ») délimitant le centre-ville. Elle est à cheval sur les arrondissements de Charlottenburg-Wilmersdorf, Tempelhof-Schöneberg et Pankow, et englobe entièrement les arrondissements de Mitte et Friedrichshain-Kreuzberg. Elle ne correspond donc à aucune limite administrative actuelle, mais uniquement à un repère visuel bien connu des habitants.



Figure 43 : L'*Umweltzone* de Berlin.
Source : Senat Berlin

²⁵ Appelé également « retrofit ».

²⁶ Entretien avec Martin Lutz, responsable de la qualité de l'air à Berlin, juin 2014.

La mise en place de l'*Umweltzone* berlinoise s'est déroulée en quatre phases, détaillées dans le tableau suivant :

Tableau 13. Evolution des conditions d'autorisation d'accès à l'*Umweltzone* de Berlin

• Phase	Conditions d'autorisation d'accès à la LEZ
Phase 1 : 2 février 2008	Tout véhicule doit disposer d'une vignette rouge, jaune ou verte
Phase 2 : 1 ^{er} janvier 2010	Tout véhicule allemand doit disposer d'une vignette verte, sauf dérogation. Pour les véhicules étrangers et les bus de tourisme, la vignette doit être jaune ou verte. Les véhicules avec une vignette jaune peuvent circuler dans la zone avec un système de retrofit.
Phase 3 : 1 ^{er} janvier 2012	Les véhicules étrangers et les bus de tourisme doivent disposer d'une vignette verte.
Phase 4 : 1 ^{er} janvier 2015	Tout véhicule doit disposer d'une vignette verte. Aucune dérogation n'est plus accordée, sauf cas exceptionnel.

Avant 2015, les dérogations étaient nombreuses. Le responsable de la mesure à Berlin nous a indiqué, début 2014, soit 4 ans après l'instauration de la vignette verte obligatoire, que 10% des véhicules circulant à Berlin bénéficient d'une dérogation. La dérogation la plus fréquemment accordée à Berlin est également unique en Allemagne (et, à notre connaissance, en Europe). Il s'agit d'une dérogation bénéficiant aux entreprises les plus fragiles, qui est valable 18 mois (renouvelables si problèmes économiques). Elle peut être accordée à toute entreprise dont le parc comprend au moins 4 véhicules disposant d'une vignette verte, mais dont les finances ne permettent pas d'investir en masse ; la municipalité considère alors qu'un effort est réalisé et qu'un accompagnement est nécessaire.

Depuis 2015, comme précisé dans le Tableau 13, aucune dérogation n'est accordée sauf cas exceptionnel.

La ville de Berlin se veut leader en Allemagne, et souhaite ainsi montrer la voie aux autres villes désirant mettre en place une *Umweltzone*. Trois points sont mis en avant :

- Informer la population et les entreprises, sur le processus, la zone, les dérogations possibles, et les bénéfices environnementaux de la mesure.
- Avoir une majorité de véhicules concernés par la mesure. En effet, les exceptions en Allemagne concernent uniquement les véhicules pour les marchés (qui sont généralement des véhicules utilisés jusqu'à leur fin de vie), les deux-roues, quelques véhicules destinés au secteur de la construction (ces véhicules sont en effet très chers à l'achat, et ne peuvent être retrofittés), les pompiers et ambulances, ainsi que les véhicules historiques. Une mesure large permet ainsi un gain environnemental plus important.
- Des critères stricts et une amende forte (80€). Cela permet que la mesure soit simple et appliquée, un régime d'exceptions trop complexe apportant un suivi moins important par la population et les entreprises. 40 000 procès verbaux sont établis par an.

2.2.3. La Miljözon de Göteborg

La ZER de Göteborg est l'une des plus anciennes en Europe, elle a été mise en œuvre en 1996 et vise uniquement les véhicules lourds. La ZER est née d'une volonté locale. Une visite de la ministre de l'environnement à Göteborg a permis de mettre en exergue la mauvaise qualité de l'air de cette ville industrielle. La municipalité a alors décidé d'entreprendre une action en collaboration avec deux autres grandes villes : Stockholm et Malmö. L'Etat a ensuite institutionnalisé les politiques définies par les autorités locales de ces trois villes.

La ZER actuelle est le résultat d'un processus résultant de deux phases. Lors de sa mise en œuvre en 1996, la ZER couvrait une superficie de 15 km² (zone hachurée sur la Figure 44) correspondant aux zones où se trouvent les plus fortes densités de population. Dans les années 2000, s'exprime une volonté de la part des transporteurs ayant investi dans de nouveaux véhicules d'étendre la zone pour que d'autres transporteurs se conforment aux nouvelles restrictions. La zone a donc été étendue au nord en 2007 portant ainsi la surface totale à 25 km² (zone en jaune sur la Figure 44). Une autre extension au nord-est (au nord de la gare centrale) avait été envisagée. Les entreprises localisées dans cette zone ont fait pression auprès des autorités locales pour maintenir cet espace hors de la ZER, afin que les véhicules provenant du reste du pays arrivent dans ces entrepôts sans être obligés de satisfaire à la règle. Le périmètre de la ZER s'est donc adapté aux contraintes des transporteurs tout en maintenant une desserte locale avec des véhicules aux normes Euro plus récentes.

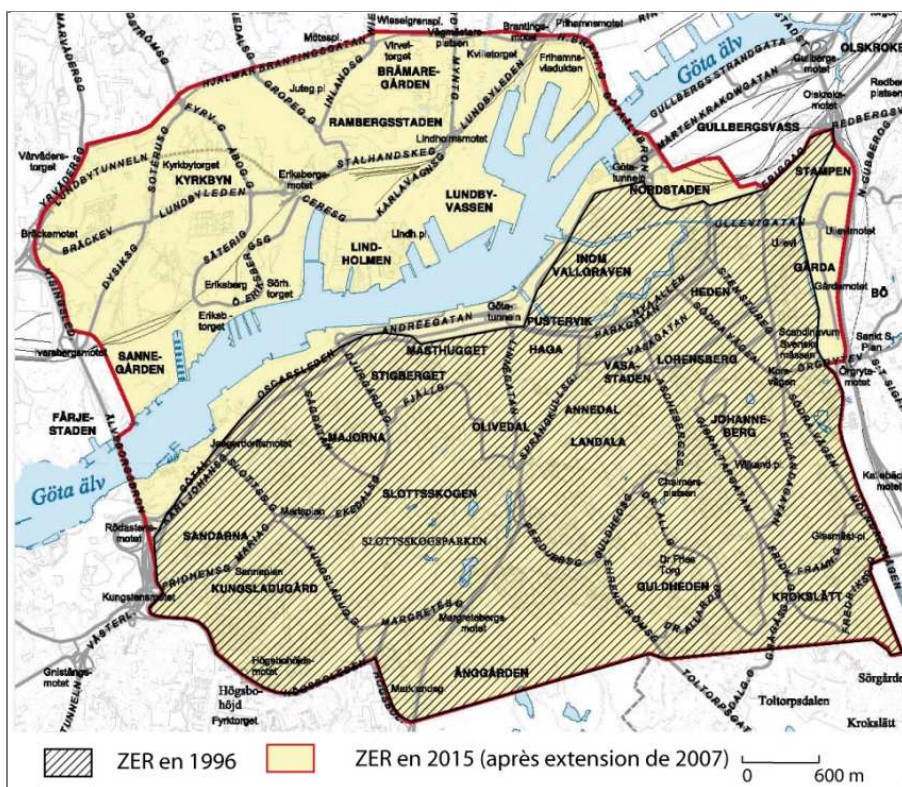


Figure 44. La ZER de Göteborg en 1996 et en 2015. Source : les auteurs d'après Göteborgs Stad et al., 2009.

Il faut noter que toutes les routes situées dans le périmètre de la ZER ne sont pas soumises aux restrictions, ainsi la route nationale (E45) qui longe le fleuve est exclue du dispositif. Les autorités locales n'ont pas les compétences pour intervenir sur cette route, pourtant l'une des plus polluées de l'agglomération. Cette route faisant partie du réseau européen, l'Etat ne souhaite pas appliquer des restrictions de circulation, d'autant qu'elle dessert le port.

Dans toutes les villes suédoises, le plan d'évolution de la restriction en fonction de la norme Euro est le même ; ainsi, tous les véhicules pouvant circuler à Göteborg pourront également circuler à Helsingborg ou Stockholm par exemple. Ce plan se base sur un tableau de suivi, spécifié dans le Tableau 14. Ce tableau évolue régulièrement. La règle générale doit être suivie par tous les véhicules ne possédant pas de norme Euro (véhicules russes ou américains par exemple) quand les véhicules européens doivent respecter une année limite. Par exemple, un véhicule immatriculé en 2006 pourra rouler dans les ZER suédoises :

- Jusqu'en 2012 en règle générale
- Jusqu'en 2014 pour un Euro III
- Jusqu'en 2016 pour un Euro IV / 2020 pour un Euro V, s'il a bénéficié d'une amélioration technique (filtre à particules + système SCR par exemple) permettant d'atteindre ces normes.

Tableau 14. Tableau de suivi des normes autorisées dans les ZER suédoises

Année de 1 ^{ère} immatriculation	Règle générale	Euro II	Euro III	Euro IV	Euro V + EEV	Euro VI
2002	2008	2010	2010			
2003	2009		2011			
2004	2010		2012	2016		
2005	2011		2013	2016	2020	
2006	2012		2014	2016	2020	
2007	2013		2015	2016	2020	
2008	2014			2016	2020	
2009	2015			2016	2020	
2010	2016			2016	2020	
2011	2017				2020	
2012	2018				2020	
2013	2019				2020	illimité
2014	2020				2020	illimité
2015	2021					illimité
2016	2022					illimité
2017	2023					illimité
2018	2024					illimité

Les véhicules à l'intérieur de la zone sont plus récents, mais à la périphérie, circulent encore des véhicules plus anciens. En réponse à ce problème, la commune qui jouxte Göteborg au sud, Mölndal, a créé en 2010 une ZER, car il a été constaté que les vieux véhicules ne circulant plus à Göteborg s'étaient redéployés sur Mölndal qui est le deuxième pôle logistique de l'agglomération. On note donc un possible report des véhicules inutilisés sur les zones environnantes à la ZER, lorsque celles-ci ont une vocation logistique.

2.2.4. La réaction des entreprises et de la population à la ZCR

Durant nos entretiens réalisés sur les trois terrains, plusieurs aspects sont revenus de manière récurrente.

En premier lieu, on note de l'appréhension, une peur de l'inconnu liée à une évolution de l'activité jugée pourtant inéluctable. La grande majorité des acteurs rencontrés ont craint une réduction de l'activité dans les centres-villes liée à une réduction prévisible du trafic et une augmentation des difficultés d'accès. La population « pensait qu'elle ne pourrait plus acheter son lait » (entretien avec Lars Hubinette à Göteborg). A Berlin (où tous les véhicules sont concernés), il y a eu une crainte de saturation des transports en commun, de difficultés pour les pompiers de circuler facilement, de désertification des centres-villes. Il est intéressant de noter que cette peur venait principalement de la population, même à Göteborg où pourtant les seuls véhicules touchés étaient les poids lourds. Aucune des menaces évoquées ci-dessus ne s'est finalement concrétisée lors de la mise en place des zones. La population a finalement estimé que les ZER ne posaient pas de problème spécifique à leur vie quotidienne.

En deuxième lieu, la nécessité d'un plan à long terme, afin de ne pas bouleverser d'un coup les pratiques et l'activité. C'est pour cette raison que le Grand Londres a fait l'annonce de la Low Emission Zone environ 6 ans avant la mise en place de la première phase, soit 10 ans avant la phase la plus restrictive. A Berlin, le temps fut plus court, l'annonce ayant été faite environ 2 ans et demi avant la première phase, soit 4 ans et demi avant la deuxième phase. Dans certaines villes allemandes comme Hanovre, l'annonce a été faite environ 6 mois avant la mise en place de la mesure, ce qui a engendré de nombreuses protestations dans la ville (entretien avec Martin Lutz du Senat Berlin). En Allemagne, il a été possible d'avoir un temps plus court entre l'annonce et la mise en place grâce notamment à l'existence de la LKW-Maut, instaurée en 2003, et pour laquelle un travail de communication et de préparation avait déjà été réalisé. La LKW-Maut est un système de péage autoroutier de type « écotaxe » qui consiste à faire payer une taxe kilométrique aux poids lourds, évoluant selon leur âge et leur norme Euro. Par exemple, en 2015 un véhicule Euro VI à 4 essieux doit s'acquitter d'une taxe de 0,131€ au kilomètre (et 0,194€/km pour un Euro III). Pour ces villes, le plan a été détaillé intégralement au moment de l'annonce. A Göteborg, le plan est défini depuis 1996, et évolue tous les 4 ans environ.

En troisième lieu, on note pour les grandes entreprises de transport une relative indifférence à la mesure. En effet, la fréquence de renouvellement de véhicules de ces entreprises est souvent suffisamment rapide pour que la ZER n'ait qu'un effet limité. De même, la présence d'établissements hors ZER permet un redéploiement rapide des véhicules non conformes à la réglementation.

Enfin, les entreprises rencontrées ont presque systématiquement exprimé un doute sur la réelle efficacité de la mesure sur l'environnement, par rapport aux changements économiques qu'elle apporterait. La faible communication sur les effets réels après la mise en place de la ZER (aussi bien à Londres, Berlin que Göteborg) a renforcé ce doute.

2.3. Les impacts sur la logistique urbaine

2.3.1. La réduction de la pollution de l'air : le rôle des ZER

La littérature examine les impacts environnementaux d'une ZER (Boogaard et al., 2012, Börjesson et al., 2012, Carslaw & Beevers, 2002, Qadir et al., 2013, Wolff, 2014, Wolff & Perry, 2010, Holman et al., 2015) alors que les impacts sur le transport de marchandises restent peu étudiés (Browne et al., 2005).

A Londres, les informations relatives aux résultats d'ordre environnemental de la Low Emission Zone n'ont été apportées que juste après la mise en place de la phase 1. Aujourd'hui, les autorités communiquent peu sur ce sujet, excepté sur les gains en terme de santé (TfL, 2007).

L'impact d'une telle mesure sur la qualité de l'air est a priori faible si le seul parc visé est le parc utilitaire comme à Londres. Même lorsque l'ensemble du parc est concerné, n'oublions pas que si les NOx sont essentiellement d'origine routière, il n'en va pas de même des particules (en Île-de-France selon Airparif (2014) en 2012, les émissions de NOx proviennent à 56% du trafic routier et celles de PM10 proviennent à environ 28% du total du trafic routier). A échelle plus petite et en zone urbaine (uniquement Paris par exemple), et surtout au bord des routes, ces proportions seront supérieures.

Le suivi de la qualité de l'air effectué par le King's College de Londres (<http://www.londonair.org.uk>) montre une baisse des concentrations en PM10 et en NOx générale entre 2008 et 2012, cette diminution étant plus importante de 3% en moyenne pour les PM10 dans la LEZ que hors de la LEZ. Entre 2000 et 2012, l'évolution des émissions de NOx ne semble pas avoir été perturbée par la mise en place de la LEZ, conformément à ce qui nous a été dit lors d'un entretien avec les services de Transport for London. Ces chiffres sont très éloignés des estimations effectuées avant la mise en place de la LEZ (Carslaw & Beevers, 2002) qui évaluaient de 11 à 21 % la baisse prévisible des émissions grâce à la LEZ²⁷.

Aucune donnée de pollution pour le périphérique londonien (M25) ne nous a été transmise, ni pu être collectée au cours du projet. De même, les effets de la mise en place de la LEZ pour les VUL en 2012 n'ont pu être étudiés car les données n'ont pas encore été traitées par les autorités.

A Berlin, nous avons eu l'occasion d'étudier les évolutions de concentrations en NO₂ et en PM10 grâce aux données brutes collectées par le Senat Berlin (2015). Nous comparons ici deux stations positionnées sur des axes routiers de la région : une située sur Frankfurter Allee (FA) au sein de l'Umweltzone et une située sur Schichauweg à Marienfelde (M), quartier périphérique de Berlin situé à environ 5 kilomètres au sud de l'Umweltzone.

²⁷ Une explication possible est que travaux de modélisation ex-ante n'avaient pas bien pris en compte l'augmentation de la proportion de véhicules diesel dans le parc comme le suggère l'article « Review of the efficacy of low emission zones to improve urban air quality in European cities » (Holman, Claire; Harrison, Roy; Querol, Xavier / 2015)

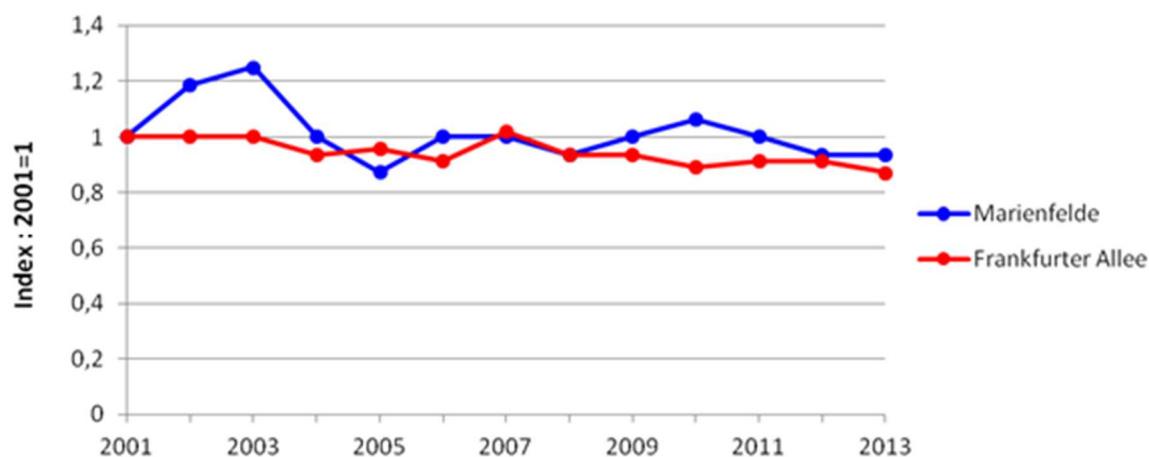


Figure 45. Evolution des concentrations de NO₂ entre 2001 et 2013 - comparaison entre l'intérieur (FA) et l'extérieur (M) de l'Umweltzone de Berlin

Source : les auteurs, données provenant du Senat Berlin (2015).

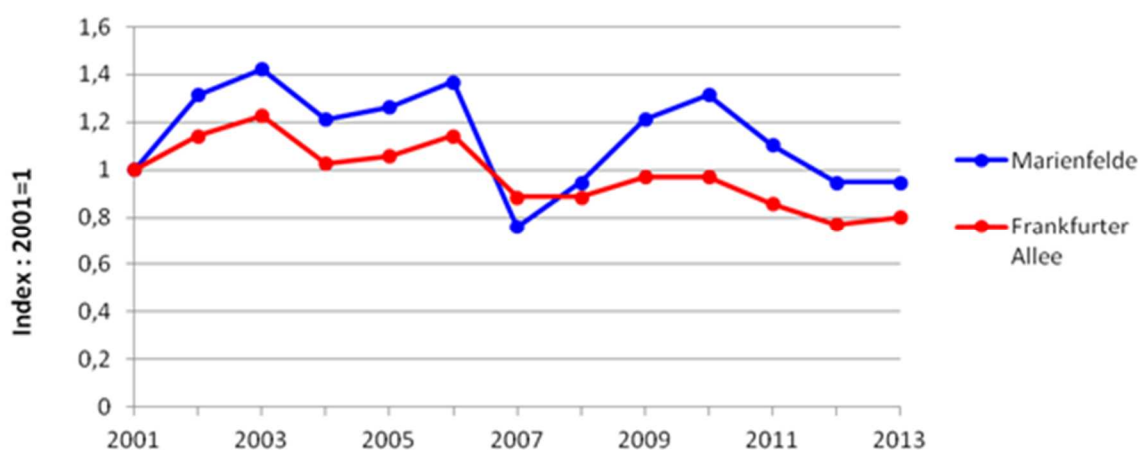


Figure 46. Evolution des concentrations de PM₁₀ entre 2001 et 2013 - comparaison entre l'intérieur (FA) et l'extérieur (M) de l'Umweltzone de Berlin

Source : les auteurs, données provenant du Senat Berlin (2015).

Outre une baisse générale des concentrations, on remarque une baisse un peu plus importante du NO₂ et des PM₁₀ dans l'Umweltzone par rapport à l'extérieur. Il n'est pas possible de conclure quant à l'impact réel de la zone sur la pollution avec ces seules données de qualité de l'air, d'autres facteurs rentrant également en jeu, mais des études plus spécifiques et plus complètes ont démontré l'impact positif de la ZER sur la pollution.

2.3.2. Le trafic : un impact limité de la ZER

a. A Londres

A Londres, les pouvoirs publics estiment « qu'il n'y a pas eu de changement de trafic corrélé à la mise en place [de la Zone à Emissions Réduites] à l'intérieur de la zone et autour de la zone, contrairement à ce qui était redouté ». Ces affirmations nous paraissent étonnantes et nous avons cherché à les vérifier.

Le transport routier de marchandises représente environ 90% des tonnes transportées à Londres en 2013 (Road Task Force, 2013). Transport for London est responsable des routes internes au Greater London, et le DEFRA s'occupe des autoroutes et voies rapides, par exemple la M25. Le trafic des véhicules de transport de marchandises est suivi à travers des comptages « cordons ».

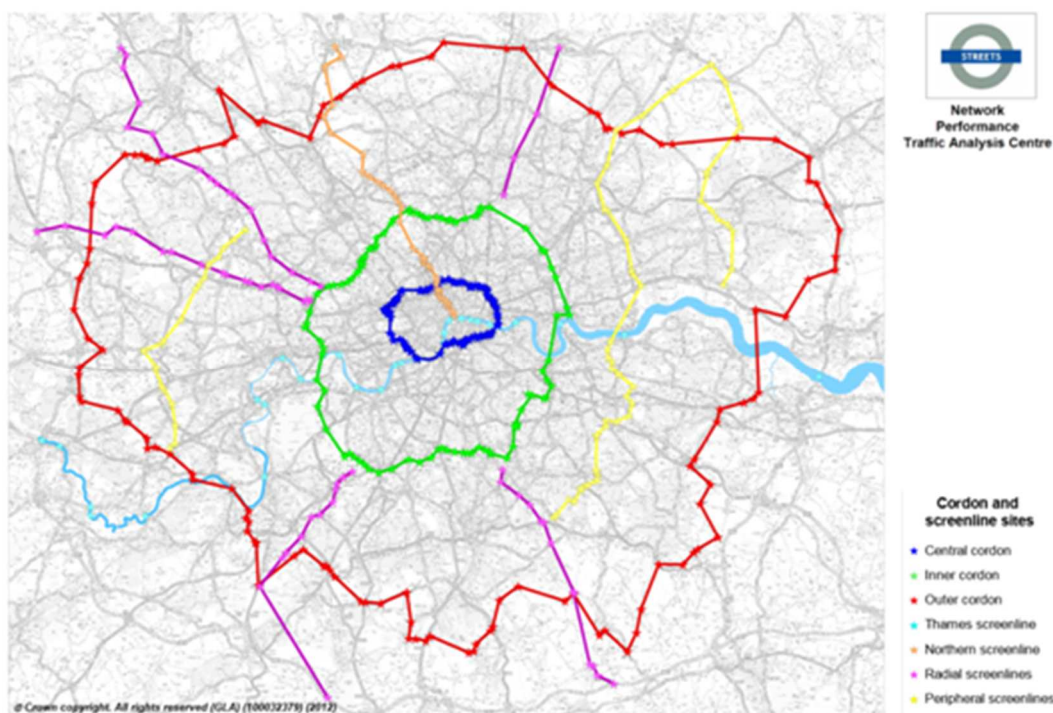


Figure 47 : Localisation des différents cordons pour la mesure du trafic routier à Londres.

Source : TfL, 2012

L'évolution du trafic utilitaire à travers ces cordons est représentée sur la figure suivante :

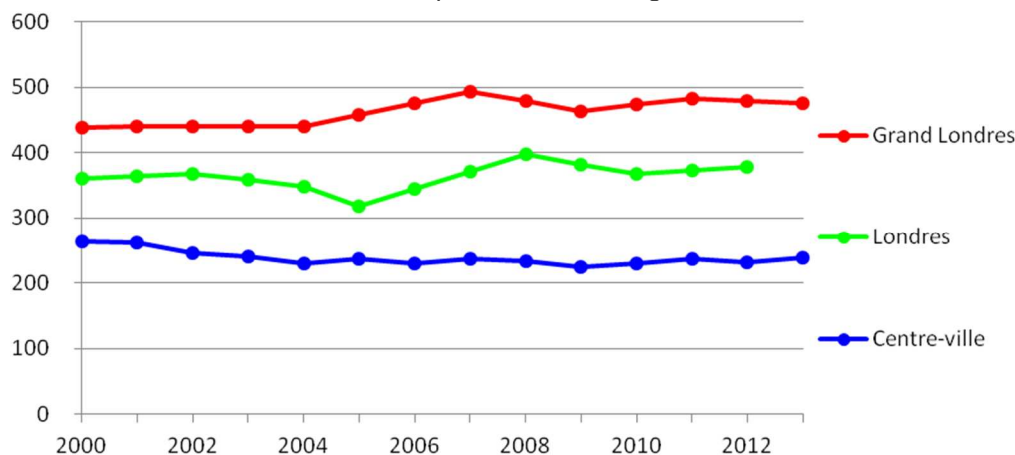


Figure 48 : Evolution du trafic des véhicules utilitaires (en milliers de véhicules/jour) à Londres

Source : les auteurs, données enquêtes cordons, TfL, 2013

Les données de la figure 48 sont assez complexes à interpréter. Nous constatons entre 2005 et 2013 d'une part, une diminution (de faible intensité mais régulière) du flux de circulation à travers la zone centrale, et d'autre part, une augmentation pour les passages à travers les deux autres zones, avec un point d'inflexion en 2007 (Grand Londres) et un en 2008 (Londres), qui précèdent la crise économique de fin 2008 et correspondent en revanche plutôt bien à la période finale précédant la mise en place de la LEZ.

Les données désagrégées VUL/PL pour la traversée du cordon central ne donnent pas de conclusions supplémentaires. Nous n'avons pas de données désagrégées pour les autres cordons.

Nous avons étudié le trafic journalier moyen des poids lourds et des VUL sur différents tronçons de routes au sein du Grand Londres (données fournies par le Department for Transport du Royaume-Uni), précisés sur la figure 50.



Figure 49 : Points de comptage du trafic dans le Grand Londres et alentours.
Source : les auteurs, fonds de carte Google Maps, en bleu la LEZ

Les Figures 50 à 53 permettent de voir l'évolution depuis 2000 pour chacun des trafics moyens annuels à l'intérieur et à l'extérieur de la LEZ. Elles sont réalisées à partir de la somme des trafics observés pour les tronçons choisis. Cette méthode est communément utilisée dans les études de trafic, afin de minimiser les incertitudes et de représenter plus fidèlement l'évolution globale de volumes de trafic.

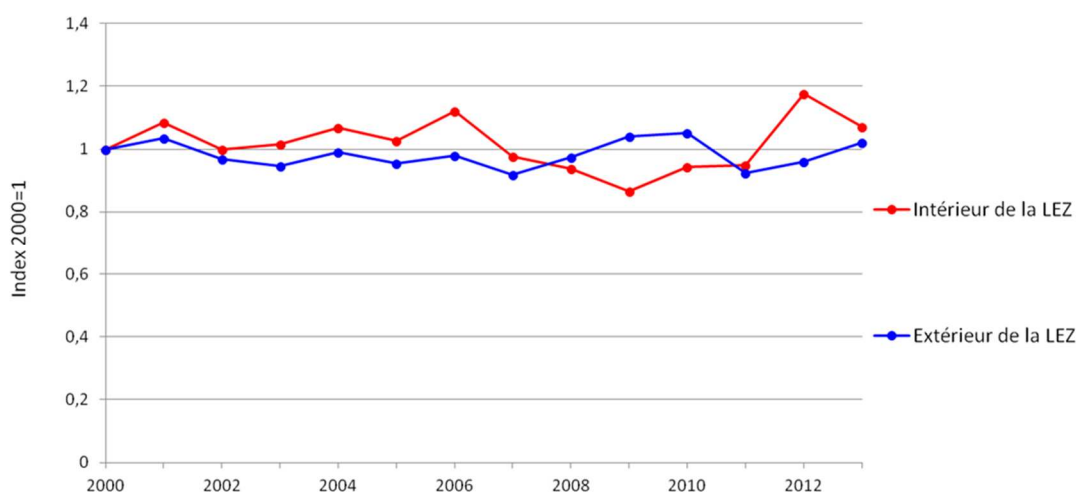


Figure 50 : Evolutions relatives du trafic moyen annuel Poids Lourds à l'intérieur et à l'extérieur de la Low Emission Zone du Grand Londres.

Source : les auteurs, données DfT

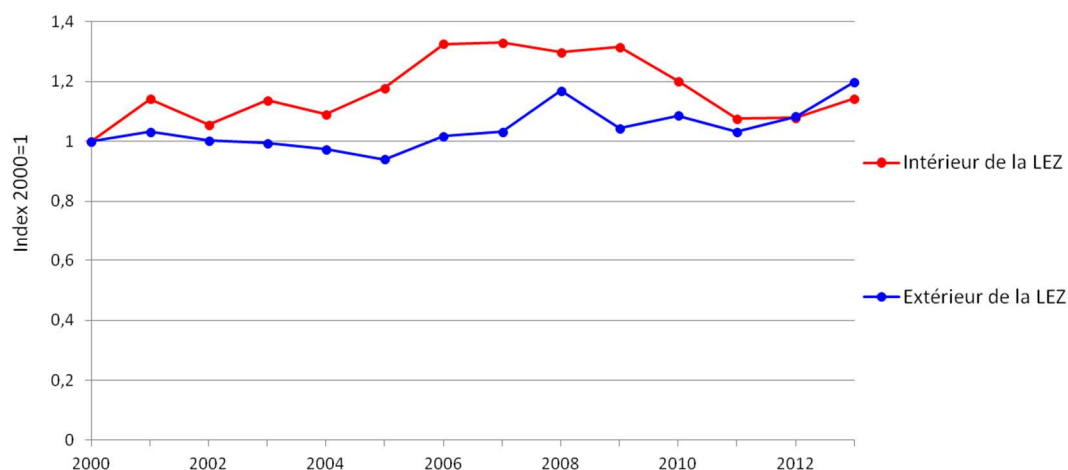


Figure 51 : Evolutions relatives du trafic moyen annuel de Véhicules Utilitaires Légers à l'intérieur et à l'extérieur de la Low Emission Zone du Grand Londres.

Source : les auteurs, données DfT

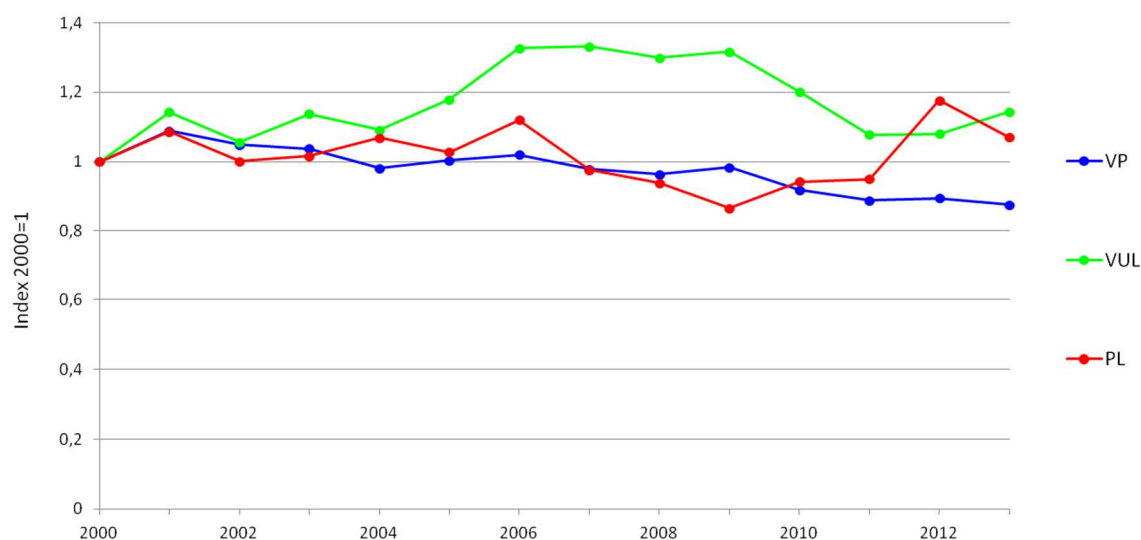


Figure 52 : Evolutions relatives des trafics moyens annuels VUL, PL et VP à l'intérieur de la Low Emission Zone du Grand Londres.

Source : les auteurs, données DfT

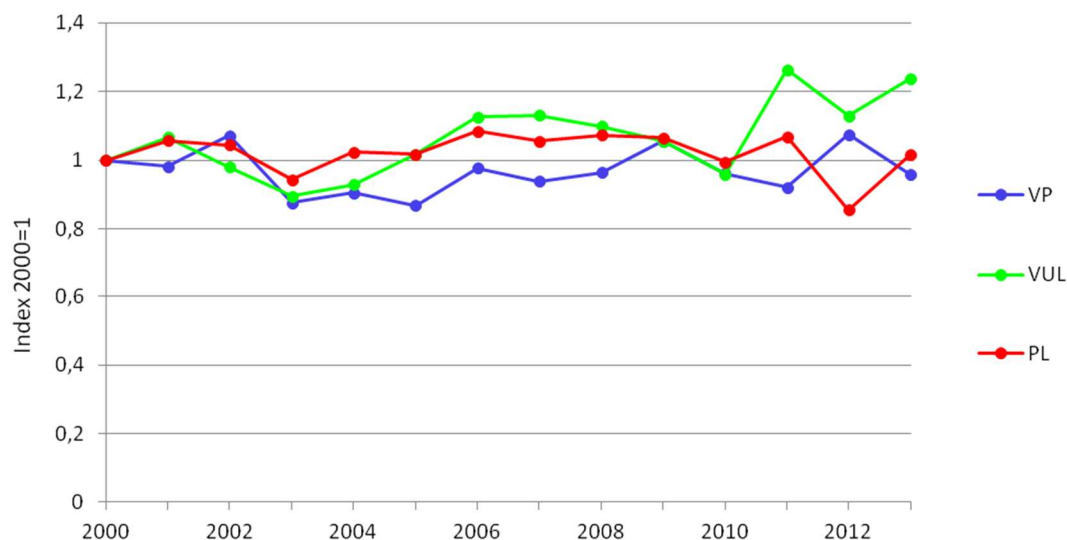


Figure 53 : Evolutions relatives des trafics moyens annuels VP, VUL et PL sur la M25.

Source : les auteurs, données DfT

L'étude de ces graphiques ne nous permet pas de conclure définitivement sur un effet fort de la LEZ sur le trafic PL ou VUL. Il semble bien y avoir un effet pour les poids lourds, dont la circulation est en nette réduction à partir de 2006 (soit avant la crise économique) au sein de la LEZ. Mais il est difficile d'écarter l'influence d'autres facteurs (comme la préparation des Jeux Olympiques de 2012, les évolutions économiques...).

Une éventuelle substitution de véhicules utilitaires légers en remplacement des poids lourds affectés par la LEZ est également difficile à observer, même si elle a pu avoir lieu.

Sur la figure 53, le trafic VUL+PL sur l'axe périphérique M25 a clairement baissé en 2012. Mais l'on peut noter qu'en parallèle, le trafic PL sur les axes majeurs a baissé de 2,4% en Grande-Bretagne (DfT, 2013), et le nombre de poids lourds circulant à l'intérieur de la LEZ a augmenté. Cela pourrait faire penser à un report du trafic poids lourds depuis la M25 vers l'intérieur du Grand Londres. Le renforcement de la LEZ à partir de 2012 ne semble pas avoir eu d'impact sur le trafic poids lourds.

Le trafic VUL a légèrement augmenté à l'extérieur de la LEZ en 2012, mais il a baissé sur la M25. Le trafic à l'intérieur de la LEZ pour les VUL a stagné. Ces effets s'estompent en 2013. On peut penser à des raisons économiques ou d'infrastructures, plus qu'un effet de la LEZ.

Nous ne concluons pas que la mise en place de la LEZ à Londres n'a eu aucun effet sur le nombre de véhicules de marchandises, mais si effet il y a eu, il a été léger et très court dans le temps.

Nous avons effectué une comparaison avec la ville de Birmingham, deuxième aire urbaine du Royaume-Uni, et ne disposant pas de LEZ. L'évolution du trafic routier de marchandises apparaît comme plus stable au fil des années à Birmingham, mais les tendances générales sont proches ; l'effet de phénomènes complexes (et pas seulement la LEZ) est donc à privilégier pour expliquer l'évolution du trafic dans le Grand Londres.

b. A Berlin

Les tonnes de marchandises transportées par la route au sein de la ville de Berlin et du land de Brandebourg qui l'entoure (et qui n'a pas de ZER) sont en baisse depuis de nombreuses années, comme on peut l'observer sur la Figure 54 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (Senat Berlin, 2014). Ce schéma représente les tonnes transportées dans, depuis ou vers Berlin et le Brandebourg pour tous les types de déplacements de marchandises. Les différentes étapes de la mise en place de l'*Umweltzone* ne semblent pas avoir eu d'impact précis sur l'évolution descendante globale des tonnes transportées, mais les évolutions de Berlin et du Brandebourg sont nettement différentes, avec une réduction des tonnes transportées plus rapide à Berlin que dans l'Etat voisin. La diminution nettement plus importante pour la ville de Berlin peut tout simplement traduire la perte de vitesse importante du secteur de la construction suite à la fin de la reconstruction de la ville (cf. partie « La place des modes autres que la route » du b du paragraphe 2.1.1).

L'indicateur en tonnage n'est cependant pas l'indicateur idéal pour notre analyse, qui regarde avant tout l'évolution des circulations de véhicules. Une diminution des tonnages peut par ailleurs parfaitement aller de paire avec un accroissement des véhicules-kilomètres de marchandises transportées (représentant des envois plus légers et plus fréquents).

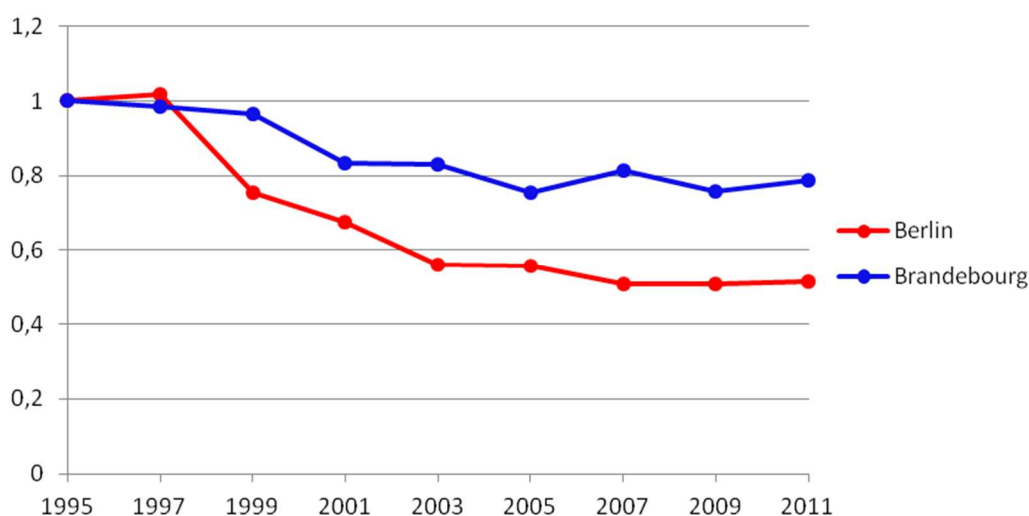


Figure 54 : Evolution des tonnes de marchandises transportées par la route à Berlin et en Brandebourg.

Source : les auteurs, données fournies par le Senat Berlin

Des données fournies par le *Senat Berlin*, se basant sur l'étude de 36 tronçons de routes disséminés dans la ville, nous permettent de représenter l'évolution du trafic des véhicules (VP et VUL+PL) à l'intérieur et à l'extérieur de l'*Umweltzone*, sur les figures 55 et 56.

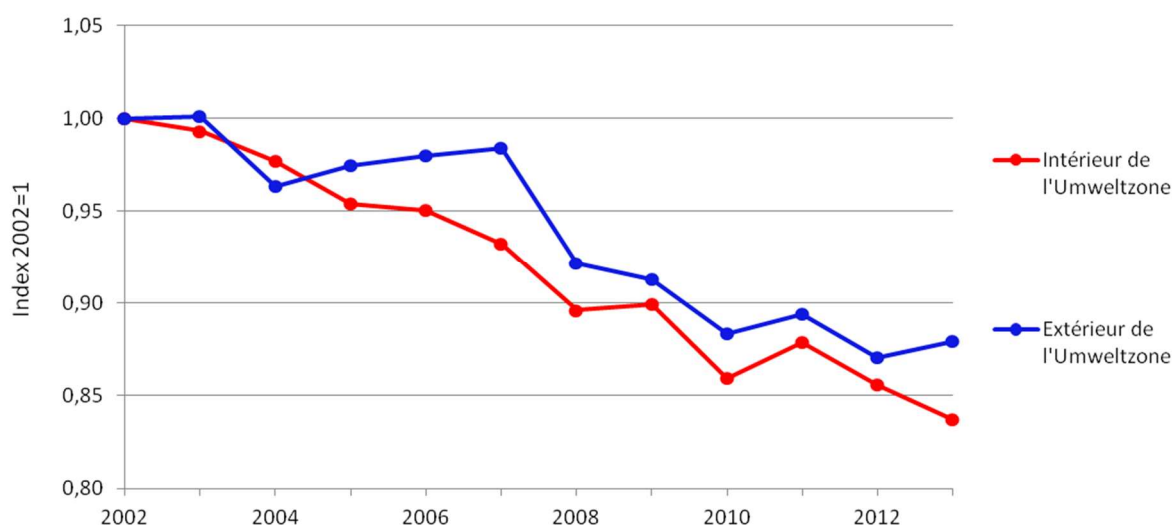


Figure 55 : Evolution du trafic VP à l'intérieur et l'extérieur de l'*Umweltzone*.
Source : les auteurs, données fournies par le Senat Berlin

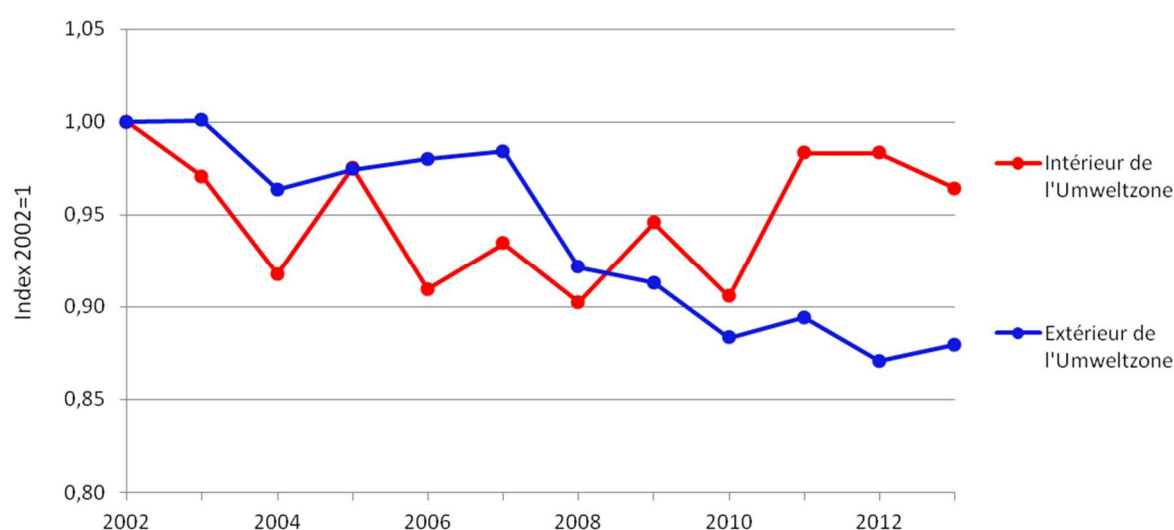


Figure 56 : Evolution du trafic VUL+PL à l'intérieur et l'extérieur de l'*Umweltzone*.
Source : les auteurs, données fournies par le Senat Berlin

Le trafic VP connaît une baisse régulière depuis 2002, mais avec une différenciation nette entre ZER et hors ZER dans les années 2004-2007. Le trafic VUL+PL connaît des variations plus fortes, avec la même différenciation, ceci entre 2005 et 2007. On voit ensuite une augmentation forte à partir de 2010 du trafic à l'intérieur de la zone, qui peut être expliquée par la recrudescence de grands projets immobiliers en cours de construction à cette période (nouveaux ministères, château, opéra, extension du métro U5, etc.).

Nous avons alors étudié les trafics VP et VUL+PL sur une artère pénétrante au sud, la Tempelhofer Damm, et un axe majeur externe à l'*Umweltzone* : la Marienfelder Allee. L'évolution des trafics sur ces deux axes est disponible sur les figures 57 et 58.

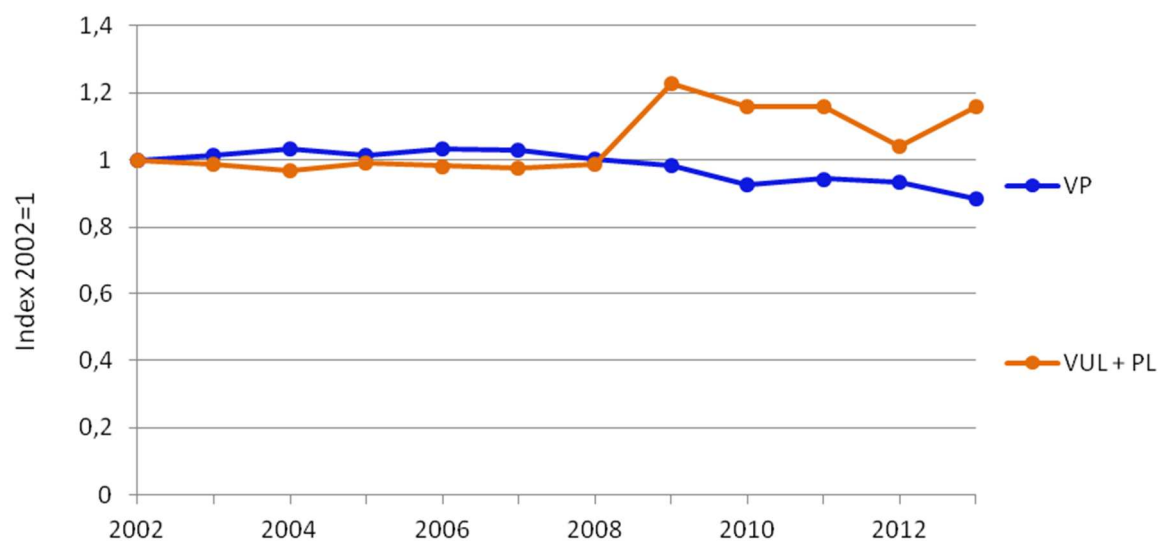


Figure 57 : Evolution des trafics VP et VUL+PL sur Tempelhofer Damm.
Source : les auteurs, données fournies par le Senat Berlin

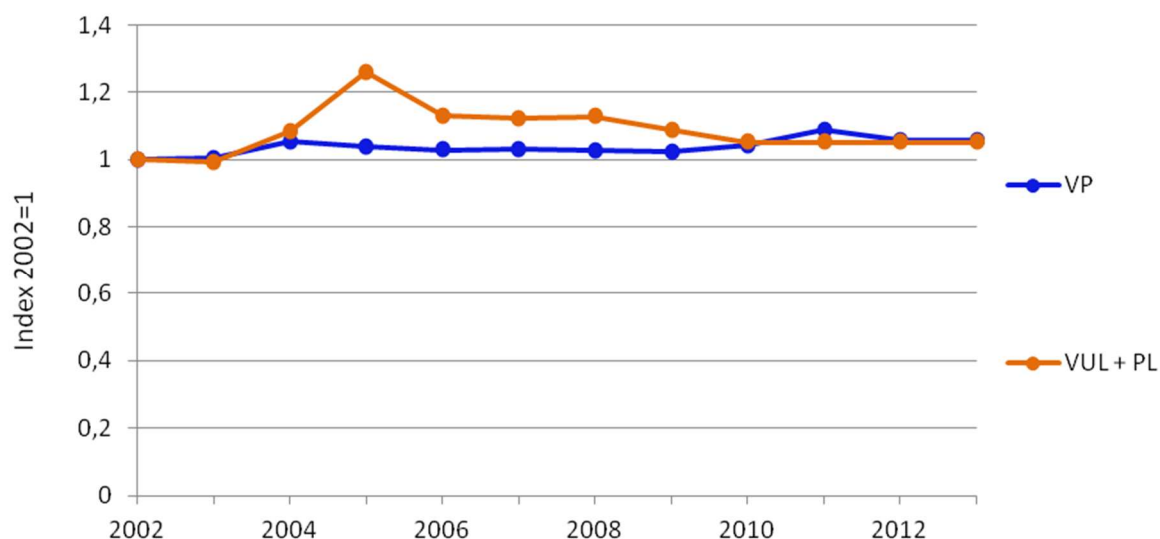


Figure 58 : Evolution des trafics VP et VUL+PL sur Marienfelder Allee.
Source : les auteurs, données fournies par le Senat Berlin

De la même façon que précédemment, il est difficile d'isoler un effet spécifique de l'Umweltzone.

2.3.3. Le parc des véhicules

Dans les trois terrains observés, la mise en place d'une Zone à Emissions Réduites a accéléré le renouvellement de la flotte des véhicules concernés. Les figures 59 à 63 mettent en évidence cette accélération, confirmée par nos entretiens avec les entreprises.

La LEZ de Londres a été mise en place en 2008, puis renforcée en 2012. On peut voir sur la Figure 59 un très net effet lors de la mise en place du renforcement, qui se traduit par une modernisation rapide des parcs VUL et PL. En effet, on voit sur cette figure que le taux de respect de la réglementation définie par la phase 3 de la LEZ, n'autorisant que les VUL de norme Euro 3PM au minimum ou disposant d'un Système de Réduction des Emissions de Particules (SREP) équivalent, est passé de 80% du parc à plus de 97% en moins d'un an. L'évolution du taux de respect défini par la phase 4, n'autorisant que les poids lourds de norme Euro 4 PM au minimum ou disposant d'un SREP équivalent, est encore plus marquée, ce taux passant de 45% du parc à 95% en un an et un mois.

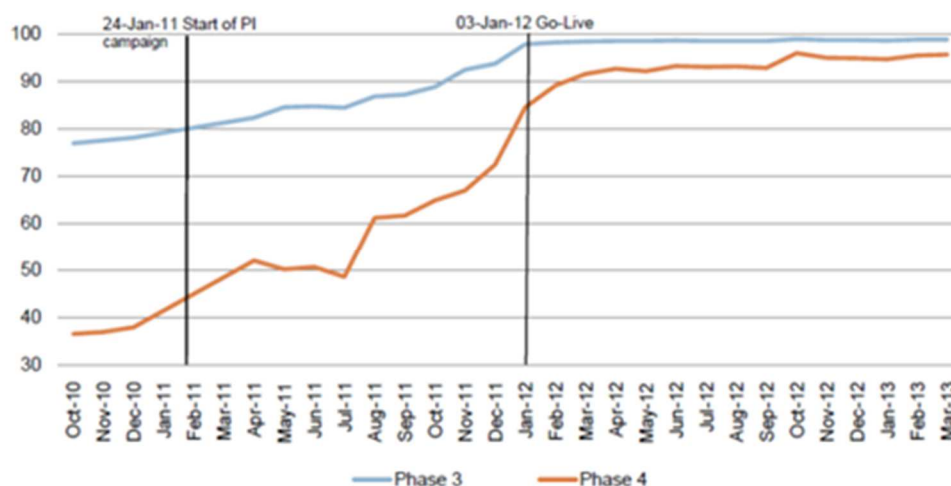


Figure 59 : Taux de respect de la réglementation de la LEZ londonienne - phases 3 (VUL Euro 3) et 4 (PL Euro IV).

Source : Transport for London

Cette modernisation accélérée peut s'expliquer de trois façons :

- La première raison est que les entreprises avaient les moyens de renouveler leurs véhicules dans le temps imparti. En effet, la municipalité a annoncé le phasage de la mise en place de la LEZ environ 6 ans avant la première phase. D'après les fédérations rencontrées, la majorité des entreprises n'ont eu aucun mal à renouveler leur parc. Certaines entreprises ont continué leur plan de renouvellement de flotte (habituellement entre 6 et 8 ans de durée de vie de véhicule), et les entreprises ayant des moyens plus limités ont eu 6 ans pour anticiper les dépenses.
- La deuxième raison est la qualité du contrôle de la mesure, aspect qui sera développé dans le paragraphe 2.3.5.
- La troisième raison, très souvent évoquée durant nos entretiens, est la capacité des entreprises à redéployer leurs véhicules les plus anciens. En effet, chacune des (grandes) entreprises rencontrées disposant de plusieurs établissements a été très claire sur sa capacité à faire face à la nouvelle règle. « Nous envoyons nos vieux véhicules dans le nord de l'Angleterre ou en Ecosse, et réservons tous les véhicules les plus récents pour la région du Grand Londres ». Le taux de renouvellement des véhicules utilitaires pour ces entreprises est de 6 à 8 ans. Ainsi, le plan de restructuration du renouvellement de la flotte a été aisé, voire totalement indolore.

Pour les plus petites entreprises, le problème a été assez différent. L'un des responsables de la fédération *Road Haulage Association* pour la région Sud-Est de l'Angleterre, fédération représentant un grand nombre de transporteurs au Royaume-Uni, et notamment les plus petites entreprises, nous a précisé que « la mise en place de la LEZ a représenté une énorme difficulté ». Le taux de renouvellement des flottes pour les petites entreprises est bien moindre, du fait de moyens plus limités et de l'effet de la crise économique. Il est cependant très difficile de chiffrer l'impact réel sur ces entreprises, celles-ci communiquant assez peu.

A Berlin, on note un taux de véhicules éligibles à la vignette verte meilleur que la tendance sans *Umweltzone* (Figure 60). On peut noter, d'après nos entretiens avec la municipalité, un nombre de dérogations accordées aux entreprises et particuliers très important, environ 40 000 par an.

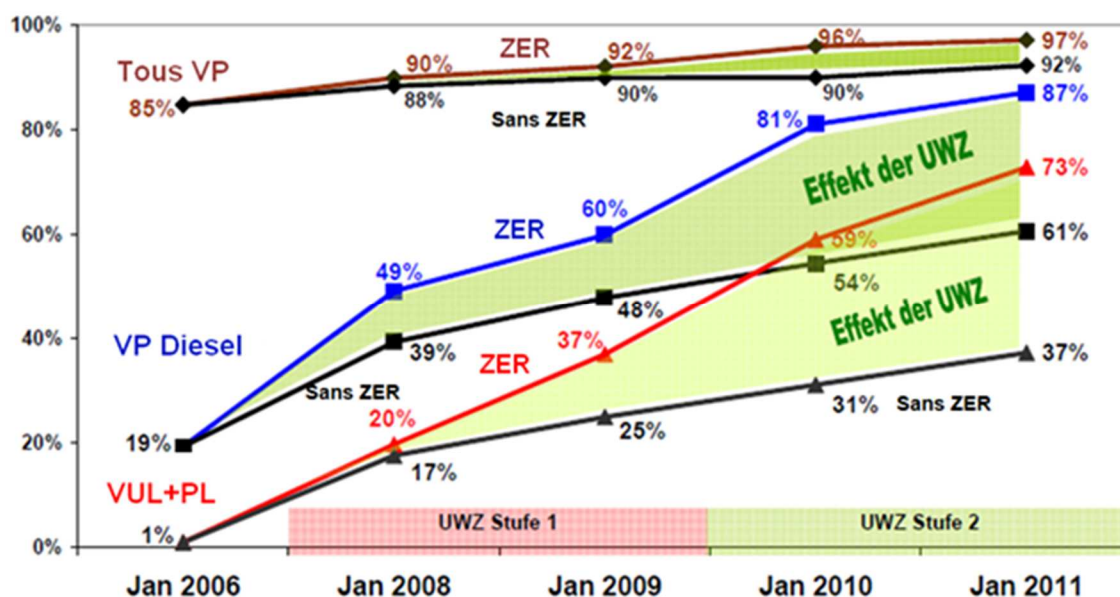


Figure 60 : Evolution du taux de véhicules éligibles à la vignette verte dans l'Umweltzone de Berlin entre 2006 et 2011.
Source : Senat Berlin

De même qu'à Londres, les entreprises opérant à Berlin ont préféré délocaliser leurs véhicules, même si ce phénomène fut beaucoup moins important en raison du grand nombre d'*Umweltzonen* en Allemagne. Les entreprises allemandes ont pour beaucoup revendu leurs véhicules à l'étranger. Il nous a été signalé que le type de dérogation le plus fréquemment demandé aux autorités est celui qui permet aux entreprises les plus fragiles de rouler avec des véhicules anciens dans le cas où un effort de modernisation est effectué en parallèle. On voit ainsi que l'impact sur ces entreprises a été réel, même s'il est encore très difficile de l'estimer et de le quantifier.

A Göteborg, d'après la municipalité (entretien avec M. Jäderberg), le taux de respect de la norme lors du contrôle est de 96,1% ; hors de la zone, le taux descend à 88,3% (ce qui signifie que 11,7% des véhicules ont plus de 8 ans).

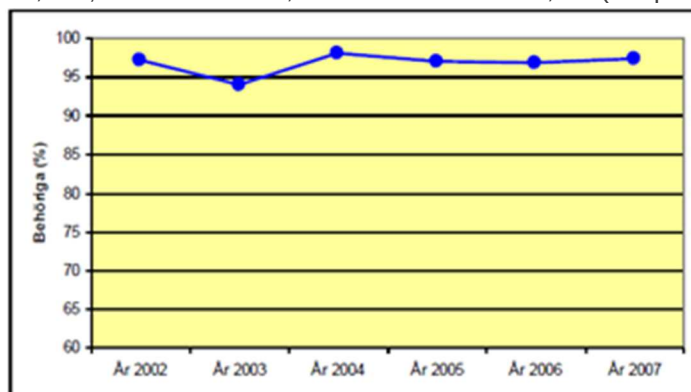


Figure 61 : Taux de respect des règles de la Miljözon de Göteborg - trafic intra-zone.

Source : Jäderberg, 2008

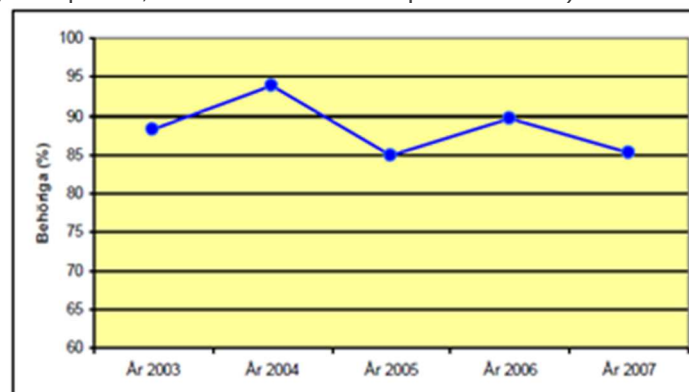


Figure 62 : Taux de respect des règles de la Miljözon de Göteborg - trafic autour de la zone.

Source : Jäderberg, 2008

Ce taux relativement faible de 88% environ peut s'expliquer par le fait que de nombreuses entreprises se situent autour de la zone, et que le port est situé dans la ville mais à l'extérieur de la zone. Ainsi, les entreprises locales situées hors de la *Miljözon* peuvent livrer les zones extérieures avec des véhicules plus anciens. Le port entraîne quant à lui des circulations de transit sur les autoroutes et voies rapides non concernées par la mesure, et donc des flux de véhicules non tenus de respecter la norme.

Malgré cela, en comparaison avec les villes ne disposant pas de zone environnementale (cas de Paris par exemple avant septembre 2015), ce taux de 11,7 % de véhicules de plus de 8 ans est relativement faible. Cela peut s'expliquer par la tendance d'un grand nombre d'entreprises à vouloir se donner une meilleure image sur le plan environnemental et surtout à respecter la norme ISO 14001, fréquent prérequis exigé par leurs clients.

Toutefois, ces propos sont à nuancer. En effet, chaque entreprise a son propre mode de renouvellement de flotte, ainsi que sa propre stratégie environnement et sa propre budgétisation. Ainsi, l'impact réel de la ZER sur ces entreprises a été différent pour chacune.

2.3.4. Les conséquences sur le tissu d'entreprises du transport et de la logistique

Rappelons que le secteur européen du transport routier de marchandises est très atomisé (cf. figure 63), la proportion d'entreprises de petite taille étant plus élevée que dans bien d'autres secteurs économiques. Les entreprises opérant dans les villes ne sont pas uniquement localisées dans cet espace urbain, néanmoins celles qui y sont implantées opéreront sans doute dans cette ville. Aussi, notre analyse s'attachera à évaluer l'évolution de la structure du tissu d'entreprises de transport localisées dans la ville ou la région.

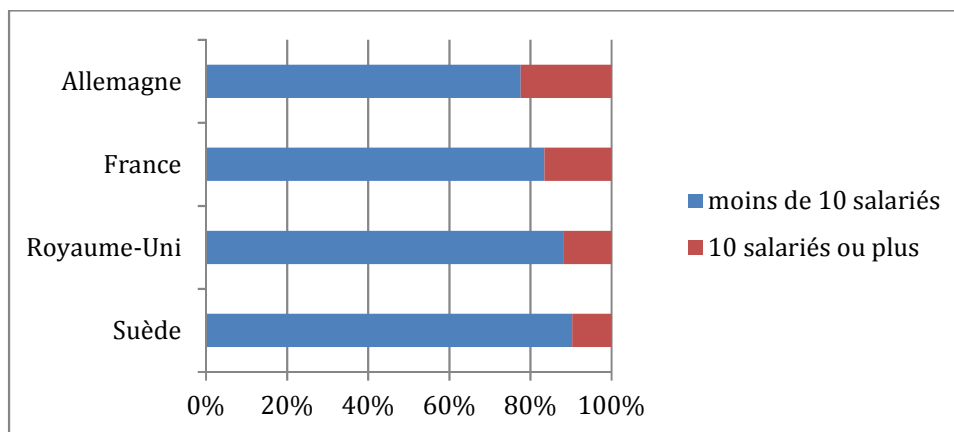


Figure 63 : Le nombre d'entreprises du transport routier en fonction du nombre de salariés en Europe en 2007.

Source : les auteurs, données Eurostat 2007, in SOeS 2010

Il faut rappeler qu'il est difficile d'obtenir des statistiques couvrant uniquement une ville ou agglomération particulière, et ceci est quasi impossible à l'échelle de la ZER. Nous présentons ici des statistiques à l'échelle de l'Etat de Berlin et à celle du Grand Londres. Göteborg constitue un cas particulier puisque la recherche de données concerne une période bien plus ancienne.

A Londres, les données disponibles en ligne ne permettent pas d'isoler les entreprises ayant une activité transport et logistique uniquement. Nous avons comparé l'évolution des entreprises de transport (voyageurs et marchandises) établies à Londres avec celle des régions voisines (Essex County, Hertfordshire County, Kent County, Oxfordshire County, Surrey County, West Sussex County) (figure 64). Nous constatons une augmentation du nombre d'entreprises dans les régions voisines de Londres (périphérie du Grand Londres) d'environ 15% entre 2005 et 2013 tandis qu'à Londres leur nombre diminue de 6% pendant la même période. La baisse semble plus significative sur la zone centrale.

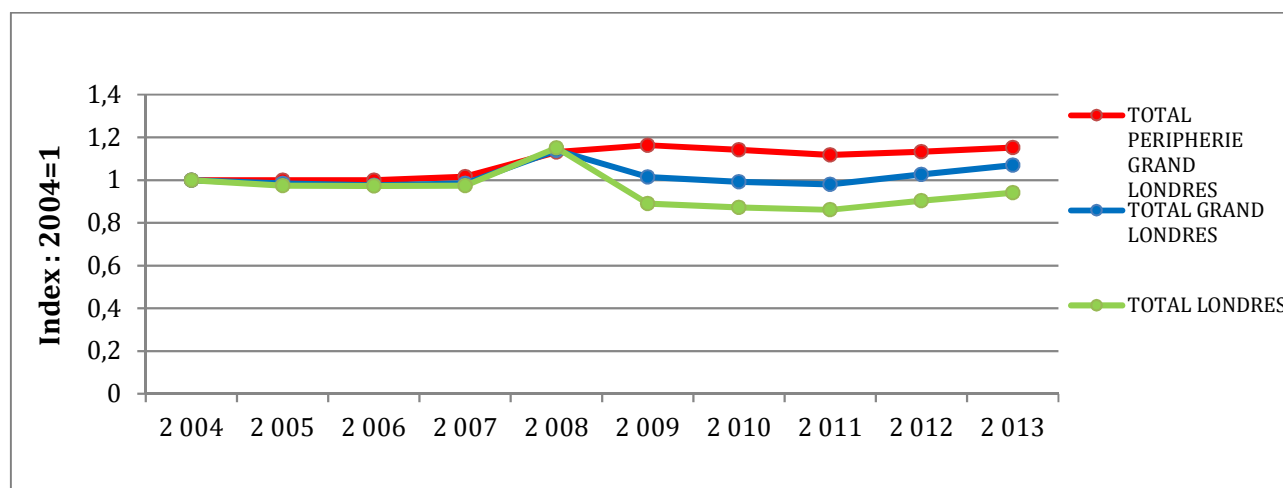


Figure 64 : Evolution du nombre d'entreprises de transport (marchandises et voyageurs) dans le Grand Londres, selon leur localisation.

Source : les auteurs, données ONS

La période 2008-2009 constitue un point de rupture dans les courbes dont les évolutions étaient jusque-là homogènes. La ZER de Londres ayant été mise en place au début de l'année 2008, on peut penser que la ZER a été l'une des conditions de création de ce point de rupture, avec un léger décalage dans le temps. Les effets de la crise de 2008 sont visibles à partir de 2009 où pour l'ensemble des zones étudiées, on constate une baisse du nombre d'entreprises.

Cependant celle-ci semble plus forte dans le Grand Londres et à Londres qu'en périphérie. Cette évolution peut aussi rendre compte d'un phénomène plus global d'étalement logistique, les entreprises s'éloignant de plus en plus du centre-ville vers la périphérie en raison du manque de foncier disponible et des prix trop élevés. Ce phénomène a été observé dans d'autres villes du monde (Dablanc et Andriankaja, 2011, Dablanc et al., 2014).

La FTA (*Freight Transport Association*), principale fédération d'entreprises de transport au Royaume-Uni, a constaté entre 2007 et 2011 une diminution du nombre de licences d'entreprises de fret de 15 % (FTA, 2013). Il reste difficile d'attribuer entièrement cette baisse à la mise en place de la ZER étant donnée la crise économique de 2008.

Pour le cas de Berlin, on constate une diminution du nombre d'entreprises de transport de marchandises entre 2005 et 2010 de près de 20% (figure 65). Pour mieux identifier un effet de l'implantation de la ZER, nous avons comparé l'évolution de Berlin à celle de l'Etat de Brandebourg qui l'entoure et qui, lui, n'est pas soumis à des restrictions de type ZER.

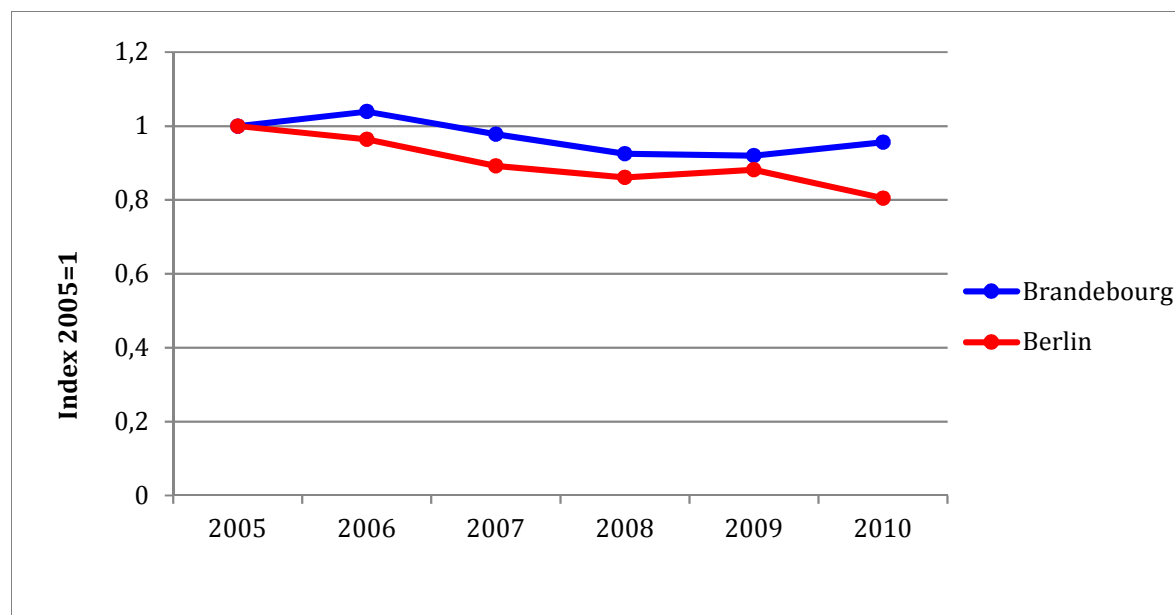


Figure 65 : Evolution du nombre d'entreprises de transport et logistique localisées dans Berlin et dans le Brandebourg entre 2005 et 2010.

Source : les auteurs, données BfG

Entre 2005 et 2010, le nombre d'entreprises dans le transport et la logistique a diminué plus fortement à Berlin que dans le Brandebourg : -20 % contre -5 %.

Pour comprendre quelles sont les entreprises qui ont davantage disparu, nous avons désagrégé les données par taille d'entreprise.

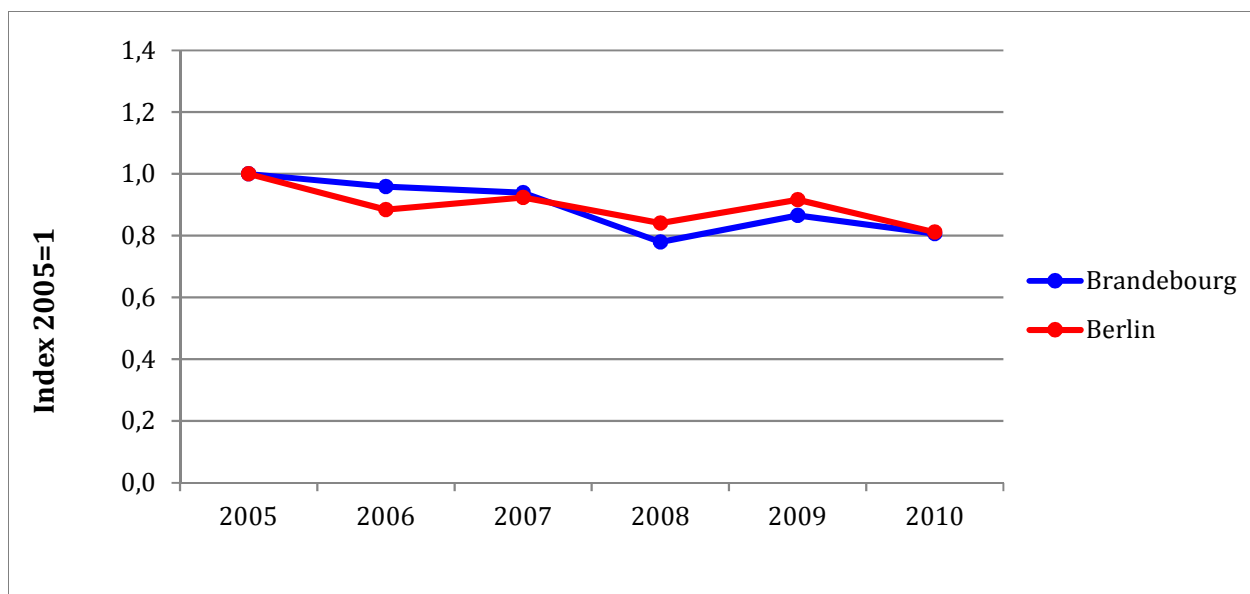


Figure 66 : Evolution du nombre d'entreprises de transport routier de marchandises (0-9 salariés) à Berlin et dans le Brandebourg entre 2005 et 2010.

Source : les auteurs, données BfG

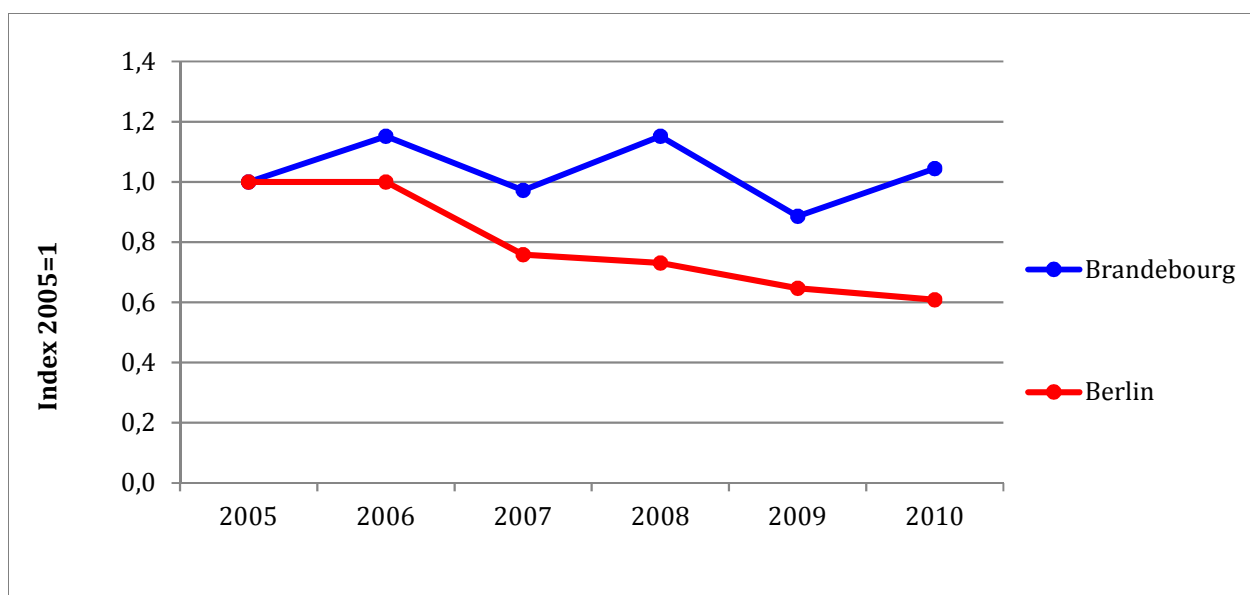


Figure 67 : Evolution du nombre d'entreprises de transport routier de marchandises (10-49 salariés) à Berlin et dans le Brandebourg entre 2005 et 2010.

Source : les auteurs, données BfG

La baisse du nombre d'entreprises est surtout visible pour celles de taille moyenne c'est-à-dire entre 9 et 49 salariés. Si dans le Brandebourg, on constate une légère croissance du nombre d'entreprises dont le nombre de salariés est compris entre 9 et 49 pendant la période 2005-2010 (+4 %), pour Berlin, le nombre d'entreprises a diminué de près de 40 % sur la même période. L'effet semble plus notable sur les entreprises moyennes que sur les plus petites, car il n'existe pas de différence significative entre Berlin et Brandebourg dans les évolutions du nombre d'entreprises pour celles qui ont entre 0 et 9 salariés sur la même période respectivement -19% et -20% (Figure 66). Il n'y a donc pas de différence significative entre les deux Etats. On ne peut pas établir de relation directe entre la mise en place de la LEZ et le nombre de très petites entreprises.

Cela ne veut pas pour autant dire que les petites entreprises (9 salariés ou moins) s'adaptent mieux à la ZER. Leur nombre a diminué d'environ 20% aussi bien dans Berlin que dans le Brandebourg. Ces entreprises se créent très rapidement mais disparaissent également très rapidement. Le milieu du transport routier est constitué de nombreuses petites entreprises qui travaillent pour les plus grandes dans le cadre notamment d'opérations de sous-traitance.

Ce phénomène de bipolarisation, décrit par Savy (2006), se traduit par des rapports de dépendance importants entre les petits transporteurs et les plus grands notamment en milieu urbain (Rème-Harnay et *al.*, 2014). Ainsi, suivant la conjoncture, les plus grandes entreprises effectuent plus ou moins d'opérations de sous-traitance, ce qui a des répercussions importantes sur l'activité des petites. Le milieu du transport est sensible aux variations de l'activité, de par sa nature de demande dérivée.

Nous n'avons pas obtenu de statistiques pour le cas de Berlin mettant en évidence cette plus grande fragilité des petites entreprises. Cependant, au Royaume-Uni, des données de l'ONS²⁸ mettent en évidence la fragilité du secteur d'activité : en 2008, 3 250 nouvelles entreprises de transport routier ont été créées, mais 5 ans plus tard, seuls 37,7 % existent encore contre 41,3% pour les créations d'entreprises de l'ensemble des activités. Ce taux de survie plus faible que la moyenne témoigne de la fragilité de ce secteur mais également de sa capacité à se renouveler.

En ce qui concerne les grandes entreprises de 50 salariés et plus, on constate que leur nombre a augmenté entre 2006 et 2008 dans les deux régions, néanmoins l'augmentation est plus forte dans le Brandebourg : leur nombre a été multiplié par deux tandis qu'à Berlin, l'augmentation est de 40 %.

Après avoir examiné par taille d'entreprise, il faut analyser la structure du secteur d'activité. Autrement dit, est-ce que la ZER modifie la structure du secteur et donc ses rapports de force ?

La figure 68 montre qu'à Berlin entre 2006 et 2010, les très petites entreprises (0-9 salariés) ont vu leur part dans le nombre total d'entreprises de marchandises augmenter (66% en 2006, 72% en 2010) tout comme les grandes entreprises (plus de 49 salariés) (3% en 2006, 5% en 2010). Ainsi, la ZER semble avoir eu comme effet de minimiser le poids des entreprises de taille plus intermédiaire (10-49 salariés). Ces entreprises disparaissent au profit des extrêmes. Il faut toutefois noter que les très petites entreprises (0-9 salariés) de 2006 ne sont pas forcément encore en activité en 2010, ce sont sans doute de nouvelles, étant donnée la capacité de ce secteur à se renouveler.

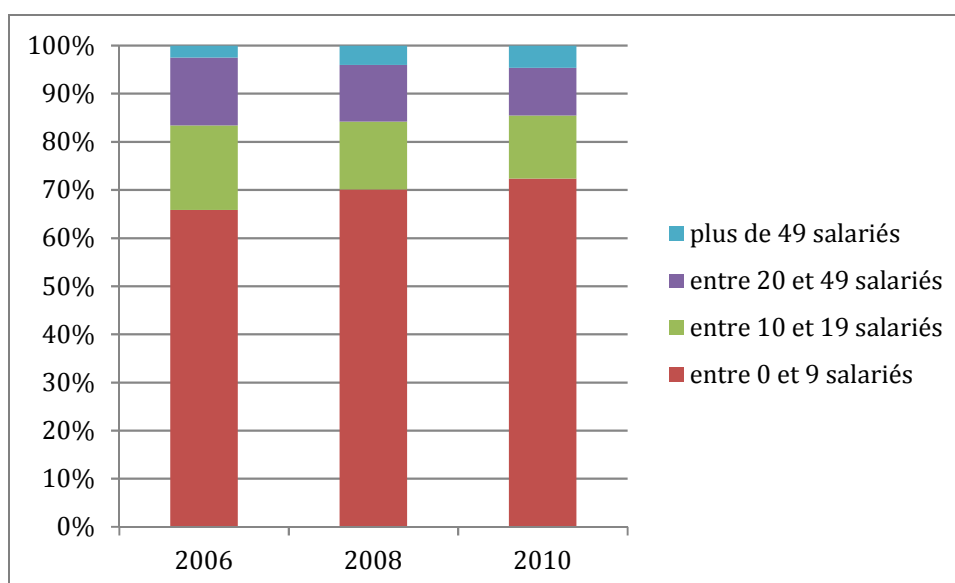


Figure 68 : Evolution de la structure par taille des entreprises de transport de marchandises entre 2006 et 2010 à Berlin.

Source : les auteurs, données BfG

²⁸ ONS = Office for National Statistics

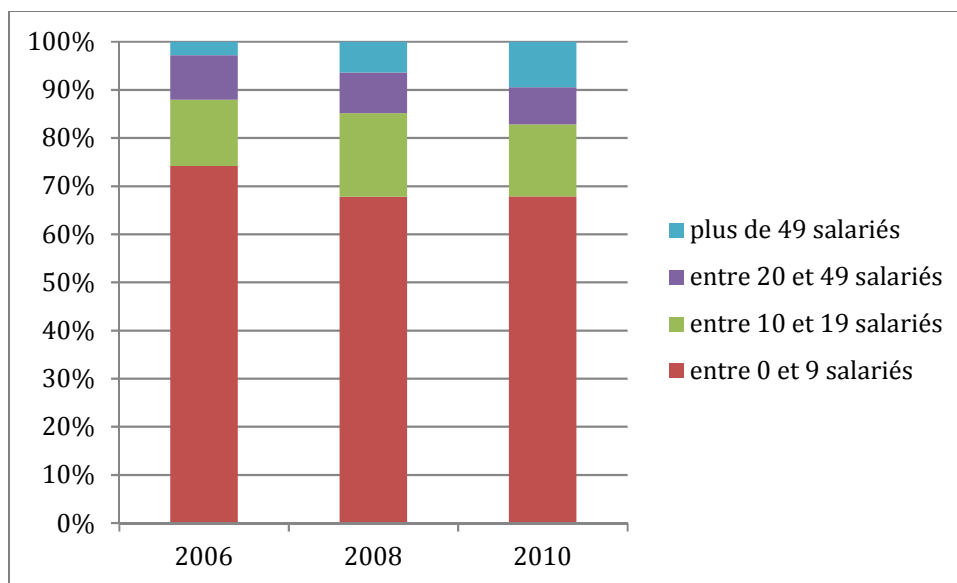


Figure 69 : Evolution de la structure par taille des entreprises de transport de marchandises entre 2006 et 2010 dans l'Etat du Brandebourg.
Source : les auteurs, données BfG

Lorsque nous comparons la structure par des entreprises de transport de Berlin à celle du Brandebourg (Figure 69), nous constatons des différences en ce qui concerne la part des très petites entreprises (0-9 salariés). Entre 2006 et 2010, la part de celles-ci a diminué de 74% à 68% tandis que la part des entreprises ayant entre 10 et 19 salariés est stable (14% en 2006, 15% en 2010) tout comme les entreprises employant entre 20 et 49 salariés (9% en 2006, 8% en 2010).

L'évolution de Berlin est donc singulièrement différente de celle de l'Etat le jouxtant. La ZER semble avoir participé à l'atomisation du secteur et renforcé sa fragilité puisque la part du nombre d'entreprises de moins de 10 salariés s'est renforcée au détriment d'entreprises de taille intermédiaire. On peut donc faire l'hypothèse que les employés des entreprises qui avaient entre 10 et 49 salariés ont créé leur propre entreprise lorsque celle qui les employait a eu des difficultés.

En termes d'emploi et de nombre d'entreprises par *Bezirke*²⁹, on note des différences dans les évolutions entre 2008 et 2011 (Figure 70). Si en nombre d'entreprises, la tendance est à la baisse quasiment partout (hormis à Mitte et Spandau), en nombre d'emplois, la tendance est moins nette. En effet, le *Bezirke* de Charlottenburg-Wilmersdorf a connu la plus forte croissance en termes d'emploi avec une augmentation de 34%. D'autres *Bezirke* dans le Sud de Berlin ont connu des augmentations significatives : Neukölln avec 16% et Treptow-Köpenick, 15%. Les *Bezirke* du centre perdent eux des emplois : Mitte avec -9% et Friedrichshain-Kreuzberg : -8%. La dynamique de création est réelle mais les grandes entreprises préfèrent les localisations plus périphériques qui leur permettent de diminuer leurs coûts de foncier. Il est difficile de dire si la ZER est à l'origine de cette relocalisation ou si cela participe d'un mouvement plus général de déconcentration de l'activité logistique.

²⁹ Découpage correspondant aux districts de la Ville-Land de Berlin.

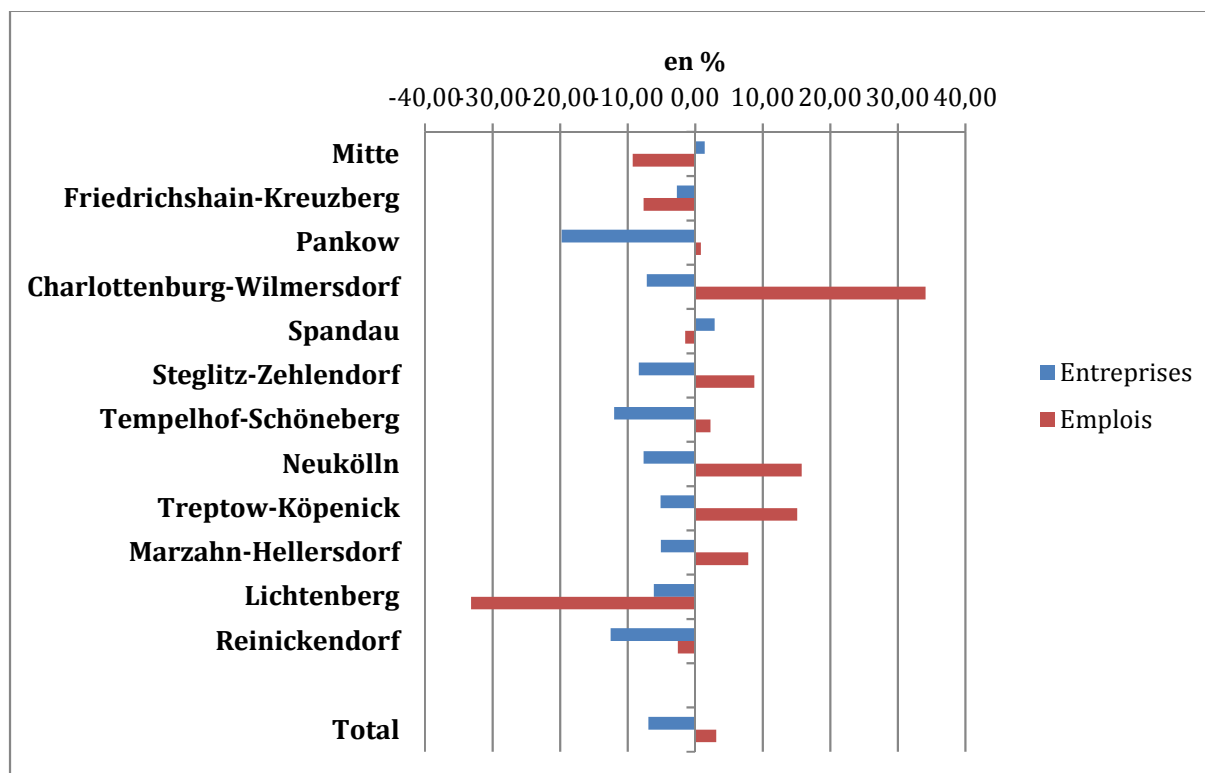


Figure 70 : Evolution du nombre d'établissements et d'employés dans les établissements de transport et logistique de Berlin entre 2008 et 2011.

Source : Calculs auteurs à partir de Statistischer Bericht D II 1 – j / 11 Unternehmen und Betriebe im Land Berlin 2008 & 2011

A Göteborg, étant donné l'ancienneté de la ZER, il nous a été plus difficile d'obtenir des données chiffrées sur les entreprises de transport implantées permettant la comparaison avant et après la mise en place du dispositif. Nous n'avons donc pu obtenir des données chiffrées, néanmoins les personnes rencontrées lors des entretiens auprès des autorités locales et d'un ancien employé y ayant travaillé pendant plus de 10 ans, nous ont fait part d'effets certains sur les petites entreprises sans toutefois parvenir à les quantifier précisément.

2.3.5. Contrôle de la mesure et respect de la norme

Le principe de contrôle du respect de la ZER diffère selon les villes ; il peut s'agir de contrôle par caméras, de contrôle de vignettes apposées sur le pare-brise du véhicule, ou encore de contrôle de papiers du véhicule (cf. 1.2.2)

Le choix du mode de contrôle dépend des possibilités conférées par la loi en vigueur dans la ville et le pays, mais également du ressenti psychologique de la population. Nos entretiens confirment que la population de villes, comme Londres, a l'habitude de la présence de caméras, par exemple à l'intérieur de la *congestion charging zone* ou simplement pour gérer la sécurité. La population de Paris semblerait avoir plus de mal à accepter ce type de contrôle. Surtout, en France, les principes de confidentialité et de respect de la vie privée que défend la CNIL sont suivis de façon relativement extensive. La loi allemande est encore plus stricte car elle interdit la présence de caméras pour ce type de contrôle, le principe de respect de la vie privée étant dominant dans ce pays (entretien avec le *Senat Berlin*). De même, le contrôle ne peut être effectué qu'à l'arrêt par la police municipale, le contrôle d'un véhicule circulant ne pouvant être réalisé que par les douanes ou la police nationale.

Les villes de Londres, Berlin (et les autres villes allemandes) et Göteborg ont des types de contrôle tous trois différents, et des taux de respect de la LEZ également différents.

- A Londres, le contrôle électronique des plaques d'immatriculation et les amendes très élevées ont permis un taux de respect élevé, comme le montrait la Figure 59. Entre juillet et septembre 2014, le taux de respect de la phase 3 (seuls les VUL Euro 3 ou ultérieur sont autorisés) a été de 99,16%, le taux de respect de la phase 4 (seuls les PL Euro IV ou ultérieur) de 96,60% (TfL, 2014).
- Boogaard (2012) précise que lors de l'évolution de la ville d'Amsterdam d'un système de contrôle manuel à un système de contrôle électronique par caméras en juillet 2009, le taux de respect de la zone (seuls les PL Euro IV ou ultérieurs sont autorisés) est passé entre 2008 et 2010 de 66% à 97%.
- En Allemagne, la capacité de contrôle des vignettes diffère entre les villes. Une étude annuelle publiée par l'association *Deutsche Umwelthilfe* (2013) n'attribue la note maximale relative à la qualité de contrôle de la mesure qu'à 17 zones sur les 60 sondées en 2013. La note maximale n'a été donnée qu'à 6 villes (dont Berlin) l'année précédente. 20 villes sont considérées comme disposant d'un mauvais système de contrôle en 2013, contre 35 en 2012. Sur ces 20, 17 comptabilisent moins de 5 infractions pour 1000 habitants, et sont donc considérées comme disposant d'un contrôle non effectif. Plusieurs entretiens nous ont montré cette tendance au faible contrôle en Allemagne. En voici plusieurs extraits :
 - o Un Français : « *Je suis allé à Francfort en voiture il y a peu pour des vacances. Connaissant le principe des zones environnementales allemandes, et le principe obligatoire de la vignette verte, j'ai fait le tour de la ville afin de trouver un endroit où me la procurer. Les gens se sont moqués de moi quand je leur ai demandé de m'aider. Ils disaient que de toute façon il n'y a pas de contrôle de la mesure donc je m'ennuyais pour rien* ».
 - o Un Allemand : « *De toute façon, c'est bien connu, à Cologne il n'y a pas de contrôle, c'est pas pareil qu'à Berlin* »

La ville de Berlin est la « meilleure élève » de ce classement, et est la seule ville à avoir toujours disposé d'un « excellent dispositif de contrôle ». La figure 71 présente la répartition des véhicules par vignette sur un grand boulevard de Berlin. Elle nous montre qu'au renforcement de l'*Umweltzone* en 2010, 9% des VP, 25% des VUL et 30% des PL ne disposaient pas de la vignette verte requise (certains véhicules peuvent avoir bénéficié d'une dérogation) neuf mois après le début de cette nouvelle phase.

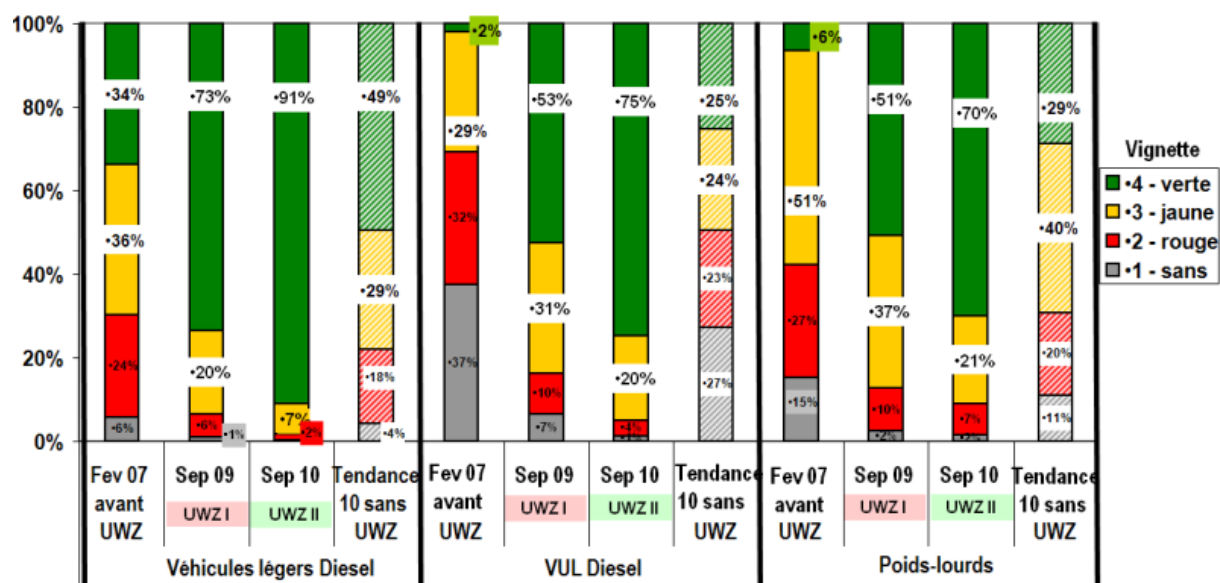


Figure 71 : Evolution de la répartition des véhicules par vignette sur la Frankfurter Allee de Berlin.
Source : M. Lutz, Senat Berlin

A Göteborg, la première raison que nous ont donnée, et cela de manière systématique, les entreprises et fédérations en ce qui concerne la *Miljözon* est que le problème principal est « *the lack of control* » (« le manque de contrôle »). En définitive, les entreprises qui respectent la zone se posent la question de l'intérêt des efforts qu'elles mènent à renouveler régulièrement leur flotte puisque les entreprises qui ne font pas d'effort ne sont pas pénalisées.

Le mode de contrôle des véhicules ne doit pas être dissocié des sanctions appliquées, qui sont très variables suivant les ZER. Si les amendes existent dans l'ensemble des cas étudiés, leur montant diffère : 250 à 1000 £ par jour à Londres, tandis qu'à Göteborg, elles s'élèvent à environ 100 € (1000 SEK) auxquels s'ajoute l'immobilisation du véhicule. Le montant des amendes doit être suffisamment élevé pour inciter les transporteurs à respecter les conditions d'accès à la zone. En effet, à Göteborg, ce n'est pas le montant de l'amende qui est dissuasif pour les transporteurs mais plutôt l'immobilisation du véhicule qui lui est associée, qui grèvera à coup sûr la productivité de l'entreprise.

2.3.6. Des évolutions qualitatives plus diffuses

Au cours de nos entretiens, nous avons décelé certains « signaux faibles », des évolutions des entreprises plus qualitatives et discrètes que celles décrites dans les sections précédentes mais qui néanmoins nous paraissent intéressantes. Tout d'abord, nous pouvons évoquer la mutualisation de ressources entre entreprises. Dans le cas où l'investissement s'est révélé trop important pour la survie de l'entreprise, et ceci concerne principalement les PME et TPE, la mutualisation de véhicules et de ressources est apparue comme une option intéressante auprès de certains transporteurs et a pu même conduire à des fusions d'entreprises. Par exemple, l'entreprise Wiles (livraison de produits écologiques) a décidé, suite à la mise en place de la *Congestion Charging Zone* et l'annonce de la *Low Emission Zone*, de fusionner en 2006 avec Greenworld, une entreprise réalisant du conseil et de l'expertise en produits et démarches écologiques. L'idée était d'obtenir un avantage concurrentiel et une image plus écologique. L'entreprise Wiles Greenworld compte désormais 50 employés et dispose du niveau « bronze » du label FORS.

Un autre impact que nous souhaiterions souligner, apparu de façon plus diffuse au fil des enquêtes, peut à terme se révéler important. Il s'agit de l'impulsion apportée par la mise en place d'une ZER, et par les mesures d'accompagnement lorsqu'elles existent, à la modernisation du secteur du transport des marchandises et de la logistique urbaine. Il nous a été mentionné, notamment par les acteurs publics, qu'une ZER peut être un moyen de relancer l'investissement dans le secteur du transport et de la logistique et donc de pousser son développement et surtout sa modernisation. Une ZER permet la création d'un avantage concurrentiel pour les entreprises déjà engagées dans de « bonnes pratiques ». La mise en place d'une ZER ou d'autres mesures environnementales similaires procure aux entreprises faisant figurer le principe de réduction de la pollution dans leur politique un avantage concurrentiel immédiat par rapport aux entreprises « classiques » nécessitant une amélioration de leur flotte. Elle incite aux labellisations et certifications (FORS à Londres, normes ISO 14001³⁰ et 14064³¹ à Göteborg).

Une ZER permet aussi d'accompagner la promotion du marché des véhicules de livraison « propres ». Afin de satisfaire aux nouvelles réglementations, certains professionnels du transport peuvent décider d'acheter des véhicules faiblement émetteurs, par exemple des véhicules électriques ou fonctionnant au gaz naturel. De grandes entreprises (dont nous ne pouvons citer le nom) réalisent actuellement des projets de développement de leur flotte de véhicules électriques dans l'*Ultra Low Emission Zone* de Londres et de plates-formes logistiques dédiées, afin de prendre en compte la future norme limite de la zone et se procurer un avantage concurrentiel sur la logistique du dernier kilomètre. L'introduction de la norme Euro 6 dans l'ULEZ peut entraîner un développement du marché de technologies plus dispendieuses : l'écart de prix entre véhicule électrique et véhicule thermique Euro VI sera *de facto* réduit. La norme Euro VI, entrée en vigueur le 1.01.2014 pour la fabrication des poids lourds, et l'offre de véhicules de livraison électriques étant encore faible (et au stade du développement pour ce qui concerne les poids lourds), le recul n'est pas suffisant aujourd'hui pour nous permettre de conclure sur ce point.

2.3.7. Plusieurs années après, que retenir des ZER ?

a. Le ressenti des entreprises

Sans doute contrairement à ce que nous attendions, nos entretiens nous ont montré une relative acceptation des entreprises sur les mesures de mise en place de ZER. La plupart juge qu'une ZER va dans le bon sens ; elles sont pragmatiques et pensent que l'environnement est un domaine qu'il ne faut pas négliger, surtout en cette période où les pics de pollution se font de plus en plus fréquents. Cependant, nombreuses sont celles qui ont confié ne pas avoir envie d'agir par elles-mêmes, sans pression ni coup de pouce des autorités locales.

Les grandes aires urbaines dotées de ZER sont des passages obligés pour les entreprises qui doivent livrer des marchandises. Ainsi, les entreprises sont résignées à se conformer à la réglementation, sous peine de réduire leur activité de manière trop brutale et trop forte.

Le rôle des fédérations est à souligner dans la préparation des entreprises à la ZER et leur acceptation. En effet, elles ont un double rôle : celui de transmettre aux entreprises de transport les informations sur de futurs changements dans la réglementation mais également de faire remonter des informations auprès des autorités locales afin d'assouplir ou de repousser les échéances comme ce fut le cas pour la phase 3 de la ZER de Londres. Les fédérations aident les entreprises dans leur préparation, notamment pour les plus petites, en les assistant dans l'anticipation de la mise en place de la ZER. Ce fut le cas, à Londres où le passage à la LEZ a été difficile pour ces petites structures.

³⁰ Gestion environnementale d'une entreprise.

³¹ Calcul des émissions de polluants des entreprises.

Les difficultés des petites entreprises sont encore plus importantes à gérer en période de crise économique. Il est difficile de quantifier précisément cet impact d'un point de vue économique global, même si l'on a vu que le nombre de fermetures de petites entreprises a été plus important dans les zones concernées par une ZER. De même, chaque ville et pays ont leur situation propre, en ce qui concerne la proportion de sous-traitance, de chaînes de commerces, d'organisation du transport, ce qui rend leur comparaison plus ardue. Quelques pistes ont tout de même été énoncées par Dabanc et Montenon (2015) et par Danielis *et al.* (2014).

Souvent, la peur des entreprises quant aux impacts prévisionnels de la mesure est plus importante que les impacts effectifs. En revanche, et semble-t-il à juste titre, beaucoup d'entreprises expriment un besoin de transparence, et se posent la question de la qualité dans l'organisation (publique) de la mise en place de la mesure (contrôle du respect de la mesure par exemple).

Enfin, une idée fréquemment évoquée par les entreprises, notamment par les plus grandes, est la nécessité d'une harmonisation de la mesure au plan européen. La multiplication des réglementations dans chaque pays rend le travail de soutien et de veille plus long et difficile, nécessitant une communication de type *bottom-up* depuis les exploitants vers les services centraux. Cela implique une réduction de la capacité à développer des innovations communes à l'entreprise, en raison de problématiques et contraintes qui varient selon la zone géographique.

b. Harmonisation de la mesure en Europe

Les Low Emission Zones (LEZ) représentent l'une des réponses, de plus en plus courantes, aux problèmes de pollution des villes européennes. Cependant, il n'existe aucun cadre commun à cette mesure autre que celui défini dans la stratégie environnementale de l'Union Européenne (UE, 2005b). Aucun cadre législatif n'a été défini.

Au cours des entretiens, les professionnels du transport (surtout les grandes entreprises, mais pas uniquement) ont exprimé le besoin d'information sur les LEZ présentes dans les autres pays et villes européens. Il n'existe qu'une base de données publique sur le sujet (site web <http://urbanaccessregulations.eu/>). Les personnels effectuant la livraison localement sont les plus susceptibles de connaître les mesures et réglementations locales mais les cadres dirigeants au niveau national et/ou international avouent une relative méconnaissance du sujet, et ont paru intéressés par un approfondissement de leurs connaissances. En parallèle, certains professionnels font remarquer qu'« *un même véhicule, pour pouvoir circuler dans de nombreux pays et de nombreuses villes européennes, doit afficher sur son pare-brise tous les macarons et vignettes [liés à chaque mesure nationale ou locale]* ». Il doit disposer de nombreux systèmes OBU³², différents selon les pays et villes traversés. L'accumulation de vignettes et d'OBU rend le travail du chauffeur plus difficile puisqu'elle réduit son champ de vision, et devient également une source de questionnements pour les managers des entreprises de transport.

Un cadre commun homogénéisant les LEZ apparaît alors comme l'une des solutions envisageables. Cette problématique d'harmonisation fait déjà l'objet d'un rapport commandé par la Commission Européenne (Ecorys, 2014). Cependant, ce rapport ne prend pas en compte le transport de marchandises, domaine pourtant directement impacté par une telle mesure. Cette harmonisation simplifierait significativement le travail des entreprises de transport, et permettrait également de limiter les « transferts de pollution » liés à un redéploiement de la flotte entre différentes régions européennes. En effet, la revente des véhicules non conformes vers d'autres horizons européens non réglementés augmente la pollution de l'air dans les zones d'accueil. Le cas de Bradford, au Royaume-Uni, et de sa pollution annuelle en NO₂ dans l'air supérieure à 80 µg/m³ (Jones, 2014), illustrent peut-être cette réalité.

Ce principe d'harmonisation implique plusieurs enjeux :

- Des enjeux géographiques et territoriaux

D'après un entretien avec l'un des responsables européens de la stratégie d'une grande entreprise de transport, le premier problème à prendre en compte est la géographie. En 2014, d'après Eurostat, la densité des Pays-Bas est de 407 hab/km², quand elle est de 15 hab/km² en Finlande. D'après la même source, 59% de la population croate vit en ville, contre 98% de la population belge. Chaque entreprise de logistique urbaine locale a alors une problématique différenciée selon son environnement, et les grandes entreprises de logistique adaptent leur schéma global à ces spécificités locales afin de s'adapter et donc répondre au mieux aux contraintes définies par leurs clients.

En Allemagne, les LEZs sont présentes dans de grandes villes (Berlin, Munich) ou de plus petites (Ilfeld – 8 900 habitants et 330 hab/km² ; Urbach – 8 700 habitants et 420 hab/km²), montrant qu'il est possible de mettre en place un cadre à échelle plus globale et ce malgré des diversités géographiques fortes, à partir d'un cadre législatif précis.

³² On-Board Unit : appareils embarqués permettant un enregistrement automatique sans fil. Par exemple : les systèmes de télépéage.

En revanche, les entretiens réalisés en Angleterre nous ont montré que les diversités locales constituaient un frein à la mise en place d'un plan national, les autres collectivités jugeant le territoire londonien comme « trop différent pour être pris en exemple ». La problématique locale londonienne est considérée, notamment de par sa taille et sa population, comme très spécifique. On revient ici à l'idée de Cruz et Montenon (2015) de la différence entre plan local londonien et plan national allemand, et aux difficultés d'articulation de plusieurs échelles de territoires.

- Des enjeux de politique et de gouvernance

Les Low Emission Zones ont été développées en Europe par le biais d'une impulsion de l'Union Européenne notamment. L'application a été nationale, régionale et/ou locale. Ainsi, de nombreuses couches de gouvernance sont impliquées dans les processus de création et d'application de cette réglementation. Cela implique des enjeux politiques et de gouvernance à de nombreuses échelles, ce qui peut créer des conflits et représenter une confusion pour les populations et entreprises.

- Des enjeux économiques

Si les LEZ deviennent des éléments constitutifs de la plupart des grandes villes des pays européens, le redéploiement des véhicules, qui a été l'une des stratégies adoptées par les entreprises de transport lors de la mise en place d'une LEZ, devra se faire de façon très différente (impliquer des reventes de véhicules hors d'Europe par exemple). Les modèles d'affaires devront nécessairement s'adapter.

Au-delà de l'harmonisation au niveau européen, se pose également la question à l'échelle nationale, car lorsqu'il y a un plan national comme en Allemagne ou en Italie, les LEZ sont nombreuses mais leurs conditions d'accès diffèrent selon les villes. Aussi, pour des transporteurs qui livrent plusieurs villes, il est difficile de prendre en considération toutes les restrictions ou de connaître toutes les dérogations. Si en Allemagne en 2015, presque l'ensemble des ZER sont passées à la vignette verte, les dérogations restent gérées localement entraînant de fortes disparités pour les transporteurs suivant les territoires.

Remarquons à ce titre qu'il n'existe pas, à notre connaissance, d'application simple pour Smartphone dédiée à l'information des transporteurs sur les réglementations d'accès des villes européennes.

c. Articulation entre politique, industrie et logistique

Lors des entretiens, les transporteurs ont fait part de leurs réticences à utiliser de nouvelles motorisations de type électrique ou à gaz notamment du fait d'infrastructures insuffisantes (prises électriques ou station-service).

Le véhicule électrique n'a pas démontré son efficacité même s'il est utilisé dans le cadre d'expérimentations (cf. c du paragraphe 2.1.1). Le nombre de véhicules électriques reste très limité. A Londres, le véhicule électrique est jugé inadapté à la taille de la ville, trop grande, car selon les transporteurs interrogés, le nombre de kilomètres à parcourir est trop important avec une unique charge de batterie. Un paramètre commun aux trois villes est la faible charge utile qui influe négativement sur la productivité. De plus, le coût élevé malgré les aides³³ reste un frein important à son développement.

Se pose aussi la question de l'articulation avec les moyens mis à disposition par l'industrie. Les constructeurs restent réticents à l'idée de développer ce type de véhicules sur des séries importantes, car, comme le note D. Caux de Volvo ATR, le nombre d'entreprises intéressées par ce type de motorisation reste très limité et ne permet de produire en grande quantité afin de réduire les coûts. Ainsi, si les pouvoirs publics cherchent à développer ce type de véhicules, les deux autres acteurs que sont les constructeurs ou les entreprises acheteuses de nouveaux véhicules n'y voient qu'un marché de niche.

En ce qui concerne les véhicules au gaz, l'autonomie n'est pas un facteur limitant, mais l'approvisionnement en carburant reste difficile. En France, compte tenu des conditions de sécurité requises, le nombre de stations-service est très limité. Il faudrait des infrastructures en nombre suffisant afin de mailler l'espace.

Enfin, les loueurs de véhicules industriels peuvent se révéler moteur dans les changements de comportements des entreprises de transport confrontées à la mise en place d'une LEZ. Les loueurs passent des contrats avec les industriels et ont donc, de fait, des flottes très récentes. Ils ne sont donc généralement pas impactés par la mise en place de LEZ. Néanmoins, ils peuvent faire face à une augmentation de la demande au moment où les restrictions débutent. En effet, les transporteurs qui n'ont pas eu les moyens de changer leurs véhicules peuvent faire appel de manière plus ou moins temporaire à la location. Les loueurs sont à l'interface entre la demande du client notamment en termes de performance du véhicule (taille, motorisation, ...) et l'offre proposée des constructeurs. En cas de mise en place de nombreuses LEZ en même temps, l'afflux de demandes chez les constructeurs risque d'être très élevé.

³³ En Suède, 4500 € d'aide sont attribués car le véhicule émet moins de 50g de CO₂/km (Source : Electric Vehicle Initiative et IEA, 2013). Au Royaume-Uni comme en Allemagne, il n'existe pas d'aides spécifiques à l'achat mais les véhicules électriques bénéficient de conditions particulières comme par exemples pour la *LKW-Maut* en Allemagne ou l'accès à la *congestion charging zone*.

Il faudra donc vérifier si les constructeurs sont en mesure de répondre à la demande, d'où l'intérêt d'opérer un phasage dans les restrictions laissant le temps aux entreprises de transport de s'adapter, mais également aux constructeurs et aux loueurs de répondre à leur demande.

2.4. Bilan de la deuxième phase du projet RETMIF

Pour réduire la pollution atmosphérique, de nombreuses villes européennes ont mis en place une zone à émissions réduites. Le transport de marchandises, du fait de sa contribution élevée, est particulièrement visé dans ce type de dispositif. Le travail que nous avons effectué lors de la phase 2 du projet RETMIF a montré que le secteur du transport de marchandises s'est plutôt bien adapté aux restrictions d'accès comme en témoignent les taux élevés de respect dans les trois villes étudiées. Dans ce secteur fragile, les stratégies et les moyens pour les entreprises pour parvenir à la situation actuelle sont très divers suivant la taille de l'entreprise, sa situation financière, et le type de ZER qui a été mis en place. Les petites ont fait face à davantage de difficultés pour acquérir de nouveaux véhicules tandis que les plus grandes ont les moyens d'investir, ou peuvent redéployer leur flotte sans conséquence notable sur leur activité.

Globalement, les opérations urbaines de transport de marchandises dans les trois villes que nous avons étudiées se font au moyen de véhicules plus récents que ceux circulant autour de la zone et on observe le développement de comportements visant à moderniser l'image des transporteurs via des labellisations ou des certifications. Par ailleurs, l'un des éléments forts issus de nos analyses est l'importance des consultations préalables à la mise en place d'une ZER avec les entreprises de transport, leurs représentants et les autorités locales. Les discussions au préalable entre les transporteurs et les autorités ont permis de limiter les impacts négatifs et d'accélérer la mise en œuvre de nouveaux comportements. Les autorités peuvent aussi décider d'accompagner les entreprises par le biais de dérogations comme à Berlin ou d'aides à l'achat.

Remarquons enfin que la mise en place d'une zone à émissions réduites semble diminuer le nombre d'entreprises de transport livrant en ville ; et cette réduction est probablement bénéfique au marché urbain de transport de marchandises, en poussant les acteurs – publics et privés - à agir pour sa modernisation. Cette modernisation est nécessaire car ce marché connaît beaucoup de dysfonctionnements, environnementaux du fait de véhicules anciens jusque là utilisés, ainsi que sociaux du fait d'un grand nombre de très petites entreprises ayant des difficultés à maintenir un niveau suffisant d'activités sans contrevenir aux lois sociales et aux normes de sécurité du secteur. Des mesures structurelles comme celles des zones à émissions réduites distinguant les véhicules utilisés en fonction de leurs émissions représentent vraisemblablement une réponse favorisant la réorganisation du secteur attendue depuis longtemps mais rarement mise en pratique jusque là.

Concluons sur la situation parisienne. Paris, jusqu'en septembre 2015, faisait exception parmi les grandes villes européennes en n'ayant adopté quasiment aucune mesure s'apparentant à une ZER³⁴. En 2013, déjà, la Charte pour une logistique urbaine durable à Paris avait préconisé la fin des livraisons par véhicule Diesel dès 2020. Cet objectif représente bien sûr davantage un signal donné aux acteurs qu'un horizon réaliste, mais il fixe une direction de progrès. Surtout, depuis février 2015, un chemin précis de mesures a été défini visant à limiter progressivement l'accès de Paris aux vieux véhicules. Depuis le 1^{er} septembre 2015, les poids lourds, autocars et bus les plus anciens ont interdiction de circuler. En juillet 2016, les autres véhicules anciens (VUL comme véhicules des particuliers) seront interdits de circulation la semaine. La zone à basses émissions suivra alors le cadre législatif des « Zones à Circulation Restreinte » prévues par l'article 48 de loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte³⁵. Entre 2017 et 2020, les phases d'interdiction se feront de plus en plus restrictives. Paris devrait ainsi rattraper son retard sur les autres villes européennes. Compte tenu de nos analyses effectuées dans les pays voisins, nous préconisons pour la phase de mise en œuvre qui s'ouvre aujourd'hui à Paris une attention particulière portée aux effets sur le trafic et sur le renouvellement du parc, aux effets de frontière et à la nécessité d'avoir une vision métropolitaine et pas seulement municipale ; et enfin au secteur du transport des marchandises en ville, et notamment aux plus petites entreprises de ce secteur. Des actions particulières devront être proposées pour moderniser ce secteur, et il existe des outils pour le faire, dans un sens qui peut être bénéfique à la fois aux professionnels et à la collectivité.

La phase 3 du projet RETMIF, centrée sur la situation parisienne, permettra d'analyser certains impacts potentiels de la future ZCR, au moyen notamment d'entretiens avec des professionnels du transport franciliens ; et d'exercices de simulations des évolutions de trafic et de parcs.

³⁴ Notons cependant que la réglementation parisienne, depuis quelques années, impose l'utilisation de véhicules de marchandises Euro IV pour livrer l'après-midi. Cette règle est peu connue des professionnels et n'est pas appliquée par les forces de police.

³⁵ Loi n°2015-992 du 17 août 2015.

3. Définition de scénarios adaptés à l'Île-de-France et analyse des changements

NB Ce chapitre 3 correspond au travail de phase 3 du projet de recherche RETMIF.

Auteurs : Christophe Rizet, Antoine Montenon, Cécilia Cruz, Leslie Belton-Chevallier, Jonathan Ng Unk Shing.

Dans l'agglomération parisienne, les concentrations de polluants dépassent régulièrement les valeurs limites prescrites par l'Union européenne. En 2013, plus de 9 parisiens sur 10 étaient potentiellement exposés à des niveaux de dioxyde d'azote (NO₂) au-delà de la réglementation européenne (Airparif, 2013). Les pics de pollution en 2014 et 2015 ont fait entrer le sujet au premier plan des débats médiatiques et politiques.

Au-delà des mesures prises ponctuellement lors des pics de pollution, la Ville de Paris souhaite baisser significativement le niveau d'émission des polluants. Plusieurs initiatives ont été menées en ce sens ces dernières années : réduction du nombre de places de stationnement, restrictions horaires et géographiques de circulation pour les poids lourds, mise en place de groupes de travail avec les professionnels de la logistique dont le fameux « 50% (puis 100%) non Diesel », préfiguration d'une ZAPA, etc. Aujourd'hui, la Ville de Paris entend aller plus loin. Sa maire actuelle, Anne Hidalgo, a fait campagne et a annoncé, dès son investiture en 2014, la mise en place d'une zone à circulation restreinte (ZCR) sur le modèle des différentes « Low Emission Zones » (zone à faible émission) LEZ existantes en Europe (cf. phase 1 du projet, paragraphe 1), à Londres, Berlin ou Göteborg (cf. phase 2 du projet, paragraphe 2).

Cette ZCR entraînera des changements dans le transport de marchandises qu'il convient d'évaluer tant d'un point de vue socio-économique que d'un point de vue de la qualité de l'air.

Nous examinerons dans la première partie comment les acteurs se préparent à ce changement, quelles sont les mesures prévues pour leur accompagnement et quels sont les potentiels impacts sur les activités du transport et de la logistique et pourra de fait entraîner une restructuration du secteur. Dans la seconde partie, nous détaillerons les différents scénarios envisagés afin d'en quantifier les effets tant en termes de parc que d'émissions (matières particulaires, oxydes d'azote, dioxyde de carbone et hydrocarbures aromatiques polycycliques).

3.1. La mise en place d'une zone à circulation restreinte à Paris : menaces ou opportunités pour le transport de marchandises en ville ?

Le transport de marchandises est une activité fortement impactée par les mesures de restrictions de circulation de type LEZ/ZER. Avant d'en déterminer les potentielles conséquences, nous allons d'abord préciser les caractéristiques de la ZCR parisienne et les principales dispositions qui l'accompagnent.

3.1.1. Des ZAPA aux ZCR : la mise en place du dispositif et ses incertitudes

La Zone à Circulation Restreinte de Paris dont la première phase est enclenchée depuis le 1^{er} juillet 2015 a pour premier élément de réflexion le processus de définition des Zones d'Actions Prioritaires pour l'Air (ZAPA) qui a été lancé par la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement dite loi « Grenelle II ».

a. Les prémices de la ZER parisienne : des Zones d'Actions Prioritaires pour l'Air au Plan d'Urgence pour la Qualité de l'Air

La loi dite « Grenelle II » a offert, à travers l'introduction de l'article L228-3 du Code de l'environnement, aux communes et groupements de communes de plus de 100 000 habitants, au sein desquels une mauvaise qualité de l'air était avérée, la possibilité d'expérimenter des Zones d'Actions Prioritaires pour l'Air (ZAPA). Ces zones avaient pour objectif d'améliorer la qualité de l'air grâce à la diminution des émissions de polluants atmosphériques liées à la circulation routière.

Financées en partie par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), les études de faisabilité ZAPA avaient pour ambition de déterminer le scénario « optimal » de chaque future ZAPA à appliquer, en jouant notamment sur le périmètre de la zone, les catégories et types de véhicules concernés, etc.

L'optimum devait permettre de « maximise[r] le bénéfice réduction des émissions de polluants, amélioration de la qualité de l'air et diminution du nombre de personnes exposées » et de « minimise[r] le coût nombre de véhicules impactés, de véhicules-kilomètres impactés » (Airparif, 2012). La Ville de Paris et la communauté d'agglomération de Plaine Commune ont fait partie des huit candidats volontaires pour bâtir les scénarios ZAPA.

Pour définir les scénarios, un système de classement des véhicules selon leurs émissions et instauré en France en 2012 (Tableau 15) a été utilisé³⁶.

Tableau 15 : Nomenclature de l'arrêté du 3 mai 2012 établissant la nomenclature des véhicules classés en fonction de leur niveau d'émission de polluants atmosphériques

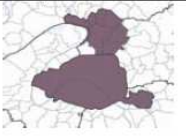
ANNEXE I				
Classification des véhicules en fonction de leur niveau d'émissions de polluants atmosphériques, au titre des articles R.318-2 du code de la route, et de l'article L.228-3 du code de l'environnement				
Classification du GROUPE	DATE DE PREMIERE IMMATRICULATION			
	2 ROUES, TRICYCLES ET QUADRICYCLES A MOTEUR ¹	VOITURES PARTICULIERES ²	CAMIONNETTES ³	POIDS LOURDS, AUTOBUS et AUTOCAR ⁴
1*	Pour les motorisations énumérées aux notes ^{a et b} : Jusqu'au 31 mai 2000 inclus	Pour les motorisations énumérées aux notes ^{a et b} : Jusqu'au 31/12/1996 inclus	Pour les motorisations énumérées aux notes ^{a et b} : Jusqu'au 30/09/1997 inclus	Pour les motorisations énumérées aux notes ^{a et b} : Jusqu'au 30/09/2001 inclus
2*	Pour les motorisations énumérées aux notes ^{a et b} : Entre le 01 juin 2000 et le 30/06/2004 inclus	Pour les motorisations diesel ^b : Entre le 01/01/1997 et le 31/12/2000 inclus	Pour les motorisations diesel ^b : Entre le 01/10/1997 et le 31/12/2000 inclus	Pour les motorisations Diesel ^b : Entre le 01/10/2001 et le 30/09/2006 inclus
3*	Pour les motorisations énumérées aux notes ^{a et b} : Entre le 01/07/2004 et le 30/06/2015 inclus	Pour les motorisations diesel ^b : Entre le 01/01/2001 et le 31/12/2005 inclus	Pour les motorisations diesel ^b : Entre le 01/01/2001 et 31/12/2005 inclus	-
4*	-	Pour les motorisations diesel ^b : Entre le 01/01/2006 et le 31/12/2010 inclus Pour les motorisations énumérées à la note ^a : Entre le 01/01/1997 et le 31/12/2010 inclus	Pour les motorisations diesel ^b : Entre le 01/01/2006 et le 31/12/2010 inclus Pour les motorisations énumérées à la note ^a : Entre le 01/10/1997 et le 31/12/2010 inclus	Pour les motorisations diesel ^b : Entre le 01/10/2006 et le 31/09/2009 inclus Pour les motorisations énumérées à la note ^a : Entre le 01/10/2001 et le 31/09/2009 inclus
5*	Pour les motorisations énumérées aux notes ^{a et b} : A partir du 01/07/2015 Pour les motorisations électriques ^c : quelle que soit la date de première immatriculation	Pour les motorisations énumérées aux notes ^{a et b} : A partir du 01/01/2011 Pour les motorisations électriques ^c : quelle que soit la date de première immatriculation	Pour les motorisations énumérées aux notes ^{a et b} : A partir du 01/01/2011 Pour les motorisations électriques ^c : quelle que soit la date de première immatriculation	Pour les motorisations énumérées aux notes ^{a et b} : A partir du 01/10/2009 Pour les motorisations électriques ^c : quelle que soit la date de première immatriculation

Nota : Les niveaux de pollution des véhicules classés dans ce tableau sont, pour chaque catégorie de véhicules, décroissants depuis le groupe à 1* jusqu'au groupe à 5*, notamment pour les émissions réglementaires d'oxydes d'azote et de particules.

³⁶ Il faut noter que la ministre de l'Ecologie a présenté le mardi 2 juin 2015 lors du Conseil national de l'air une nouvelle classification des véhicules allant d'une pour les véhicules les plus récents et les moins polluants à cinq étoiles pour les véhicules les moins récents et les plus polluants. Les véhicules électriques étant mis dans une catégorie à part. Cette nouvelle classification n'est pas, pour l'instant, retenue par la Mairie de Paris mais risque de poser problème en termes de communication, puisque dans le premier cas, les véhicules les plus polluants sont ceux détenant le moins d'étoiles et dans le second cas, c'est l'inverse.

Entre 2012 et 2013 (Airparif, 2012), trente scénarios ont été établis pour la Ville de Paris, selon les différentes caractéristiques de la zone à définir, et huit ont finalement été étudiés (Tableau 16). Airparif a mené les études de simulation de la qualité de l'air à horizon 2015 selon ces huit scénarios (Airparif, 2012), tandis que la Direction Régionale et Interdépartementale et de l'Équipement et de l'Aménagement d'Île-de-France (DRIEA Île-de-France) évaluaient les impacts sur le trafic (DRIEA, 2012a) et l'Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR) les impacts socio-économiques (APUR, 2012a).

Tableau 16 : Caractéristiques principales des huit scénarios de ZAPA définis par la Ville de Paris

	Véhicules interdits	N°	Périmètre	Nbre de communes	Population (millions)	Superficie (km²)
	3*	1	Paris avec Périphérique	1 commune	2.2	105
	2*	2	Paris avec Périphérique + Plaine Commune	1 commune + 1 agglo (8 communes)	2.5	149
	3*	3	Paris avec Périphérique + Plaine Commune	1 commune + 1 agglo (8 communes)	2.5	149
	2*	4	Paris avec Périphérique + axes autoroutiers radiaux et 86	1 commune + Etat (gestionnaire autoroutes)	2.2	105
	3*	5	Paris avec Périphérique + axes autoroutiers radiaux et 86	1 commune + Etat (gestionnaire autoroutes)	2.2	105
	2*	6	Intérieur de la zone délimitée par A86 A86 inclus	76 communes	4.8	385
	3*	7	Intérieur de la zone délimitée par A86 A86 inclus	76 communes	4.8	385
	3*	8	Intérieur de la zone délimitée par A86 A86 exclue	76 communes	4.8	385

Source : APUR, 2012b

D'après l'APUR (2012a), pour avoir de réels impacts sur la qualité de l'air, le dispositif tel qu'il était proposé aurait nécessité des coûts très élevés pour sa mise en place et le contrôle d'un important nombre de véhicules impactés sur un périmètre d'action nécessairement supérieur à celui de Paris. Se posait également le problème d'absorption des flux de voyageurs se reportant sur les transports en commun. En conséquence, Paris n'a pas remis de proposition concrète de mise en place d'une ZAPA³⁷.

La ministre en charge de l'Écologie de l'époque, Delphine Batho, a finalement jugé que ce dispositif était écologiquement inefficace, « pénaliserait les citoyens les plus modestes » et pourrait être perçu comme « une injustice sociale » (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, 2012). Les ZAPA ont alors été remplacées par les mesures liées au Plan d'Urgence pour la Qualité de l'Air ou PUQA³⁸ (MEDDE, 2013), adopté le 6 février 2013 et piloté par le Comité Interministériel de la Qualité de l'Air (CIQA).

³⁷ Ce fut aussi le cas des six autres agglomérations volontaires, à savoir Plaine Commune, Grand Lyon, Communauté Urbaine de Bordeaux, Grenoble-Alpes Métropole, Clermont Communauté et Pays d'Aix. Nice s'était retiré plus en amont dans le processus et n'a pas réalisé d'étude de faisabilité (cf. rapport de l'ADEME « Zones d'actions prioritaires pour l'air (ZAPA) : synthèse des études de faisabilité réalisées par sept collectivités françaises » téléchargeable sur <http://www.ademe.fr/zones-dactions-prioritaires-lair-zapa-synthese-etudes-faisabilite-realisees-sept-collectivites-francaises>).

³⁸ Cf. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Dossier_de_presse_Plan_d_urgence_pour_la_qualite_de_l_air.pdf

Le PUQA a pour objectif « d'élaborer, conjointement avec les collectivités locales concernées, des solutions concrètes et durables afin d'améliorer la qualité de l'air », et ce « en lien avec l'élaboration des Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) » (MEDDE, 2013). Les PPA « définissent les objectifs et les mesures, réglementaires ou portées par les acteurs locaux, permettant de ramener [...] les concentrations en polluants atmosphériques à un niveau inférieur aux valeurs limites réglementaires » (Code de l'environnement, art. L222-5, 2011).

Le PUQA a défini cinq priorités, déclinées en 38 mesures :

- Favoriser le développement de toutes les formes de transport et de mobilité propres par des mesures incitatives,
- Réguler le flux de véhicules dans les zones particulièrement affectées par la pollution atmosphérique,
- Réduire les émissions des installations de combustion industrielles et individuelles,
- Promouvoir fiscalement les véhicules et les solutions de mobilité plus vertueux en termes de qualité de l'air,
- Informer et sensibiliser nos concitoyens aux enjeux de la qualité de l'air.

Parmi les mesures qui peuvent avoir des conséquences pour le transport de marchandises, trois ciblent plus spécifiquement les véhicules et leur niveau d'émission :

- La mesure n°7, relative à la promotion « des facilités d'accès aux véhicules de marchandises propres, en s'appuyant le cas échéant sur une identification particulière et sur une charte d'engagements volontaires ». Les acteurs locaux sont chargés de la mise en place opérationnelle.
- La mesure n°14, relative au renouvellement « du parc des véhicules les plus émissifs, tout en prenant en compte le pouvoir d'achat des propriétaires de ces véhicules. »
- La mesure n°15, qui vise à « inciter au retrofit des véhicules existants », plus particulièrement les poids lourds et les véhicules utilitaires légers.

Fort de son expérience liée à l'étude de faisabilité ZAPA, la Ville de Paris a mis en place un ensemble de moyens pour faciliter la mise en place de la ZCR, en tentant d'éviter les écueils qui étaient anticipés dans les scénarios ZAPA.

b. La Zone à Circulation Restreinte parisienne : principe et dispositif

La maire de Paris, Anne Hidalgo, a annoncé en décembre 2014 avoir pour objectif d'« éradiquer » d'ici 2020 tous les véhicules Diesel, ainsi que les véhicules essence les plus polluants, de Paris (JDD, 2014). Cette volonté est dans le prolongement direct de la Charte en faveur d'une logistique urbaine durable mise en œuvre par la Mairie de Paris depuis septembre 2013³⁹ (dont notamment le groupe de travail sur le 50% non Diesel, devenu depuis 100% non Diesel). A l'occasion du Conseil de Paris du 9 février 2015, les objectifs ont été précisés par la définition d'une Zone à Basses Emissions sur un principe similaire aux ZAPA (Mairie de Paris, 2015b). Nous retiendrons le terme ZCR (zone à circulation restreinte) dans le reste du document.

La zone d'application décrétée dans l'Arrêté n°2015 P 0212 est Paris intra-muros, à l'exception du boulevard périphérique, des bois de Boulogne et de Vincennes. Les bois ont déjà une réglementation stricte liée à la circulation, par exemple les poids lourds dont le PTAC est supérieur à 3,5 tonnes n'ont pas le droit de circuler sauf dérogation. Ainsi, la zone a donc une superficie d'environ 83 km².



Figure 72 : Les contours de la Zone à Basses Emissions de Paris

Source : Openstreetmap, adapté par les auteurs

³⁹ <http://next.paris.fr/viewmultimediacdocument?multimediacdocument-id=25947>

Le but de la ZCR est de limiter l'entrée dans Paris des véhicules les plus polluants. Notons que les mesures concernent autant les véhicules particuliers qu'utilitaires (légers ou lourds). Les deux-roues motorisés sont également visés.

L'interdiction sera progressive et se déroulera selon le calendrier suivant :

- 1^{er} juillet 2015 : interdiction des véhicules poids lourds (y compris les bus et les cars) les plus polluants de la catégorie 1 étoile, c'est-à-dire mis en circulation avant le 1^{er} octobre 2001 (donc Euro 0 à 2) de 8h à 20h, du lundi au dimanche.
- 1^{er} juillet 2016 : L'interdiction de circulation s'applique à tous les véhicules 1 étoile. En plus des poids lourds, les véhicules particuliers et les véhicules utilitaires légers mis en circulation avant le 1^{er} octobre 1997 (donc Euro 1) sont interdits de circuler dans Paris intra-muros du lundi au vendredi. La règle vaut également pour les deux-roues motorisés mis en circulation avant le 31 mai 2000 (donc Euro 1).
- D'ici 2020, les véhicules 2, 3 puis 4 étoiles seront progressivement interdits dans la capitale. Par correspondance, les véhicules aux normes Euro 2, 3 puis 4 seront petit à petit interdits.

En moins de 5 ans, seuls les véhicules les moins polluants et donc les plus récents répondant aux normes Euro 5 ou 6 seront autorisés dans Paris. Le plan d'action peut sembler brutal ou en tout cas très rapide dans sa mise en œuvre. De fait, il est assez similaire à ce qui a pu être fait à Londres (4 ans) ou Berlin (7 ans) dont les dernières étapes datent respectivement de 2012 et 2015 (Montenon et Dablan, 2014 ; Montenon et al., 2015).

La ZCR parisienne ne concerne pas spécifiquement le transport de marchandises ou les véhicules qui le permettent. Elle cible toutes les catégories de véhicules. Néanmoins, que ce soit en Véhicules Utilitaires Légers (VUL) ou en Poids Lourds (PL), le secteur du transport de marchandises va être fortement impacté par ces mesures qui prolongent et complètent le règlement marchandises de la Ville de Paris en date du 1^{er} janvier 2007⁴⁰. Ce règlement dessine d'ores et déjà des restrictions de circulation aux véhicules considérés comme les plus polluants. Ainsi, seuls les véhicules dits propres de moins de 29 m² (max. 1 essieu) ont l'autorisation de livrer 24 h /24. Sont considérés comme propres les véhicules électriques, gaz ou hydrides ainsi que les véhicules thermiques répondant à la norme Euro 5 (règle valable depuis le 1^{er} octobre 2010). Les autres véhicules n'ont pas le droit de circuler de 17h à 22h pour les moins de 29 m² et de 7h à 22h pour les véhicules avec un volume compris entre 29 m² et 43 m² (PL 2 essieux). De nombreuses dérogations permanentes et automatiques sont accordées aux transports de fonds, à l'approvisionnement des marchés, à la livraison de farine, aux camions citerne, etc. Les restrictions sont au final plutôt limitées mais contraignent tout de même l'activité des transporteurs. Elles dessinent les premiers éléments de la ZER parisienne actuelle, c'est-à-dire un périmètre spatial et temporel d'interdiction. De fait, quelques LEZ européennes ont un périmètre temporel d'interdiction : Milan (AreaC), Prague (*Nizkoeminnostní Zóna* pour les plus de 3,5 t de PTAC) ou Lisbonne. Mais ce principe ne semble pas être le plus diffusé dans les ZER existantes. Dans le cas parisien, la définition d'un tel périmètre temporel présente l'avantage de s'inscrire dans la continuité du règlement existant en passant d'un cadre incitatif (s'équiper en véhicule propre pour livrer quand on veut) à un cadre plus restrictif (interdiction des véhicules polluants, non « propres »). On peut préciser que la 1^{ère} phase en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2015 ne s'applique finalement qu'aux cars et aux bus les plus polluants, les PL dits « polluants » n'ayant déjà pas le droit de circuler entre 7h et 22h.

Le contrôle prévu est un contrôle classique des papiers par les forces de police municipale. L'amende prévue est de 35 €, ainsi qu'une immobilisation du véhicule. Il est prévu par la suite de passer au système de vignettes qui devrait être mis en place par décret d'application de l'article 48 de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte⁴¹. L'idée est de simplifier ce contrôle, même si le passage au nouveau système pourra induire des confusions chez les utilisateurs (cf. note de bas de page n°36). Plusieurs discussions avec la mairie nous ont appris qu'à terme, un système de contrôle électronique par puce RFID⁴² implantée dans les véhicules serait envisagé, grâce à des capteurs du même type que ceux implantés dans les portails mis en place pour le dispositif écotaxe, suspendu en 2014.

Au-delà de la définition juridique de la ZER parisienne et de ses mesures restrictives, la Ville a pris un ensemble de mesures spécifiques afin d'inciter les particuliers et les professionnels à remplacer leurs véhicules les plus polluants. Plusieurs modes d'accompagnements ont été prévus par le programme de Zone à Basses Emissions (puis Zone à Circulation Restreinte) et renforcent les mesures déjà existantes. Les mesures qui concernent le plus directement le transport de marchandises sont orientées autour de 3 axes : l'amélioration des infrastructures pour développer l'usage de véhicules dits « propres » (électriques et gaz, ainsi qu'hybrides rechargeables), des incitations réglementaires à l'usage de ces mêmes véhicules et des aides financières spécifiques pour les professionnels.

⁴⁰ Délibération 2006 V.435 du Conseil Municipal de Paris, 1^{er} décembre 2006 : http://a06.apps.paris.fr/a06/jsp/site/Portal.jsp?page=ods-solr.display_document&id_document=92341&items_per_page=100&sort_name=&sort_order=&terms=r%C3%A8glement%20marchandises&query=r%C3%A8glement%20marchandises&fq=conseil_string%3AConseil%20municipal&fq=type%3AD%C3%A9liberation

⁴¹ Cf. dispositif Crit'Air sur <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Un-certificat-qualite-de-l-air,43566.html>

⁴² Radio Frequency Identification, ou radio-identification. Cette puce est présente par exemple dans les systèmes de paiement sans contact, dans les cartes de transport ou les télépéages.

Sur le plan des infrastructures, la Mairie de Paris en lien avec la Chambre de Commerce et de l'Industrie (CCI) a développé et entend poursuivre ces actions pour favoriser le report modal vers des modes moins émissifs. Ainsi, dans la continuité d'Autolib', un service d'autopartage d'utilitaires électriques a été mis en place à destination des petits professionnels : Utilib'⁴³. La CCI avait constaté que plusieurs d'entre eux, notamment des commerçants et des restaurateurs, utilisaient les Autolib' pour s'approvisionner en marchandises. On notera que la charge utile de ces véhicules en autopartage est faible (230 kg pour 0,9 m³ de coffre) et correspond à des usages ponctuels notamment pour des commerçants s'approvisionnant sur le marché de Rungis. Les dimensions du véhicule sont peu adaptées à une activité de transports de marchandises comme activité principale. Néanmoins, d'autres avantages sont affichés pour les professionnels mobiles, notamment une autonomie de 250 km et la gratuité du stationnement. D'autres développements sont prévus dans le plan anti pollution de Paris⁴⁴ (Mairie de Paris, 2015c) : des espaces de remisage et de recharge pour les véhicules utilitaires légers électriques, un réseau de bornes de recharge électrique pour tous les véhicules (notamment via les copropriétés résidentielles⁴⁵), un réseau d'avitaillement en GNV, etc.

D'un point de vue réglementaire, les incitations concernent l'autorisation de stationnement pour les professionnels détenteurs d'une carte Véhicule Basse Emission en plus de leurs cartes de stationnement éventuelles (mobile ou sédentaire). Cette carte donne le droit à la gratuité du stationnement et constitue également une incitation financière. Elle concerne l'ensemble des véhicules électriques, GNV ou hybrides rechargeables non Diesel (émettant moins de 60 g de CO₂ par km). Si elle est gratuite, précisons que les cartes de stationnement professionnelles auxquelles elle doit être accolée le sont également⁴⁶. Enfin, seuls les professionnels inscrits au registre du commerce et des sociétés de Paris ou en Petite Couronne peuvent y prétendre. Nous verrons que ces lieux concentrent la majeure partie des implantations d'entreprises de transport de marchandises dans le paragraphe 3.2.

Les incitations logiques à la détention de véhicules à faibles émissions renvoient à leur autorisation de circuler dans la ZCR. Néanmoins, pour le transport de marchandises en particulier, le règlement marchandises de la ville adopté en 2007 prévoyait déjà des aménagements spécifiques pour les véhicules propres de moins de 29 m² (cf. plus haut). De fait, ces derniers ont le droit de livrer 24h/24 dans Paris intra-muros.

Pour finir, la Mairie de Paris a prévu un plan de financement et d'aides ambitieux à destination des petits professionnels afin qu'ils renouvellent leurs véhicules anciens et polluants par des véhicules à faibles émissions. En l'occurrence, les articles 2 et 3 de la disposition 2015 DVD 117 du Conseil Municipal de Paris⁴⁷ stipulent :

« Article 2 : Cette aide est octroyée aux professionnels uniquement dans le cas d'un remplacement d'un véhicule utilitaire classé 1*, 2* ou 3* par un véhicule utilitaire à motorisation électrique ou GNV. Ce véhicule peut être neuf ou d'occasion. Il peut être l'objet d'une acquisition ou d'un contrat de location longue durée ou location avec option d'achat. Un seul véhicule par entreprise peut être subventionné pour le présent dispositif.

Article 3 : Le montant de l'aide est fixé à 15% du prix d'achat du véhicule HT hors option et hors éventuel bonus de l'État, dans la limite de :

- 3 000 € pour un Véhicule Utilitaire Léger (VUL) électrique ou GNV dont le Poids Total Autorisé en Charge (PTAC) est inférieur ou égal à 2,5 tonnes ;
- 6 000 € pour un Véhicule Utilitaire Léger (VUL) électrique ou GNV dont le Poids Total Autorisé en Charge (PTAC) est strictement supérieur à 2,5 tonnes ;
- 9 000 € pour un Poids Lourd (PL) électrique ou GNV. »

Seules les petites entreprises de 9 salariés ou moins sont éligibles à cette aide dans la limite d'un seul véhicule et sous condition de contreparties diverses. Ainsi le bénéficiaire de cette aide doit conserver son véhicule pendant une durée minimum de trois ans et s'engager à ne pas acheter de véhicule thermique 4 étoiles ou inférieur. Pour les plus « fragiles », des propositions de crédit préférentiel pourront être effectuées afin de financer le montant non subventionné. Cependant l'aide reste limitée à un seul véhicule, les entreprises détenant plusieurs véhicules auront une aide que pour une partie de leur flotte. Que feront-elles de leurs autres véhicules ? L'aide de la Mairie de Paris complète le bonus écologique, d'un montant de 6 300 € (jusqu'à 27% du montant total d'acquisition) pour l'achat ou la location longue durée d'un véhicule émettant 20g ou moins de CO₂ par km (c'est-à-dire un véhicule électrique) ou d'un montant de 4 000 € (dans la limite de 20% du coût d'acquisition) pour un véhicule émettant entre 21 et 60 g de CO₂ par

⁴³ <https://www.autolib.eu/fr/offres-et-tarifs/utilib/>

⁴⁴ <http://presse.paris.fr/wp-content/uploads/2015/02/Dossier-de-presse-Plan-Anti-pollution1.pdf>

⁴⁵ Délibération 2015 DVD 106-4 du Conseil Municipal de Paris, 9-11 février 2015.

http://a06.apps.paris.fr/a06/jsp/site/plugins/solr/modules/ods/DoDownload.jsp?id_document=122682&items_per_page=20&sort_name=&sort_order=&terms=DVD&query=DVD&fq=seance_string%3AFEVRIER%202015

⁴⁶ Cf. Délibération 2015 DVD 13, p.3

http://a06.apps.paris.fr/a06/jsp/site/plugins/solr/modules/ods/DoDownload.jsp?id_document=122887&items_per_page=20&sort_name=&sort_order=&terms=GNV&query=GNV&fq=seance_string%3AMARS%202015

⁴⁷ Cf.

http://a06.apps.paris.fr/a06/jsp/site/plugins/solr/modules/ods/DoDownload.jsp?id_document=122855&items_per_page=20&sort_name=&sort_order=&terms=GNV&query=GNV&fq=seance_string%3AMARS%202015

km (c'est-à-dire un véhicule hybride rechargeable)⁴⁸. Par contre, les professionnels ne peuvent prétendre au nouveau bonus écologique mis en place depuis le 1^{er} avril 2015. Si ce bonus d'un montant maximal de 3 700 € est attribué en remplacement d'un véhicule Diesel immatriculé avant 2001, il ne s'applique pas aux véhicules utilitaires légers et a fortiori aux poids lourds comme le précise le décret n°2014-1672 du 30 décembre 2014 instituant une aide à l'acquisition et à la location de véhicules peu polluants^{49,50} (actualisé le 1^{er} avril 2015).

Il est d'ores et déjà important de souligner que les aides nationales et parisiennes se cumulent uniquement pour l'achat d'un véhicule électrique. Pour les autres types de véhicules, elles ne sont pas compatibles. Ainsi, pour la tranche inférieure de bonus, l'Etat aide surtout à l'achat de véhicules hybrides rechargeables, les moins émetteurs en CO₂. Pour les véhicules qui roulent au Gaz Naturel pour Véhicule (GNV), la réduction en termes de CO₂ reste faible : entre 2,5 % et 8,4 % suivant la taille du véhicule (Rizet et al., 2014a). A titre d'exemple, l'utilitaire Mercedes-Benz Sprinter émettrait 219 g de CO₂ par km (données constructeur) et est donc même sujet à un malus écologique alors que son acquisition serait subventionnée par la Mairie de Paris. A l'inverse, la Mairie de Paris aide uniquement à l'achat (ou à la location longue durée) de véhicules électriques ou roulant au GNV. Les véhicules hybrides, y compris rechargeables, ne font pas partie du dispositif. Ces choix et leurs incompatibilités sont sources d'incertitudes vis-à-vis de ces aides et de leur mise en œuvre, plus généralement de la mise en œuvre de la ZER parisienne.

c. Quelques incertitudes autour de la mise en œuvre de la ZCR : le rôle de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte et du Grand Paris

Les incertitudes autour du fonctionnement de la ZCR sont non négligeables à l'heure de la rédaction de ce document (août 2015) même si le plan d'action semble très précis dans le discours et la communication des élus.

D'abord, les modalités d'application et les mesures d'accompagnement de cette ZCR seront fortement dépendantes de la loi sur la transition énergétique votée en dernière lecture le 22 juillet 2015 et de ses décrets d'application. Les articles 48 et 49 de cette loi instaurent et précisent les zones à circulation restreintes et leurs modalités. Cependant, la loi laisse au Conseil d'Etat le soin de définir les véhicules dont il ne saurait être question de restreindre l'accès à ces zones :

« Après consultation des représentants des catégories professionnelles concernées, un décret en Conseil d'Etat précise les modalités d'application du présent article, notamment les catégories de véhicules, y compris de transport collectif de personnes, dont la circulation dans une zone à circulation restreinte ne peut être interdite, ainsi que les modalités selon lesquelles des dérogations individuelles aux mesures de restriction peuvent être accordées »

Ainsi la Mairie de Paris pourrait se retrouver contrainte en la matière. Le fait que peu de dérogations soient encore précisées à l'heure où nous écrivons ces lignes marquent la volonté de la Mairie de Paris d'attendre les décrets d'application de cette loi et ce décret d'état en particulier. Dans le même ordre d'idée, rien ne dit, pour encore, que la Mairie de Paris et la loi sur la transition énergétique aient la même définition de ce qu'est un véhicule « propre ». Or, dans le cadre de la ZCR, la Mairie de Paris met en place plusieurs actions en faveur des véhicules dits propres : gratuité du stationnement (carte véhicule basse émission), aides⁵¹ en faveur de l'achat ou de la location longue durée pour les petits professionnels (moins de 10 salariés). En l'occurrence, pour la Mairie de Paris, un véhicule propre ou basse émission est un véhicule :

- Electrique, GNV ou hybride rechargeable non Diesel émettant moins de 60 g de CO₂ au km (carte de stationnement basse émission) ;
- Electrique ou GNV (aide pour l'acquisition de véhicules propres).

Dans la loi sur la transition énergétique du 22 juillet 2015, la définition d'un véhicule propre ou « à basses émissions » (selon la Mairie de Paris) pourrait être plus extensive :

« des véhicules à faibles émissions définis comme les véhicules électriques ainsi que les véhicules de toutes motorisations et de toutes sources d'énergie produisant de faibles niveaux d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, fixés en référence à des critères définis par décret. » Titre III, Chapitre 1^{er}, Article 37 (L224-8)⁵².

⁴⁸ Le bonus est ensuite dégressif en fonction du niveau d'émission en grammes de CO₂ par km. Au-delà de 200 g de CO₂ émis par km, le bonus se transforme en malus.

⁴⁹ <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000030001418&categorieLien=cid>

⁵⁰ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Voitures-electriques-et-hybrides>

⁵¹ <http://www.paris.fr/actualites/professionnels-une-aide-pour-acquerir-des-vehicules-propres-2273>

⁵² <http://www.assemblee-nationale.fr/14/pdf/ta/ta0575.pdf>

De fait, le décret définissant ce qu'est un véhicule basse émission pourra être plus large que les critères définis par la Mairie de Paris. Plus précisément, les véhicules les moins polluants pourraient être définis en normes Euros dans la continuité des directives européennes. Or la Mairie de Paris fait reposer tout son dispositif sur une qualification en étoiles. Certes, des équivalences existent entre les deux systèmes. Mais leur coexistence peut rendre la lecture du dispositif parisien plus complexe, notamment si les normes Euro sont davantage utilisées (par les constructeurs par exemple). Aussi, la définition même d'un véhicule non polluant ou faiblement émetteur (ou encore « propre ») est sujette à discussion et à débat dans la confrontation des mesures parisiennes et des décrets d'application de la loi sur la transition énergétique, ce qui pourraient amender ou redéfinir la portée des premières.

Une autre incertitude quant à la définition de la ZCR parisienne tient à son périmètre géographique. Pour l'instant, le territoire de la ZCR est limité aux limites de Paris, hors boulevard périphérique et bois (Vincennes et Boulogne) qui disposent de leurs propres restrictions de circulations. Nos rencontres avec la Maire de Paris et sa Direction Voiries Déplacements tendent à montrer la volonté des élus parisiens de dépasser ce cadre géographique et de l'étendre au périmètre de la Métropole du Grand Paris (MGP) qui sera créée au 1^{er} janvier 2016 (Figure 73). Conformément à ce qui a été vu pour les ZAPA, un périmètre plus large permettrait alors une plus grande efficacité du dispositif pour améliorer la qualité de l'air.

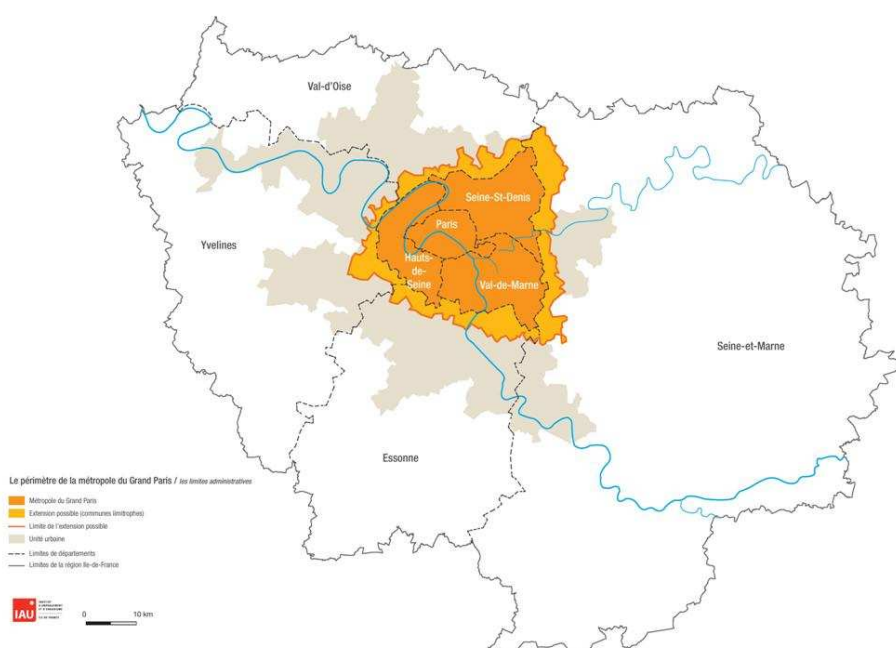


Figure 73 : Les délimitations de la métropole du Grand Paris et ses extensions possibles.
Source : IAU IDF

La MGP détiendra la compétence en matière de protection de l'environnement et du cadre de vie et notamment de lutte contre la pollution de l'air⁵³ puisqu'en vertu de la loi de Modernisation de l'Action Publique Territoriale et de l'Affirmation des Métropoles (MAPTAM) du 19 décembre 2013 il s'agit d'une compétence obligatoire. Pour l'heure, tous les EPCI dans le périmètre de la MGP n'ont pas choisi de mettre en œuvre cette compétence (Figure 74).

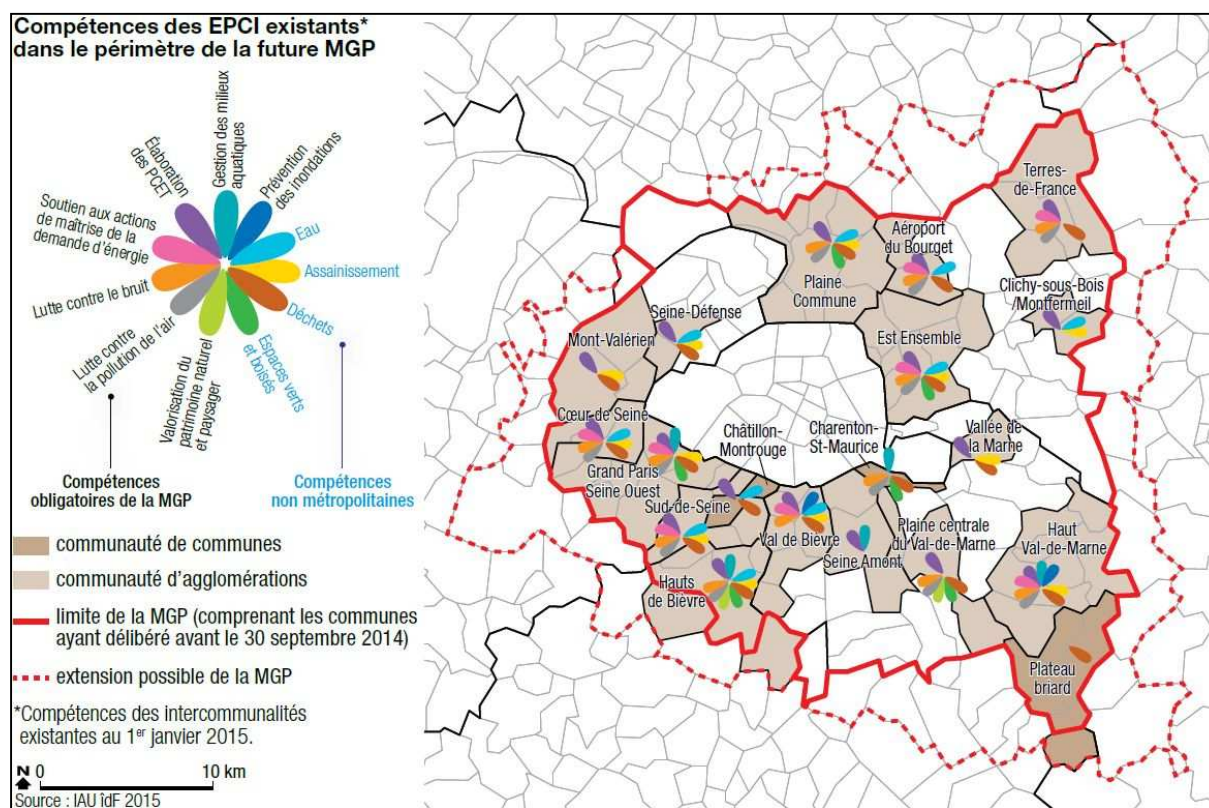


Figure 74 : Compétences des EPCI existants dans le périmètre de la future MGP

Source : IAU IDF

La mise en place de cet échelon de gouvernance pourrait constituer une opportunité pour l'élargissement de la ZER, notamment au vu des concentrations de polluants qui vont bien au-delà du boulevard périphérique voire même des limites prévues pour la MGP (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Cependant, pour mettre en place des restrictions de circulations au sein de la MGP, il faudrait que le territoire ait les ressources et les compétences pour ce faire, notamment de police. Or, les recettes versées à la MGP ne sont prévues qu'à partir de 2020 et la compétence des transports ne sera pas dans les prérogatives de la MGP. La création de la MGP ne pourra aboutir qu'à une action très limitée sur la circulation puisque toutes les décisions devront être menées de concert avec les autorités locales. Aussi, la création de la MGP ne fera qu'ajouter un échelon administratif supplémentaire sans impact notable sur l'organisation du transport routier de marchandises et de la logistique.

⁵³ Source : <http://www.ile-de-france.gouv.fr/gdparis/Metropole-du-Grand-Paris/Competences-detaillees-de-la-Metropole-du-Grand-Paris> Consultée le 27 juillet 2015

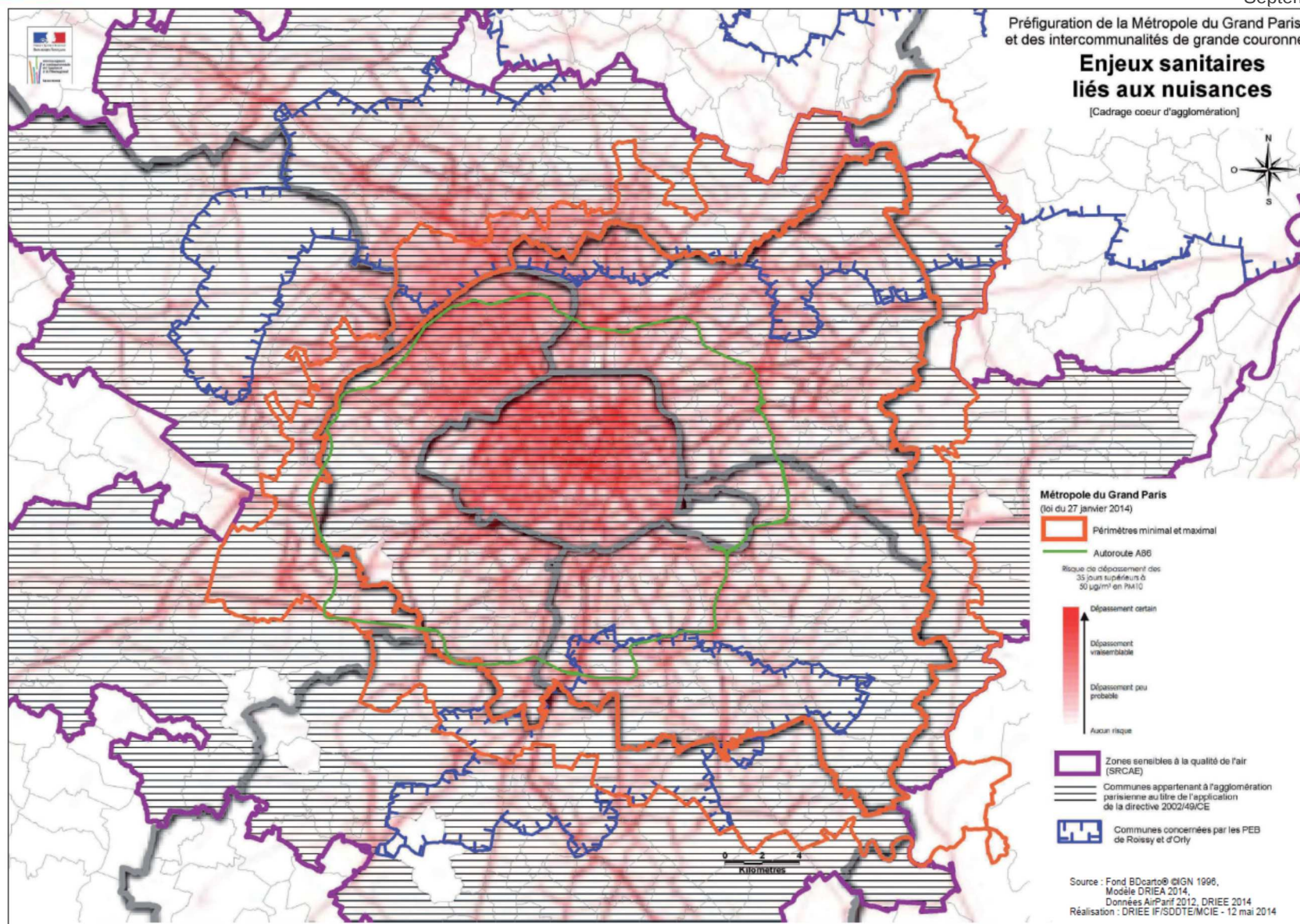


Figure 75 : Cartographie du risque de dépassement des 35 jours supérieurs à 50 µg/m³ en PM10 sur le territoire de la Métropole du Grand Paris
Source : DRIEA ÎdF, 2014

Au-delà du cadre législatif et réglementaire de la ZCR parisienne, il convient à présent d'évaluer ses impacts socio-économiques en termes de transport de marchandises. Si l'objectif environnemental d'une ZER est de réduire les émissions dont les transports routiers sont de forts contributeurs, la mise en place effective de telles restrictions de circulation pourraient avoir de fortes conséquences sur les professionnels du transport de marchandises, tant sur le plan économique qu'organisationnel ou social. A la lumière des études de cas réalisées en Europe (Londres, Berlin et Göteborg), d'exploitations cartographiques et d'entretiens réalisés auprès d'acteurs du transport de marchandises, nous tenterons de qualifier plus finement les impacts potentiels non environnementaux, c'est-à-dire sociaux et économiques, de la mise en place d'une ZER à l'échelle parisienne. Avant de voir comment les professionnels du transport de marchandises appréhendent la ZER, il nous est apparu important de dresser un état des lieux quant à la localisation des transporteurs dans l'agglomération parisienne afin de saisir lesquels seront plus particulièrement visés par le dispositif.

3.1.2. La localisation des entreprises de transport à l'épreuve de la future ZCR : les acteurs les plus faibles au cœur de la zone

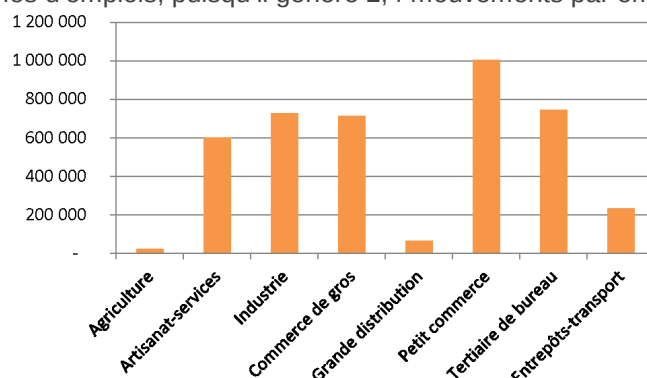
a. Etat des lieux de la logistique urbaine

En Île-de-France comme dans les autres régions françaises, la route constitue le premier mode de transport pour les marchandises : 197 millions de tonnes en 2010⁵⁴ soit d'après une estimation faite par la DRIEA (2012), environ 87 % des tonnages transportés.

Les récentes enquêtes sur le transport de marchandises en ville pilotées par le LET (Laboratoire d'Economie des Transports), dites enquêtes TMV, qui ont eu lieu en Île-de-France en 2011 permettent de donner quelques éléments de contexte sur ce territoire. Chaque semaine, 4,1 millions d'enlèvements et de livraisons sont effectués. Ce chiffre élevé s'explique par les fortes concentrations de population dans cette région. Ces enlèvements et livraisons sont majoritairement le fait d'entreprises où le transport n'est qu'une activité secondaire puisque 56 % des mouvements (enlèvements et livraisons) ont été réalisés en compte propre contre 44 % en compte d'autrui (effectués par des entreprises de transport). La part du transport pour compte propre reste élevée, car de nombreux commerçants s'approvisionnent au marché de Rungis avec leurs propres véhicules et les commerces de gros, autre secteur ayant fortement recours au compte propre, ne souhaitent pas externaliser cette prestation pour des raisons de qualité de service (Cruz, 2010).

Suivant les catégories d'activité, il existe de fortes variations dans le nombre de mouvements hebdomadaires (Figure 76 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ainsi le petit commerce génère près d'un quart des mouvements hebdomadaires (24 %) tandis que le secteur Transports et Entrepôts ne génère que 6% des opérations. Rapporté au nombre d'emplois, le secteur du transport reste toutefois plus générateur de mouvements : près de 5 mouvements par semaine et par emploi contre 1,7 pour le secteur du petit commerce. Le petit commerce génère de nombreux mouvements en raison d'un nombre d'emplois élevé et constitue, de ce fait, une population sensible aux changements liés à la mise en place d'une ZCR. La Mairie de Paris ne cible d'ailleurs pas ses aides sur les transporteurs mais prend en considération plutôt un critère de taille (moins de 10 salariés), ce qui semble aller dans le sens d'une préservation du petit commerce.

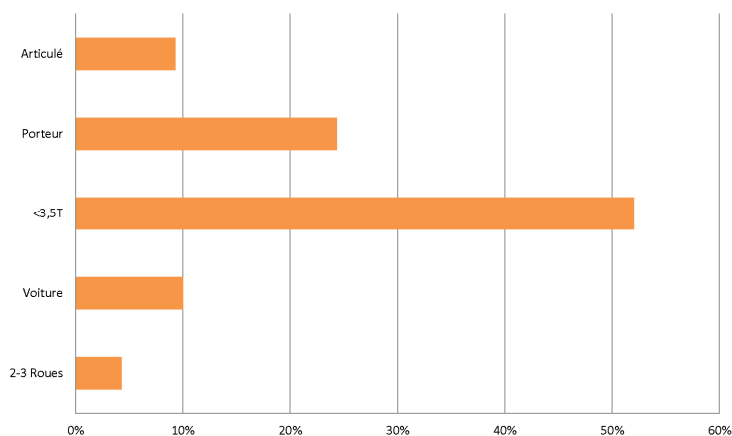
Tout comme pour le petit commerce, le tertiaire de bureau génère un faible nombre de mouvement par emploi : seulement 0,2 mouvement par semaine. A l'inverse, le commerce de gros est davantage générateur de mouvements par rapport à son poids en termes d'emplois, puisqu'il génère 2,4 mouvements par emploi et par semaine.



⁵⁴ Source : Données i-SITRAM

Figure 76 : Nombre de livraisons et enlèvements hebdomadaires selon les secteurs d'activités en Île-de-France en 2011.*Source : Enquêtes TMV, LET, 2014*

Pour effectuer les livraisons, les véhicules utilisés sont majoritairement des VUL (moins de 3,5 t) avec près de 50 % des opérations réalisées (Figure 77). L'usage de petits véhicules semblent se renforcer dans les villes françaises, la part des VUL a augmenté depuis les dernières enquêtes TMV dans les années 1990 (Routhier, 2014).

Répartition des opérations par semaine selon le type de véhicule (données redressées)*Source : LET, ETMV IDF, 2014***Figure 77 : Répartition des opérations effectuées en Île-de-France durant une semaine en fonction du type de véhicule en 2011.***Source : Enquêtes TMV, LET, 2014*

Les véhicules utilisés en ville sont en général plus anciens. Ceci se vérifie à Paris puisque une enquête portant sur 3 200 PL et 13 000 VUL pointe que 20 % des PL et 11% des VUL en circulation à Paris et sur les routes de type autoroutier sont de norme inférieure à Euro III (autrement dit vendus avant 2001). Ceci s'explique par une part élevée de compte propre, dans ce type d'organisation, le renouvellement des véhicules est moins fréquent. Un autre élément de réponse peut être apporté par les forts taux de sous-traitance notamment auprès de très petites entreprises (Rème-Harnay et al., 2014).

b. La localisation des entreprises de transport routier

Les aides mentionnées dans le b/ du paragraphe 3.1.1 sont soumises à deux critères : une localisation dans Paris et sa petite couronne et une taille de l'entreprise inférieure à 10 salariés. Pour mieux comprendre l'organisation du transport routier de marchandises en Ile-de-France, nous avons procédé à une cartographie d'une partie de ses acteurs : les établissements de transport routier et ceux de messagerie. Bien que le transport pour compte propre soit très utilisé, nous n'avons pas procédé à la cartographie des secteurs d'activité autres que le transport routier de marchandises, car la base de données utilisée (Fichier Sirene de l'Insee) ne nous permet pas d'identifier les établissements détenant un parc propre.

La Figure 78 présente la répartition des implantations des établissements de transport routier de marchandises⁵⁵. Ces derniers sont majoritairement localisés à Paris et en petite couronne ou lorsqu'ils sont plus éloignés, à proximité des échangeurs autoroutiers. Bien qu'on observe un desserrement logistique (Dablanc et Andrianakaja, 2011), les établissements de transport routier restent eux dans le centre ou proches de celui-ci.

⁵⁵ Transports de proximité (49.41A) et transports interurbains (49.41B).

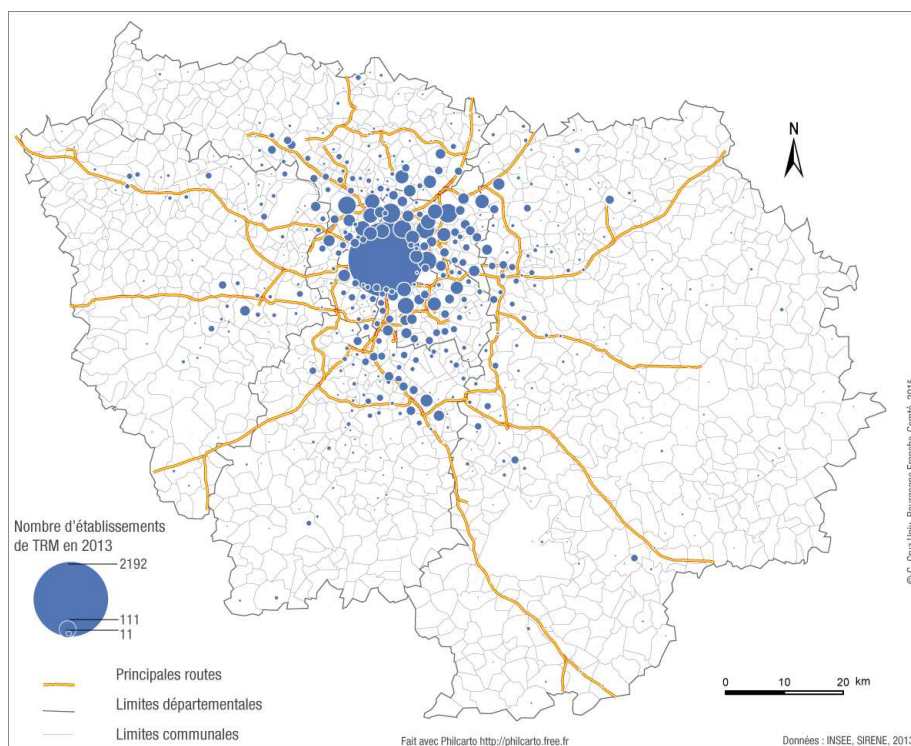


Figure 78 : Les établissements du transport routier de marchandises en Ile-de-France en 2013.
 Source : Données SIRENE, INSEE, Auteurs, 2015

Le secteur du transport routier est très atomisé, puisqu'il est majoritairement composé de petits établissements : 90% des établissements ont moins de 10 salariés. Ces petits établissements se localisent majoritairement proche du centre de Paris (figures 79 à 81). Pour les établissements plus grands – 10 à 49 salariés (Figure 82) et plus de 50 salariés (Figure 83) – ils sont davantage présents dans les départements de grande couronne (Figure 79) où le foncier disponible est plus important permettant l'implantation de grands bâtiments nécessaires pour de plus grandes structures.

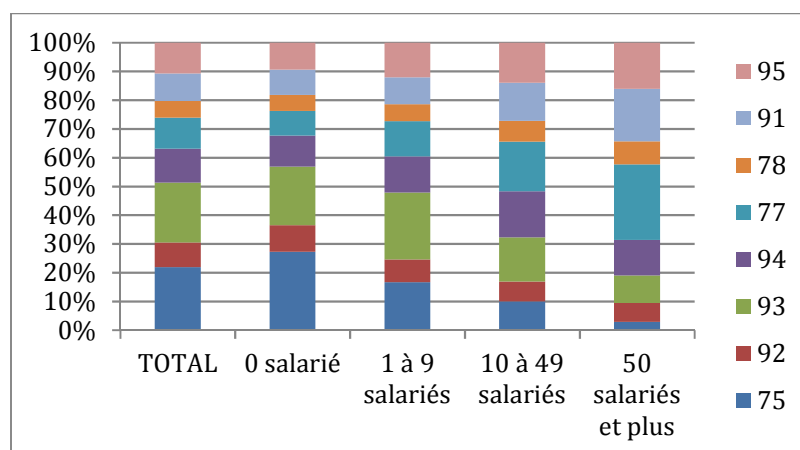


Figure 79 : Répartition des établissements du transport routier de marchandises en fonction de leur taille et de leur département d'Ile-de-France en 2013.
 Source : Données SIRENE, INSEE – Calculs auteurs

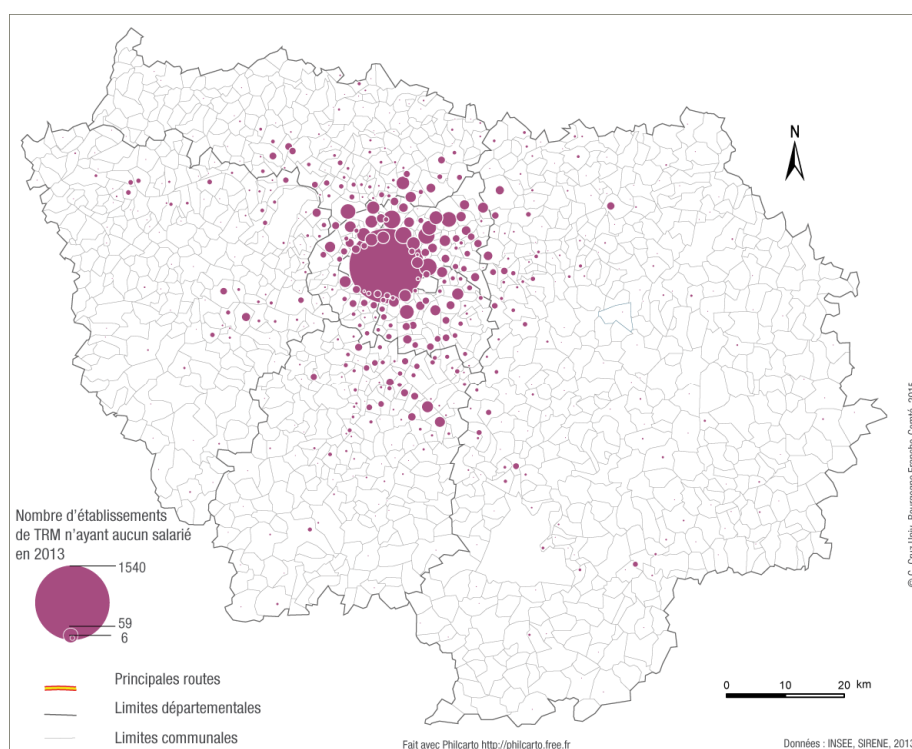


Figure 80 : Les établissements du transport routier de marchandises n'ayant aucun salarié en Ile-de-France en 2013.
Source : Données SIRENE, INSEE, Auteurs, 2015

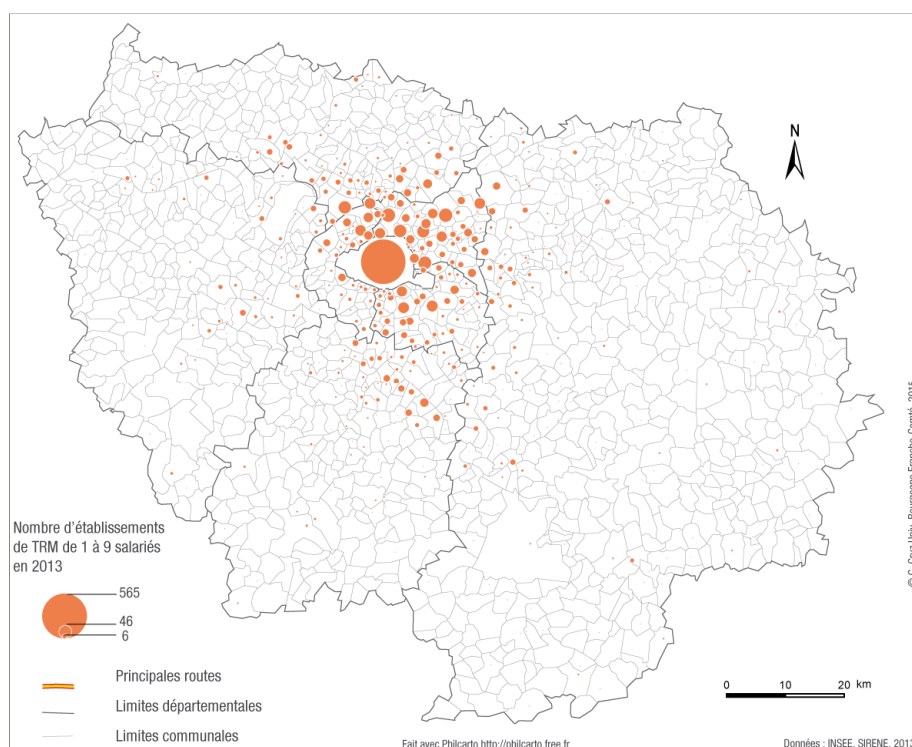


Figure 81 : Les établissements du transport routier de marchandises (1 à 9 salariés) en Ile-de-France en 2013.
Source : Données SIRENE, INSEE, Auteurs, 2015

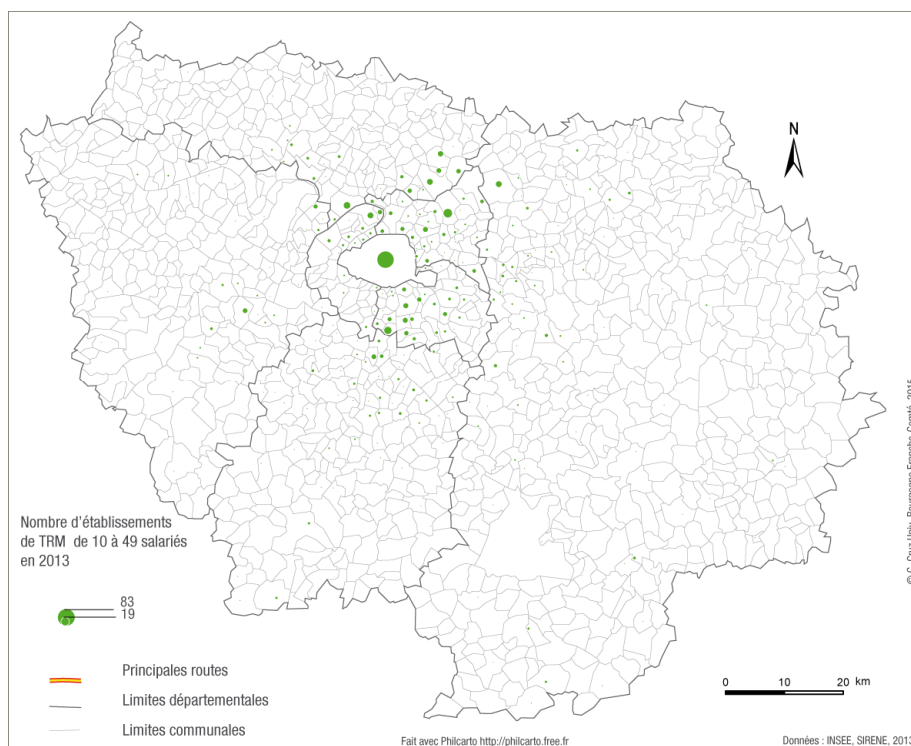


Figure 82 : Les établissements du transport routier de marchandises (10 à 49 salariés) en Ile-de-France en 2013.
Source : Données SIRENE, INSEE, Auteurs, 2015. Source : Données SIRENE, INSEE, Auteurs, 2015

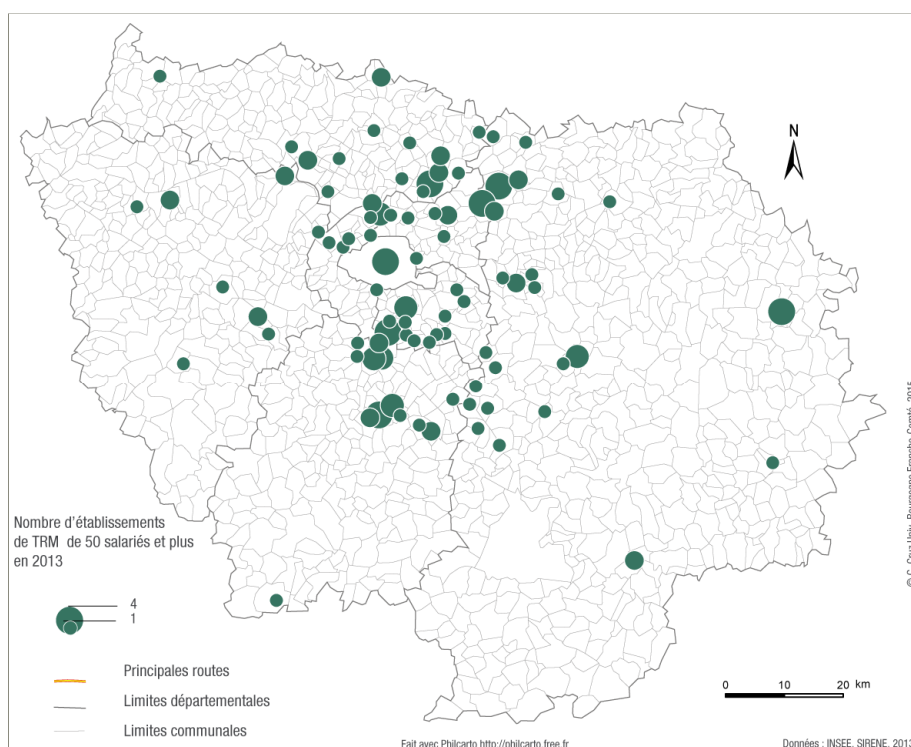


Figure 83 : Les établissements du transport routier de marchandises (plus de 50 salariés) en Ile-de-France en 2013.
Source : Données SIRENE, INSEE, Auteurs, 2015

Les petits établissements (moins de 10 salariés) sont majoritairement localisés dans Paris ou en petite couronne (65%). Les aides proposées par la Mairie semblent donc être adéquates pour les établissements potentiellement éligibles. Cependant, un certain nombre de communes proches de la petite couronne comporte un nombre significatif de très petits établissements. Ainsi, Argenteuil, situé dans le Val-d'Oise (95) compte 116 établissements de moins de 10 salariés, ce qui représente 5,5 % des petits établissements de la région. Les établissements qui souhaitent bénéficier des aides devront se relocaliser en petite couronne afin de pouvoir bénéficier des aides.

Cependant, il est fort probable qu'ils ne fassent pas, car ce sont souvent des artisans-chauffeurs sous-traitants, dont le siège social de leur entreprise coïncide souvent avec leur domicile. Il y a donc un risque de disparition pour ces très petites entreprises dont l'équilibre économique est très fragile. D'autres communes (Sarcelles, Garges-lès-Gonesse et Gonesse dans le Val-d'Oise, Mitry-Mory en Seine-et-Marne) sont dans la même situation même si l'effectif concerné est plus restreint : de 3,4 à 2 % des petits établissements.

Nous avons également procédé à l'analyse cartographique des établissements de messagerie (voir cartes en Annexe 7) dont le fonctionnement ne relève pas toujours d'un transport routier classique étant donné les forts taux de sous-traitance dans ce secteur d'activité (Rème-Harnay et al., 2014). La conclusion sur une localisation des petits établissements majoritairement dans le centre et en petite couronne est similaire bien que le nombre total d'établissements soit bien plus faible : 256 contre 9986 pour le transport routier de marchandises.

3.1.3. Le regard des professionnels sur la ZCR parisienne : une absence générale d'inquiétude aux fondements différenciés

Au-delà des premiers éléments relatifs à la localisation géographique des entreprises de transport, nous allons voir que les professionnels du transport de marchandises sont de fait peu inquiets face à la mise en place d'une ZCR à l'échelle parisienne. Mais leur absence d'inquiétude n'a pas la même origine selon le profil des acteurs rencontrés, selon leur importance ou taille économique. Avant de saisir plus en détail les ressorts spécifiques d'adaptation face aux mesures de restrictions progressives de circulation pour les véhicules les plus polluants, il est important de préciser sur quelles données reposent ces constats et la méthodologie mise en œuvre pour les obtenir.

a. Éléments méthodologiques et empiriques liminaires

Entre 2014 et 2015, nous avons été amenés à rencontrer plusieurs acteurs du transport de marchandises dans la capitale et sa région afin d'obtenir leur point de vue spécifique sur la mise en place (éventuelle puis certaine) d'une ZCR en Île-de-France. Nous avons réalisé 13 entretiens auprès d'un échantillon diversifié :

- Des fédérations de transporteurs et de loueurs qui fournissent des véhicules aux transporteurs: AUTF, TLF (branche loueurs), CNPA
- Une fédération d'opérateurs en compte propre : Fédération Nationale des Boissons
- Des entreprises effectuant une activité de transport en compte propre,
- Des transporteurs (compte d'autrui)
- Un constructeur : Renault Trucks (Volvo)
- Des acteurs qui ont un point de vue fin sur le transport de marchandises dans la capitale : la Direction Voiries et Déplacements de la Mairie de Paris, la Chambre de Commerce et de l'Industrie (CCI) de Paris.

Les professionnels rencontrés étaient amenés à décrire leurs activités, leurs perceptions éventuelles de la ZCR actuelle et les mesures prises pour s'y adapter, tant en interne que vis-à-vis de leurs éventuels partenaires. Évidemment, les questionnements étaient légèrement différents pour les représentants de ces transporteurs (fédérations et CCI) qui nous en donnaient un éclairage plus global.

Précisons que nos considérations ne se limitent pas au seul transport de marchandises au sens strict du terme. De fait, les mesures de restriction de circulation concernent également d'autres professionnels comme les artisans ou les commerçants qui réalisent souvent eux-mêmes des activités de transport de marchandises, même si cette activité est très secondaire par rapport à leur activité principale. Moins impactés d'emblée par la mise en place d'une ZCR, leurs pratiques d'approvisionnement pourraient néanmoins s'en retrouver changées, ce qui ne serait pas sans conséquence sur l'organisation générale du transport de marchandises en ville et sur les professionnels du transport de marchandises. Notre échantillon comporte peu de petits transporteurs, notamment pour compte d'autrui, et nous n'avons pas réussi à rencontrer l'OTRE Ile-de-France, fédération regroupant de petits transporteurs leur représentant direct. Néanmoins, nous bénéficions d'une expertise récente et actualisée sur ces questions. Nous les avons donc mobilisés ici. Plus précisément, nous nous baserons sur les travaux de P. Camilleri (2014) sur le transport en compte propre de fruits et légumes (sur les marchés parisiens) et ceux de Rème-Harnay et al. (2014) sur la messagerie. En outre, nos réflexions seront aussi nourries par des retours d'expériences d'autres professionnels du transport de marchandises, principalement pour autrui, comme Colizen, Martin Brower, etc. qui font l'objet d'articles dans la presse spécialisée et que nous avons été amenés à rencontrer par ailleurs.

Sur la base de ces différents éléments empiriques, il apparaît que les réactions face à la ZCR sont différenciées selon le profil des acteurs rencontrés. Nous allons voir que les acteurs les plus puissants et leurs représentants (fédérations diverses) sont largement proactifs sur ces questions. La ZCR ne serait pas finalement une contrainte mais plus une opportunité, voire un levier de croissance. Les acteurs plus petits comme les petits transporteurs ou les professionnels amenés à transporter de la marchandise en tant qu'activité secondaire ne sont pas inquiets car peu sensibles à ces évolutions qui peuvent néanmoins remettre en cause profondément leur organisation logistique, voire leur activité et leur existence. Pour ces derniers, sans aide et accompagnement adéquats, la mise en place effective de la ZCR pourrait constituer une menace pour leur pérennité.

b. Des grands acteurs du transport de marchandises peu inquiétés par la mise en place d'une ZCR

Par grands acteurs, sont ici désignés soit des moyennes et grandes entreprises, soit leurs représentants de ces derniers, à savoir les fédérations qui regroupent et défendent plusieurs de leurs adhérents. De fait, si nous les nommons grands, nous ne retenons pas la classification de taille (basée sur le nombre de salariés, le chiffre d'affaire et le bilan) des entreprises définies par le décret n°2008-1354 relatif aux critères permettant de déterminer la catégorie d'appartenance d'une entreprise. Ainsi, à titre d'exemple, une entreprise comme Biocoop est considérée comme une grande entreprise. Mais sa filiale transport a les caractéristiques d'une moyenne entreprise (75 personnes pour 18 millions de chiffre d'affaires). Néanmoins son activité est assise à celle des magasins et donc bénéficie d'un appui financier non négligeable. Par conséquent, elle est catégorisée en tant que grand acteur. De fait, ces grands acteurs peuvent être très hétérogènes par leur activité principale et leur rapport à l'activité de transport selon qu'elle soit (plus ou moins) secondaire ou principale. Nous allons pourtant voir que ces acteurs partagent des positions très communes vis-à-vis de la zone à émissions réduites parisienne.

Un des premières raisons à leur absence d'inquiétude par rapport aux restrictions de circulation imposée par la ZER est qu'ils ont des flottes (très) récentes. Pour ceux qui possèdent leur propre flotte, leurs véhicules (poids lourds ou utilitaires) sont récents et souvent renouvelés en vertu de leur plan d'amortissement. Par exemple, une entreprise de distribution alimentaire possède une flotte de 35 camions dont 6 sont déjà Euro 6, c'est-à-dire répondent déjà aux restrictions de la ZCR de Paris qui seront effectives en 2020. L'entreprise va renouveler le reste de ses véhicules en passant à des modèles Euro 6 au rythme de 8 à 10 véhicules par an. Ainsi, d'ici 2020, toute la flotte en propre de celle-ci sera déjà en Euro 6. Pour ceux qui ont fait le choix de la location de courte ou longue durée, les véhicules sont encore plus récents. Ainsi une entreprise de construction qui a recours à la location longue durée avec des contrats de 5 ans. En 2014, 80% de sa flotte de camions était déjà en Euro V. De fait, les fédérations de loueurs sont vraiment peu inquiètes en raison de l'important renouvellement de leurs parcs. La branche loueurs de l'Union des Entreprises de Transport et de Logistique en France (TLF), qui représente les loueurs spécialisés dans les véhicules de transport de marchandises, souligne que les loueurs ont des parcs dont l'âge moyen est entre 6 et 8 ans et que, de ce fait, ils ne sont pas inquiets par la ZCR. La moyenne varie selon le type de véhicule : le parc en location moyenne durée est plutôt jeune alors que le parc frigorifique est plus ancien car dépendant de la législation et d'agrément délivrés pour 9 à 12 ans. Sur la base de ces durées moyennes, leurs flottes devraient être en majeure partie en Euro V, voire en Euro VI d'ici 2020. Pour la branche loueurs du Conseil National des Professions de l'Automobile (CNPA), l'ancienneté moyenne du parc de leurs adhérents est encore moindre (6 à 8 mois). Certes, ils sont plus spécialisés dans les voitures particulières mais disposent tout de même d'utilitaires qui sont utilisés par des particuliers et des professionnels. La jeunesse de leurs parcs est liée à la nature des contrats qui les lient aux constructeurs, à savoir du *buy-back*. Les véhicules sont régulièrement revendus aux constructeurs qui y trouveraient également leur compte car « *ils proposent des modèles en avant-première aux loueurs qui sont une bonne vitrine pour eux* » (CNPA – Loueurs). En l'état actuel de la définition retenue pour la ZCR parisienne, les grands professionnels ne semblent pas inquiets sur l'âge de leurs parcs. De plus, de manière transitoire, des phénomènes de reports géographiques (les véhicules les plus récents en Île-de-France, les autres sur le reste du territoire) pourraient être mis en œuvre. Néanmoins, une telle répartition géographique de leurs véhicules est peu soulignée par les acteurs rencontrés du fait de l'âge très récent de leurs parcs. Par contre, ils sont davantage inquiets quant aux évolutions qui pourraient avoir lieu ensuite. Plusieurs des transporteurs et entreprises opérant en compte propre ont souligné le besoin de connaître à long terme le plan afin de pouvoir se préparer et de ne pas devoir changer continuellement de stratégie. Pour l'heure, d'ici 2020, seuls les véhicules Euro 5 et Euro 6 auraient le droit de circuler mais les mesures de restriction au-delà de 2016 ne sont pas encore définies avec exactitude, dans l'attente des décrets d'application de la loi sur la transition énergétique. Telle qu'elle est pour l'heure affichée par la Ville de Paris, la restriction qui prendrait effet en 2020 ne poserait pas tant problème en soi pour les cas que nous venons d'examiner. L'incertitude est plus vive pour la suite du dispositif. Que se passera-t-il au-delà de 2020 ? Comme le rappelle le représentant TLF Loueurs, « *si on continue, en 2020, il faudra être Euro 6. Plus propre, c'est le gaz et l'électrique* ».

En anticipant la restriction aux seuls véhicules propres considérés par Paris, l'électrique et le GNV, les grands professionnels sont là plus attentistes par rapport à la promesse d'Anne Hidalgo, Maire de Paris, d'interdire les véhicules Diesel dans Paris d'ici 2025. Tous les grands acteurs (fédérations ou entreprises) participent activement aux échanges avec la ville, aux groupes de travail, ont signé les chartes de la ville et de l'ADEME en faveur d'une logistique durable et expérimentent des énergies alternatives au Diesel. Ils ont même pu avoir un rôle prescripteur à l'image des loueurs qui ont réussi à inclure la location longue durée dans le dispositif de subvention pour les véhicules propres (cf. plus haut). Cependant, ils sont assez pessimistes quant au développement et au potentiel d'usages de véhicules fonctionnant au gaz ou à l'électrique. Pour l'électrique, on peut citer l'exemple de Martin Brower (anciennement LR Services) qui a expérimenté un poids lourd électrique pour livrer les restaurants McDonald's sur Paris depuis sa plateforme logistique de Fleury-Merogis. A l'usage, l'électrique s'est retrouvé incompatible avec leur organisation logistique par manque d'autonomie et de charge utile. L'expérimentation a été abandonnée. Une autre entreprise remontrée a aussi souligné ces arguments pour ne pas utiliser la technologie électrique. Pour les véhicules utilitaires, plus petits, leur usage est plus courant. Ainsi, un transporteur souligne l'impossibilité actuelle de passer sa flotte de camions tri-température en électrique (pas de technologie qui permettraient d'assurer le déplacement et le refroidissement des denrées). De fait, d'autres services ont été développés au moyen de véhicules électriques tels que la Petite Reine avec des triporteurs Cargocycles ou que des Kangoo ZE, mais plutôt à destination des particuliers. Pour ceux qui ne livrent pas de produits alimentaires comme Colizen ou qui ont des tournées plus courtes dans la messagerie, l'électrique est plus facile à mettre en œuvre. En l'occurrence, Colizen dispose d'une flotte électrique (Goupils) sur laquelle ils communiquent largement⁵⁶ et pour lesquels ils ont constaté une amélioration des conditions de conduites (moins de vibration par exemple) pour leurs livreurs. Si les grands acteurs du transport de marchandises sont peu enclins à investir dans les véhicules électriques, la raison tient aussi au manque de déploiement des infrastructures de recharge. Un autre frein évoqué et non des moindres serait le surcoût des véhicules électriques qui couleraient deux fois plus cher qu'un véhicule thermique (selon France Boissons) ou qui ne seraient rentables que grâce aux aides de l'Europe (selon un transporteur). Pour cette raison, Renault Trucks-Volvo a arrêté d'investir dans des PL (19-26 t) électriques rechargeables dont le surcoût de 30 à 70% était insoutenable pour les acheteurs. Pour les VUL, l'offre est plus importante mais le manque serait surtout pour les petits PL (entre 3,5 t et 19 t). Ainsi, malgré les potentiels du VE dans le transport de marchandises en ville (Morganti & Dabanc, 2013), les grands transporteurs sont plutôt frileux par rapport à une technologie qu'ils jugent peu fiables pour leur organisation actuelle. De plus, l'éloignement des plateformes des centres-villes, constaté par Dabanc et Andrianakaja (2011) pour les entreprises de messagerie ne favorise pas l'utilisation de véhicules électriques. Bien au contraire, les distances à parcourir jusqu'au client augmentent et conséquent le potentiel du véhicule électrique diminue à moins d'effectuer une rupture de charge supplémentaire à proximité du centre-ville mais qui sera nécessairement génératrice de coûts supplémentaires. Selon les acteurs interrogés, le véhicule électrique ne peut constituer qu'une solution pour une faible part des livraisons et enlèvements à effectuer.

Si les acteurs sont plutôt réticents en l'état actuel vis-à-vis des opportunités du véhicule électrique, ils sont plus enclins à expérimenter et investir dans le GNV. Déjà la technologie existe et permet d'effectuer de manière rentable les tournées. Biocoop expérimente ainsi un PL GNV Euro VI qui opère uniquement dans Paris Intra-muros. Ils envisagent passer toute leur flotte ou du moins sa majorité en GNV dans la mesure où ils anticipent que les autres métropoles françaises auront à terme des exigences similaires à celle de Paris. Une entreprise de construction que nous avons rencontrée compte massivement investir dans les camions GNV. En 2014, ils utilisaient d'ores et déjà 12 camions GNV dans Paris et prévoyaient d'en utiliser 35 d'ici 2015 puis 105 d'ici 2017 pour une flotte nationale de 135 véhicules en 2017. Les 30 véhicules restants seraient déployés dans les autres grandes villes. A l'heure actuelle, le GNV est donc une alternative crédible et plutôt rentable comparée aux véhicules essences ou Diesel. Néanmoins, sur l'Île-de-France, plusieurs entreprises ont souligné la difficulté de s'approvisionner en GNV. Le nombre de stations GNV serait compris entre 3 (selon TLF) et 7 (selon une entreprise interrogée) pour l'ensemble de la région francilienne. Il est donc largement insuffisant comme nous l'ont souligné France Boissons ou TLF. Ces derniers insistent notamment sur une étude du Gatmarif qui préconiserait l'installation de 62 stations d'avitaillement en GNV d'ici 2020 en Île-de-France pour « tourner à plein régime », soit 10 stations supplémentaires par an là où Total n'en prévoit qu'1 supplémentaire en 2015 (et rien n'est dit pour la suite). Au-delà des problèmes d'avitaillement et de surcoût (estimé à 20-30%), l'utilisation du gaz liquéfié pointé par un opérateur en compte propre permettrait de porter l'autonomie d'un PL à 750 km et de réaliser les mêmes tournées que des véhicules Diesel.

⁵⁶ <http://www.colizen.fr/pourquoi-choisir-colizen/>

In fine, les technologies alternatives au Diesel, notamment celles portées par la Ville de Paris (l'électrique ou le GNV), ne sont pas considérées par les grands acteurs comme des technologies crédibles ou rentables à l'heure actuelle du fait de leurs surcoûts divers. S'ils mènent des opérations de communication sur l'usage de tels véhicules ou s'ils opèrent une veille sur ces technologies, force est de constater qu'ils restent très attentistes et sceptiques quant à la capacité de la Mairie de Paris d'interdire de manière effective l'entrée de véhicules Diesel dans la capitale. Refroidis par l'abandon de l'écotaxe et conscients de l'état de développement et de rentabilité des technologies alternatives, ces derniers ne considèrent pas les annonces municipales comme crédibles. Ils sont d'autant plus attentistes que les mécanismes d'aides réservés aux professionnels ne les concernent pas. Pour l'heure, ils misent sur d'autres stratégies plus organisationnelles que technologiques, comme la sous-traitance. C'est notamment le cas de l'un des opérateurs en compte propre rencontré qui a confié la livraison de Paris Intra-muros à un prestataire spécialisé. Ce faisant, l'entreprise recourant au compte propre n'est pas concernée par le périmètre actuel de la ZCR. Elle le deviendra si le périmètre est étendu à celui du Grand Paris. Néanmoins, même si sa flotte de véhicules est relativement récente, la mise en place d'une ZCR plus restrictive d'ici 2020 pourrait contrecarrer les plans de l'entreprise d'opérer sa livraison en propre sur Paris, voire renforcer l'hégémonie de son prestataire principal.

On pourrait d'ailleurs étendre le raisonnement pour l'ensemble des enseignes de la grande distribution alimentaire qui confient leurs livraisons à domicile (issues du e-commerce ou des magasins) à un groupe très présent sur le « dernier kilomètre », le groupe Star's Service. Dans ce cas de figure, on assisterait au renforcement d'un acteur déjà dominant. Les opérateurs de messagerie ont fréquemment recours à la sous-traitance pour leurs liaisons terminales. L'un d'entre eux fait appel à des entreprises de taille qu'il juge moyennes, c'est-à-dire qui ont *a minima* 5 à 6 véhicules. Le but est d'éviter d'avoir de la sous-traitance qui cache une dépendance, voire une exclusivité (Rème-Harnay et al., 2014). Néanmoins, on soulignera qu'ils ont quand même la possibilité d'avoir recours à des petites entreprises, que le fait d'avoir 6 véhicules reste une flotte compatible avec une moyenne entreprise (entre 10 et 49 salariés pour mémoire) et que rien n'est dit sur les mécanismes de sous-traitance en cascade. Dans le cas parisien, ces petites entreprises pourraient être fragilisées par la mise en place d'une ZCR, notamment si elles ne relèvent pas des aides attribuées par la Mairie de Paris. Ce faisant, leur donneur d'ordre (DO) principal se verrait également en difficulté (car la mesure touchera tous les prestataires les plus fragiles et a priori les moins onéreux donc les plus rentables pour les DO). Nous allons voir que ces prestataires et tous les « petits » acteurs potentiellement impactés par une ZCR sont aussi peu inquiets vis-à-vis de cette dernière mais davantage par manque d'anticipation en cas de mise en place effective.

c. De très petites entreprises peu inquiètes : des professionnels du transport potentiellement plus vulnérables face à une ZER que les autres professionnels

Par petites entreprises, nous désignons ici de manière plus directe les très petites entreprises de moins de 10 salariés, du transport ou agissant en compte propre comme les artisans, les commerçants, etc. Pour l'Association des Usagers du Transport de Fret (AUTF), les professionnels les plus touchés par la mise en place de ZER seraient les artisans, donc les petits transporteurs et les opérateurs en compte propre dans la mesure où leur parc ne leur permettrait pas de s'adapter facilement à de telles mesures. L'AUTF insiste aussi sur « la lisibilité des actions » à donner à ces acteurs et la nécessité d'établir « un calendrier avec progressivité ». Pour la progressivité, il semblerait que la Mairie de Paris ait décidé d'agir rapidement. Néanmoins, pour pallier les effets économiques de telles mesures, Paris a opté pour un dispositif d'aides ambitieux, du moins novateur, par rapport aux pratiques des autres métropoles européennes que nous avons pu observer. Mais nous allons voir qu'il risque fort d'être insuffisant en ne répondant pas notamment à l'impératif de lisibilité appelé de ses vœux par l'AUTF.

Comme nous l'avons vu précédemment, s'il est ambitieux, les aides à l'achat ou à la location longue durée de véhicules propres (gaz ou électrique) sont complexes et peu lisibles même si elles s'adressent à de nombreux professionnels potentiellement impactés par ces mesures. Elles ne sont pas compatibles avec le bonus écologique dans le cadre du GNV (cf. plus haut). De plus, seules les entreprises de moins de 10 salariés sont éligibles au dispositif et une entreprise ne peut subventionner qu'un seul véhicule grâce à ces aides. Il apparaît donc que les principaux bénéficiaires de ces aides seront des petits professionnels, artisans ou commerçants, qui n'ont pas une activité transport mais qui sont amenés à effectuer eux-mêmes de façon régulière des opérations de transport, en propre, plutôt que de faire appel à des livreurs ou transporteurs spécialisés. C'est le cas des restaurateurs, des professionnels du BTP, des marchands de fruits et légumes, de fleuristes, etc. Ces professions n'ont souvent besoin que d'un seul véhicule et, *a fortiori*, de petits utilitaires plutôt que de gros PL. De plus, de nombreuses solutions alternatives tendent à se développer pour ces professionnels qui ont des besoins ponctuels : livraison, location courte durée voire même très courte durée (constatée fortement par les loueurs), mutualisation (exemple de fleuristes qui ont mutualisé leurs approvisionnements à Rungis), Utilib', etc. Ces solutions ne sont pas forcément satisfaisantes mais les professionnels non transporteurs ont la possibilité de renoncer durablement à la propriété d'un véhicule polluant, soit en acquérant ou en louant un véhicule dit « propre », soit en faisant appel à des transporteurs. Pour certains types de marchandises comme les produits de bouche, la dernière solution apparaît moins satisfaisante comme l'a montré P. Camilleri (2014) sur les marchands de fruits et légumes, le choix des produits et du fournisseur est essentiel parmi ces utilisateurs du compte propre.

De même, les véhicules utilisés par ces professionnels, notamment les artisans du BTP, ont un usage autre que le simple transport de fournitures. Comme nous l'a précisé une petite entreprise d'électricité qui utilise un goupil électrique dans Paris pour son activité, les véhicules font surtout office d'espaces de stockage à moindre coût. Renoncer à la propriété d'un véhicule revient à renoncer à ces possibilités de stockage ainsi qu'à repenser drastiquement l'organisation du travail (mieux prévoir les chantiers et les fournitures nécessaires, anticiper les besoins et les allers-retours, etc.). Une solution intermédiaire pour ces professionnels non transporteurs pourrait être d'investir dans des véhicules plus petits, hybrides rechargeables donc plus autonomes et surtout bénéficiant d'un bonus écologique total de 6 500€ (dans la limite de 20% du coût d'acquisition), ce qui est mieux que l'aide proposée par la Mairie de Paris qui ne couvre pas les véhicules hybrides et qui est limité à 3 000€ (15% du prix d'achat max.) pour un VUL équivalent.

Pour les professionnels du transport, l'effectivité de ces aides risque d'être moindre. Au risque de nous répéter, les aides nationales et municipales ne se cumulent que pour les véhicules électriques, c'est-à-dire les véhicules les moins polluants mais aussi les moins adaptés à une activité exclusive de transports de marchandises comme les grands transporteurs l'ont justifié plus haut. Le manque d'autonomie des VE est aussi un argument cité pour les professionnels, notamment les salariés qui travaillent sur Paris mais vivent en grande banlieue et dont le véhicule de service est remis à domicile. Pour les transporteurs de marchandises, la faible autonomie kilométrique des VE est d'autant plus problématique au fur et à mesure que les plateformes logistiques de chargement sont éloignées de la capitale (Dablanc & Andriankaja 2011). Pour les véhicules GNV, les aides sont moins importantes, voire s'annulent (au moins pour quelques modèles). De plus, si ces entreprises font moins de 10 salariés, elles ont généralement plusieurs véhicules et ne pourront donc pas faire valoir ses aides pour renouveler l'ensemble de leur parc. Dans le cas spécifique des artisans transporteurs qui sont prestataires de messagerie, P. Reme-Harnay, C. Cruz et L. Dablanc (2014) ont clairement montré que ces professionnels n'avaient pas de temps matériel à consacrer à des activités administratives complexes auxquels se rajouterait la demande d'aide à la Mairie de Paris. Elles ont aussi bien montré que les marges de ces derniers étaient très ténues, voire infimes, qu'elles reposaient sur un temps important passé derrière un volant. Investir dans un nouvel utilitaire reviendrait à réduire drastiquement ces marges. D'ores et déjà fragilisés par la crise économique actuelle (Mykolenko & Allio, 2010), ces petits transporteurs risquent de se retrouver fragilisés par la mise en place effective d'une ZCR et surtout des sanctions économiques qui l'accompagneront (amende, confiscation du véhicule et interdiction de circuler). Ce risque est d'autant plus accru selon leur niveau de dépendance à leur DO principal (voire exclusif). De fait, ces derniers ont une responsabilité économique vis-à-vis de leurs prestataires. Pour l'heure, il semblerait que les messagers les plus impliqués insistent d'abord sur l'éco-conduite, l'échange de données mais aussi sur l'âge des véhicules. Ainsi un opérateur rencontré n'aurait recours à des prestataires qu'à condition qu'ils soient équipés en véhicules aux normes Euro 4. Le problème est que d'ici 2020 ces injonctions ne seront pas suffisantes et les prestataires n'auront pas forcément les moyens de s'équiper en véhicules plus récents sans l'aide directe ou indirecte de leurs donneurs d'ordre. Ces aides peuvent relever de l'assistance pour les dossiers d'aides, voire une renégociation des tarifs pour permettre de nouveaux investissements. Cependant, la peur de la dépendance économique (salariat déguisé) et la volonté de garder des marges élevées tendent à rendre peu crédibles de telles mesures.

Dans les deux situations, celles des petits professionnels transporteurs ou celles des petits professionnels non transporteurs, ils semblent peu inquiets face aux mesures promises par la Ville de Paris. D'abord, nombreux sont ceux qui ne considèrent pas leurs véhicules comme polluants et ne sentent donc pas concernés (Camilleri, 2014). De plus, en l'état actuel du règlement marchandises, de nombreuses dérogations permettaient déjà la circulation des véhicules polluants, anciens, en mauvais état. Pour la ZCR, ces dérogations sont actuellement à l'étude et leur nombre et leur pérennité conditionneront la crédibilité de cette mesure vis-à-vis de ces professionnels. L'autre élément qui tend à limiter sa crédibilité et donc son effectivité est le contrôle qui sera mis en place. Pour l'heure, la vignette serait utilisée, à l'image du modèle allemand, et donc un contrôle visuel, non automatique. Compte tenu des nombreuses infractions commises dans la capitale (non respect des horaires ou des emplacements de livraison, etc.), ce contrôle visuel semble peu crédible et inquiète d'ailleurs les transporteurs plus importants, qui disent répondre aux normes exigées. Combinées à des difficultés économiques, ces situations d'illégalité risqueraient d'augmenter fortement quitte à mettre en péril l'activité des petits transporteurs lors du passage à un contrôle automatisé.

Au final, en se limitant aux acteurs qui font du transport de marchandises (en propre ou pour autrui), les impacts de la ZCR seront différents selon la taille des entreprises. Les grandes entreprises disposant déjà d'une flotte importante, elles sont peu concernées par ces mesures. D'abord, leur parc de véhicules, qu'elles le possèdent ou qu'elles le louent, sont récents car régulièrement renouvelés dans le cadre de politique d'investissement ou de conditions contractuelles de services avec les loueurs ou/et les constructeurs. L'horizon temporel de la mesure leur laisse largement le temps de s'adapter. La question est plus problématique pour les petits transporteurs, les artisans-chauffeurs, qui n'ont pas forcément les moyens financiers d'avoir des véhicules récents ou « propres ». Les impacts de la mesure dépendront alors de la norme Euro retenue pour servir de référence, de l'effectivité et de la simplicité des aides à l'achat ou au remplacement mises en place par les autorités locales et de la crédibilité des sanctions (effectivité des contrôles, montant financier des sanctions, etc.). Au-delà de la disparition des prestataires économiquement les plus fragiles ou de leur entrée dans l'illégalité (qui poserait la question de l'organisation plus globale de la sous-traitance), d'autres évolutions peuvent être envisagées :

- Leur disparition du territoire parisien au profit d'autres types de territoires (urbains ou non) où il n'y aurait pas de zone à émissions réduites.
- Le basculement vers d'autres types de véhicules (véhicule utilitaire léger, moto pour les expressistes) si les normes concernant les véhicules particuliers sont moins strictes et donc un renforcement probable de la sous-traitance en chaîne.
- Le développement d'autres types de rapports à l'outil de travail, c'est-à-dire le développement de la location notamment de courte durée qui est déjà observée du fait de la crise économique.

Les conséquences sont potentiellement multiples, voire contradictoires selon qu'elles aboutiront à une concentration du secteur (notamment pour les offres spécialisées) ou son atomisation avec des véhicules plus petits, peut-être plus propres mais assurément plus nombreux. Dans les deux cas, si la Mairie de Paris ne veut pas nettoyer l'air de la capitale soit synonyme de « nettoyage » d'un secteur économique au détriment des TPE (ce qui semble être le cas au vu des aides mises en place), un des piliers de la ZCR est l'accompagnement dont ces entreprises disposeront tant de la part des pouvoirs publics que de leurs partenaires économiques, les transporteurs les plus importants. Ces derniers verraient leur organisation logistique fortement déstabilisée par la disparition d'un vivier de sous-traitants.

3.1.4. Des LEZ européennes à la ZCR parisienne : des mesures plus contraignantes vers une concentration de l'offre de transport de marchandises dans l'hypercentre ?

La ZCR parisienne devrait être, sur le papier, la plus contraignante d'Europe. En effet, pour l'instant, les LEZ européennes se limitent le plus souvent à la norme Euro 4 Diesel (Dablanc et Montanon, 2015), et la ZCR parisienne devrait rendre la norme Euro 5 comme minimum obligatoire pour la circulation dans Paris.

Pour d'autres caractéristiques générales, la future Zone à Basses Emissions parisienne reprend les caractéristiques observées chez les autres LEZ européennes. La taille de la zone est de 83 km², soit un chiffre très proche de l'*Umweltzone* de Berlin. Pour le système de contrôle, la mairie de Paris compte utiliser au départ un système équivalent à celui de Göteborg (contrôle des papiers + immobilisation) puis devrait adhérer à un système « allemand » avec vignettes, et enfin reprendre un système plus contraignant.

Comme dans les autres LEZ étudiées (cf. phase 2 du projet, paragraphe 2), la proportion de très petites entreprises est élevée en Île-de-France. Leur nombre reste relativement stable à Berlin. Toutefois ce ne sont pas forcément les mêmes puisque le renouvellement est élevé dans cette tranche de taille, les créations « compensant » les disparitions. A l'inverse, le nombre d'entreprises moyennes (10-49 salariés) a diminué à Berlin. Ceci pourrait également se produire en France puisqu'il n'y a pas de dispositif d'aides municipales pour les entreprises de plus de 10 salariés. Ces entreprises n'ont nécessairement la capacité financière de changer l'ensemble de leur flotte vers une norme Euro récente. Aussi, il est important pour ce type d'entreprises d'avoir une idée précise du plan de restrictions afin qu'elles planifient leur renouvellement sans trop de difficultés, sinon elles risquent de disparaître au profit d'entreprises plus petites qui seront plus dépendantes d'un seul donneur d'ordres. En termes sociaux, on sait que les conditions de travail des plus petites entreprises sont bien plus difficiles que celles des entreprises de taille moyenne, ceci étant lié aux rapports avec leur(s) donneur(s) d'ordre. La ZCR peut donc entraîner une restructuration du tissu d'entreprises de transport routier.

On peut noter une différence d'approche quant aux véhicules interdits, et surtout à l'accompagnement des entreprises. L'accompagnement pour les entreprises n'a aucun autre équivalent en Europe. Les subventions accordées par les pouvoirs publics atteignent rarement plus de 4000 €, à Paris elles monteraient jusqu'à 19 000 € pour les entreprises les plus modestes (Ville de Paris, 2015c).

3.2. Quantification des effets d'une ZCR « utilitaires » en Ile-de-France

Dans cette partie du chapitre 3, nous précisons les scénarios de ZCR retenus pour les véhicules utilitaires en Ile-de-France. Les scénarios pour véhicules utilitaires ont été définis avec nos partenaires du projet RETMIF, en tenant compte des résultats de l'analyse des autres LEZ en Europe (paragraphe 1 et 2). Après les avoir présentés, nous détaillerons la méthode et les outils utilisés (notamment le logiciel CopCETE) pour déterminer les émissions de polluants, puis nous quantifierons leurs effets sur le parc d'une part et, sur les émissions de ce parc, d'autre part.

3.2.1. Les scénarios de ZCR en région parisienne

Quatre zones géographiques ont été retenues pour définir les différents scénarios de ZCR et en quantifier l'impact :

- La ville de Paris (bois de Vincennes et bois de Boulogne exclus)
- Le périphérique parisien
- La zone contenue entre la boucle de l'A86 et le périphérique parisien
- L'A86.

Les simulations réalisées dans ce chapitre sont ainsi définies selon ces quatre zones géographiques. Nous partons alors de la situation en 2014 et proposons ensuite deux types d'évolutions : une évolution « au fil de l'eau » et une évolution ZCR qui donne lieu pour chacune à deux simulations : 2018 et 2021. Les scénarios « au fil de l'eau » prolongent la tendance actuelle, en tenant compte des évolutions technologiques et des changements structurels en cours pour la composition du parc automobile et les émissions de polluants.

Les scénarios « ZCR », également estimés pour les années 2018 et 2021, sont le cœur du projet. Ils sont définis grâce aux travaux des phases 1 et 2 de RETMIF (cf. paragraphes 1 et 2), et sont volontairement plus contraignants que la volonté actuelle de la mairie de Paris. Les deux scénarios ZCR ne concernent que les véhicules de marchandises, c'est-à-dire les VUL et les PL. La comparaison avec les scénarios au fil de l'eau permettra de déterminer l'effet spécifique des ZCR.

Le scénario ZCR 2018 correspond à une interdiction de tous les véhicules utilitaires Euro 4 et inférieurs dans la zone de Paris intra-muros (périphérique exclu), mise en place en 2017, soit une année précédant l'année analysée. Cette année d'écart entre la mise en place de la ZCR et la simulation permet d'éviter l'effet de transition observé dans les autres villes européennes (cf. chapitre 2). Le contrôle est manuel, c'est-à-dire opéré par les employés municipaux.

Le scénario ZCR 2021 correspond à une interdiction de tous les véhicules Euro 5 et inférieur dans la zone de Paris intra-muros, et à une interdiction de tous les véhicules Euro 4 et inférieur sur le périphérique et dans la zone à l'intérieur de l'A86, A86 exclue. Le contrôle est automatique par capteur RFID dans Paris, et manuel pour les autres zones.

Deux scénarios « tout électriques », volontairement très ambitieux, prennent le parti d'un développement poussé de la motricité électrique. Une ZCR à l'intérieur de l'A86, A86 exclue, interdirait tous les véhicules utilitaires thermiques à l'horizon 2025. Le premier scénario « tout électrique » prend comme hypothèse que les constructeurs automobiles pourront fournir à ce moment un parc utilitaire 100% électrique, avec les mêmes charges utiles que celles qui sont actuellement utilisées en Diesel ; dans ce scénario, un poids lourd Diesel est remplacé en 2025 par un poids lourd électrique de même capacité. Un deuxième scénario « 12 t électrique » prend comme hypothèse que les constructeurs automobiles ne pourraient fournir que des véhicules électriques ayant une charge utile de 5 tonnes au maximum, soit un PTAC de 12 tonnes pour ce type de véhicule. Le transport routier devrait alors se faire avec des véhicules électriques dont la charge utile serait inférieure ou égale à 5 tonnes. Un camion Diesel transportant un chargement de plus de 5 tonnes serait alors remplacé par plusieurs véhicules électriques de charges utiles inférieures. Le Tableau 17 ci-dessous récapitule ces principaux éléments des scénarios.

	Tendance 2018	Scénario ZCR 2018	Tendance 2021	Scénario ZCR 2021	Electrique 2025
Paris	-	Euro 5 mini. Ctrl manuel	-	Euro 6 mini. RFID	Electrique RFID
Périph	-	-	-	Euro 5 mini. RFID	Electrique RFID
Intra-A86	-	-	-	Euro 5 mini. Ctrl manuel	Electrique RFID
A 86	-	-	-	Euro 5 mini. Ctrl manuel	Euro 5 mini. RFID

Tableau 17 : Scénarios de ZCR en région parisienne

3.2.2. La méthode COPERT4 et le logiciel CopCETE

Pour calculer les émissions dues au transport routier en région parisienne et leur évolution selon les scénarios définis précédemment, nous avons utilisé le logiciel CopCETE v4, développé par le Cerema⁵⁷ et utilisant une interface Excel®.

Ce logiciel CopCETE utilise la méthode Copert 4, adaptée au cas français. La méthode Copert 4 est explicitée dans EMEP/EEA (2009a,b). Elle permet de calculer les types d'émissions suivants :

- Les émissions à chaud : pour les véhicules légers et lourds,
- Les surémissions à froid : pour les véhicules légers,
- Les surémissions liées à la pente de la route, et au chargement des véhicules lourds,
- Les émissions par évaporation (COV) pour les véhicules légers,
- Les émissions non-échappement (PM, benzopyrène, quelques métaux lourds) pour l'usure des freins et des pneumatiques.

Le logiciel CopCETE distingue un grand nombre de caractéristiques des véhicules :

- Sous- catégories : Voiture Particulière (VP), Véhicule Utilitaire Légers (VUL), Camions rigides (RT), Articulés (ATT) et Bus
- Différents types de carburation ou énergie : essence, Diesel, électrique, hybride, GPL
- Différentes cylindrées
- Et enfin, les différentes classes technologiques (normes Euro, de 0 à 6).

Le détail des types de véhicules distingués par CopCETE est indiqué en annexe (cf. Annexe 1). Trente types d'émissions peuvent être étudiés dans CopCETE mais nous nous intéressons à quatre d'entre eux :

- Les oxydes d'azote (NO_x). En 2011, environ 61% des NO_x émis en France provenaient du transport routier (EEA, 2014, CITEPA, 2014). Ils sont formés à partir des déchets de combustion des moteurs.
- Les matières particulaires (PM₁₀ – particules de diamètre inférieur à 10 microns) qui seront notées PM dans la suite du chapitre. En 2011, environ 15% des émissions de particules en France proviennent du transport routier (EEA, 2014, CITEPA, 2014). Elles proviennent majoritairement des frottements dans le moteur, et de l'abrasion des freins et pneus sur la chaussée.
- Le dioxyde de carbone (CO₂). En 2011, 33% des émissions de CO₂ émis en France proviennent du transport routier (EEA, 2014, CITEPA, 2014). Elles résultent de la combustion directe du carburant dans le moteur. 2^{ème} gaz à effet de serre sur Terre après la vapeur d'eau, le CO₂ est le principal moteur du réchauffement anthropique du climat.
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Les HAP sont des substances cancérigènes qui peuvent aussi causer des problèmes respiratoires et des nuisances olfactives. Très étudiés depuis plusieurs années, ils présentent une très forte toxicité et sont présents dans tous les milieux environnementaux. Les HAP pyrolytiques, les plus présents de nos jours, sont générés par des processus de combustion incomplète de la matière organique à haute température.

⁵⁷ Cf. Demeules, 2012.

Nous présentons ci-après l'évolution des émissions de NO_x, PM₁₀, CO₂ et HAP par véhicule km calculées par le logiciel CopCETE, selon la norme Euro (et donc l'âge) du véhicule, à la vitesse moyenne constatée à Paris, par la mairie de Paris (16,7 km/h), pour cinq types de véhicules. Les émissions d'un véhicule électrique n'étant que de type « non-échappement », ce type n'est présenté que dans la figure représentant les émissions de PM₁₀.

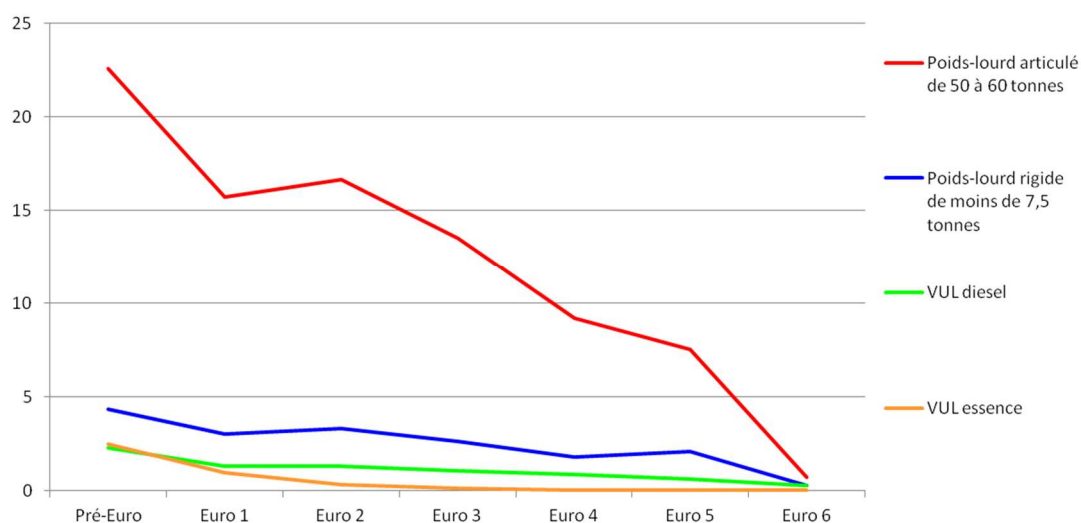


Figure 84 : Evolution des émissions de NO_x (mg/km) pour 4 types de véhicules selon leur norme Euro.
Source : Données CopCETE

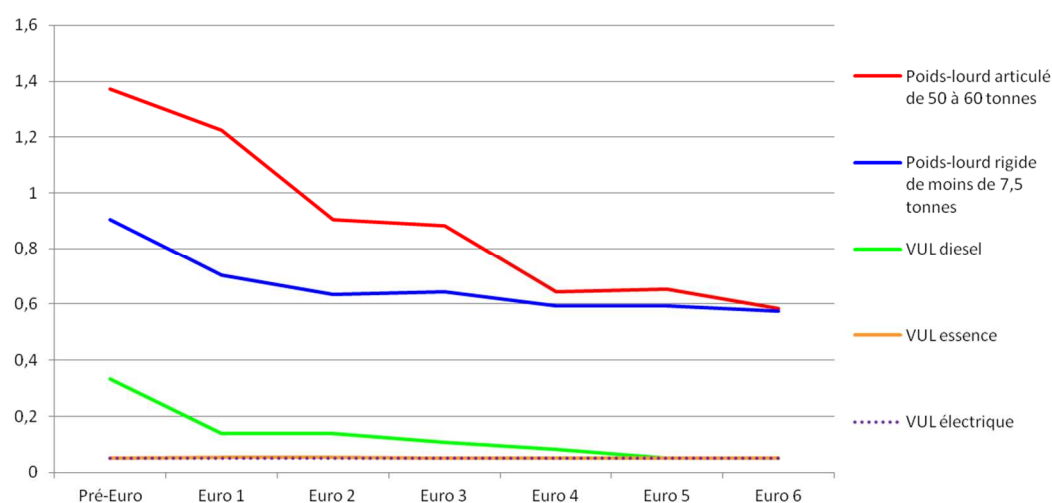


Figure 85 : Evolution des émissions de PM₁₀ (mg/km) pour 4 types de véhicules selon leur norme Euro.
Source : Données CopCETE

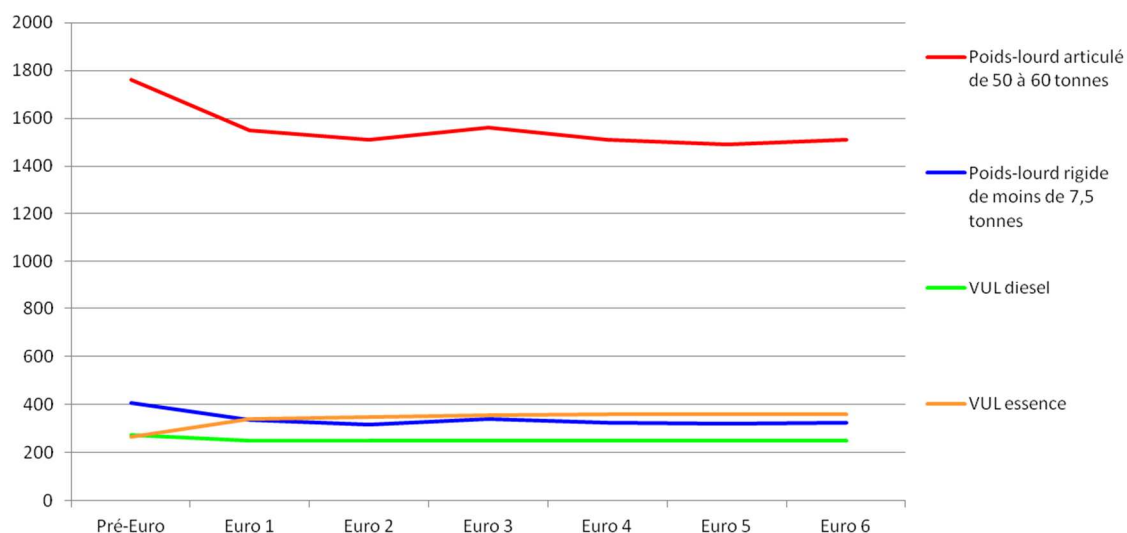


Figure 86 : Evolution des émissions de CO₂ (mg/km) pour 4 types de véhicules selon leur norme Euro.
Source : Données CopCETE

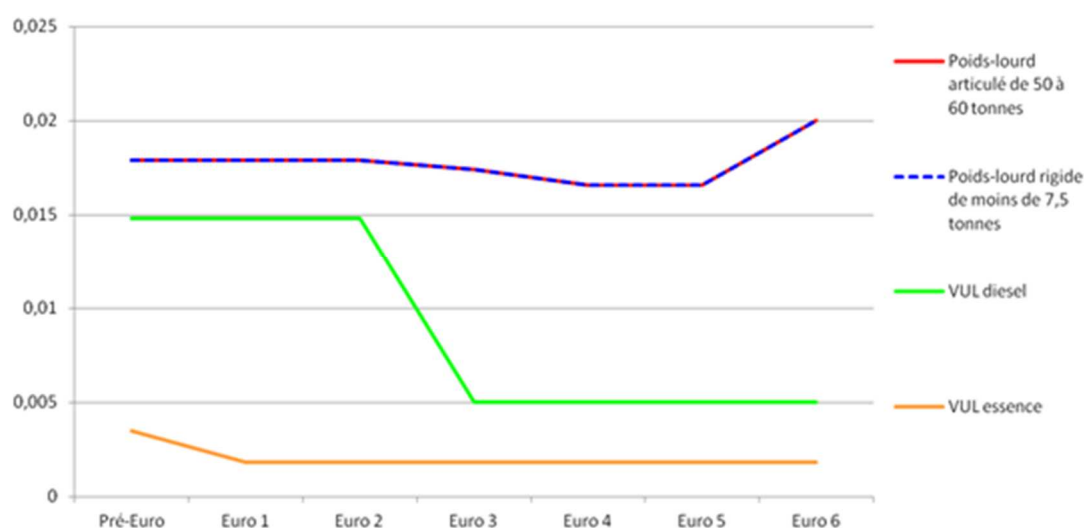


Figure 87 : Evolution des émissions de HAP (mg/km) pour 4 types de véhicules selon leur norme Euro.
Source : Données CopCETE

Le logiciel CopCETE associe deux types de fichiers : un fichier nommé « dr » relatif aux tronçons à étudier et un fichier nommé « cal » permettant d'effectuer les calculs d'émissions à partir des parcs de véhicules définis.

- Le fichier « cal » associe un pourcentage, selon l'année étudiée, de chaque type de véhicule par rapport à sa catégorie. Les 4 catégories sont les véhicules particuliers (VP), les véhicules utilitaires légers (VUL), les poids lourds (PL) et les bus.
- Le fichier « dr » (Figure 88) représente les hypothèses globales de travail, ainsi que la définition des tronçons étudiés. On inclut dans cette définition de tronçon les volumes de trafic et vitesses pour chaque catégorie. Il est à noter que dans tout modèle macroscopique tel que CopCETE, la vitesse est considérée comme constante tout le long du tronçon.

	COPCETE v4	Validation des données		Format de rendu		4	Unité		2	Nombre de polluants		30	Evaporations		3	Pas temps		i			
		CALCUL		Année	2010	Mois	13	Nb trajet/j		4,8	Long trajet moy (km)		6	Béta froid		1	Charge PL		50		
CARACTERISTIQUES DU TRONCON										PARC				DONNEES DE TRAFIC						AUTRES DONNEES	
id	Nom	Longueur (km)	Pente	Code Pente	Milieu	Parc	Clé VUL	Nbre VL	Vitesse VL	Nbre PL	Vitesse PL	Nbre Bus	Vitesse Bus	Taux froid perso	Nb arrê période						
1000	t1	0,571429	0	3	u1	1	0	67303	87	9475	52	1	30	0	0						
25	t2	0,332534	-2	2	u1	1	0,23	18552	17	1732	50	0	30	0	0						
1	t3	1	0	3	u1	1	0,23	1225	55	122	55	0	30	0	0						
1230	t2	0,332534	-2	2	u1	1	0,23	18552	17	1732	51	0	30	0	0						
1234567	t3	0,5	0	3	u1	1	0,23	1225	55	122	55	0	30	0	0						

Figure 88 : Extrait du fichier "dr" de CopCETE

3.2.3. Les données d'entrée et hypothèses de travail

a. Données de base

L'observation ou l'estimation du parc automobile circulant en un point donné repose généralement sur un comptage manuel (par enquêteurs) ou sur un enregistrement (par caméra) des plaques d'immatriculation qui passent à un endroit et pendant une période donnée. Les numéros d'immatriculations permettent, en remontant au fichier central des automobiles, de connaître la date de première mise en circulation et donc la norme Euro du véhicule ; on calcule alors, pour les différentes catégories de véhicules, la structure du trafic (% de chaque norme Euro) circulant en ce point. Ensuite, un calage sur les données de comptage exhaustif, généralement par boucles électromagnétiques, permet de rétablir le volume du trafic.

Nous avons utilisé différentes sources de données pour estimer les parcs initiaux correspondant à nos différentes zones.

- Pour Paris et le périurbain, nous avons utilisé les données de l'enquête plaques de la Ville de Paris. Cette enquête a été réalisée au mois de juin 2011, sur trois jours ouvrés, sur deux créneaux horaires de deux heures. Elle a consisté en un relevé d'immatriculations sur 8 points dans Paris intra-muros, 3 points sur le périurbain, et 3 points à l'entrée d'autoroutes (cf. Annexe 2). Les données récoltées ont fait l'objet d'un traitement statistique permettant de les adapter au format de parc de CopCETE.
- Pour la zone intra A86, nous avons utilisé les données du parc urbain Ile-de-France issues du projet ZAPARC⁵⁸ (Carteret et al., 2014) qui sont une extrapolation des parcs estimés pour les départements 75, 93, 92 à partir d'enregistrements automatiques sur plusieurs points de mesure. Le trafic est ensuite calé sur une moyenne des comptages SIREDO (2013) sur différents tronçons d'autoroutes franciliennes situés au sein de l'A86. Pour cette moyenne, nous retenons les trafics aux mêmes heures que celles des comptages de l'enquête plaques de la Ville de Paris, pour les PL et pour le total des véhicules. Une soustraction permet alors d'obtenir le nombre de véhicules légers et le nombre de VUL est calculé en utilisant le pourcentage de VUL dans le trafic de véhicules légers du parc roulant d'Ile-de-France provenant du rapport ZAPARC. Le parc initial sur l'A86 est obtenu en extrapolant les données du parc ZAPARC autoroutier en Ile-de-France en 2013. Pour les valeurs absolues du nombre de véhicules, nous effectuons la moyenne des données de comptage SIREDO (2013) de l'A86 aux mêmes créneaux horaires (8h-10h & 14h-16h) ; le pourcentage de VUL retenu est aussi celui du rapport ZAPARC.

⁵⁸ Projet coordonné par l'IFSTTAR « Méthode d'estimation des parcs automobiles et de l'impact de mesures de restriction d'accès sur les émissions de polluants » financé par l'ADEME dans le cadre du programme PRIMEQUAL

Les données fournies par la Dirif et adaptées par l'IAU d'Île-de-France provenant de comptage SIREDO et SIRIUS représentent un volume global de trafic sur quelques points des autoroutes franciliennes, avec une distinction pour les poids lourds.

Les parcs IFSTTAR Global, Urbain et Autoroute, déjà présents dans le logiciel CopCETE, ont été calculés pour l'année 1990, et toutes les années entre 2000 et 2030.

b. Utilisation des phases précédentes de RETMIF

Les phases 1 et 2 de RETMIF ont permis de comprendre les évolutions qualitatives et quantitatives des entreprises de transport au sein des LEZ européennes. Ainsi, de nombreux résultats émanant de ces phases peuvent être réutilisés dans notre définition des parcs.

Le premier résultat, sur les villes de Londres, Berlin et Göteborg, nous dit que le volume de trafic dans les zones et autour n'a pas subi d'évolution notable provoquée par la mise en place des LEZ.

Le renouvellement de parc autour des zones est proche de ce que l'on peut observer à l'intérieur des zones, tout en étant légèrement plus lent. Cela a notamment été observé à Londres et Berlin, et de manière moins explicite à Göteborg en raison de la forte présence d'entreprises de transport et logistique à l'extérieur de la zone.

Les entreprises contactées à Göteborg n'ont pas fait évoluer leur flotte poids lourds vers des modèles plus petits (non concernés par les LEZ) ou vers des modes différents. Par contre, le passage vers des modèles plus « propres » (hybrides ou gaz) est l'un des signaux observés. Ainsi, nous faisons l'hypothèse qu'une ZCR à Paris et/ou en Île-de-France ne modifiera pas la répartition modale des trafics, mais augmentera légèrement la tendance à passer vers des véhicules à carburant alternatif. Cette hypothèse ne s'applique évidemment pas pour nos scénarios « électriques ».

Le type de contrôle de la mesure a un impact fort sur l'accélération du renouvellement du parc automobile. A Berlin où un système de vignettes a été mis en place, le pourcentage de véhicules non-respectueux est plus important les premières années qu'à Londres où le contrôle est effectué de manière automatique par des caméras effectuant une reconnaissance des plaques d'immatriculation. Ainsi, nos parcs relevant de chacun des scénarios prendra en compte cette différenciation. Nous prenons également l'hypothèse que le fait d'avoir un contrôle automatique sur une zone centrale (Paris et périphérie, scénario ZCR 2021) a un effet sur les zones alentours (Intra-A86 et A86), même si ces zones font état d'un contrôle manuel.

Tous les autres signaux, comme par exemple la relocalisation des entreprises ou la réflexion autour des innovations de logistiques urbaines, n'ont pas été pris en compte.

Ces différentes hypothèses nous ont permis de construire une base de correspondance entre chaque scénario ZCR et des pourcentages de véhicules par norme, adaptés avec la situation parisienne, et servant de base à la modélisation des parcs par scénario. Ceux-ci sont exprimés dans le tableau suivant.

	ZCR 2018 (contrôle manuel)	ZCR 2021 (contrôle RFID Paris)
Paris	70 % VUL et 65% PL Euro 5 ou inférieur	96 % VUL et 93% PL Euro 6 ou inférieur
Périphérique	65 % VUL et 60% PL Euro 5 ou inférieur	95 % VUL et 90% PL Euro 5 ou inférieur dont 90 % VUL et 85% PL Euro 6 ou inférieur
Intra A86	65 % VUL et 60% PL Euro 5 ou inférieur	95 % VUL et 90% PL Euro 5 ou inférieur dont 90 % VUL et 82% PL Euro 6 ou inférieur
A 86	65 % VUL et 60% PL Euro 5 ou inférieur	90 % VUL et 85% PL Euro 5 ou inférieur dont 85 % VUL et 80% PL Euro 6 ou inférieur

Tableau 18 : Répartition "idéale" des types de véhicules par norme Euro, selon le scénario de ZER et la zone géographique

c. Adaptation au logiciel CopCETE

Les données d'entrée de CopCETE doivent impérativement suivre la trame proposée par les deux fichiers (dr et cal) décrits précédemment ; nous avons donc dû émettre plusieurs hypothèses de travail.

Hypothèses sur les tronçons

Le projet RETMIF cherche à comprendre l'impact sur les poids lourds et entreprises de marchandises. Nous avons alors décidé, faute de temps, de ne pas prendre en compte les autobus, leur part dans la circulation étant très réduite en comparaison des autres types de véhicules.

Le logiciel ne permet d'intégrer que deux valeurs possibles comme taux de chargement des poids lourds : 50 ou 100%. Nous avons choisi le taux de 50%, correspondant à un aller « plein » et un retour « à vide ».

Le milieu choisi pour les tronçons est le milieu urbain dense, et la pente moyenne choisie est de 0%. Ces données sont celles qui se rapprochent le plus de la situation de nos 4 zones étudiées.

Les vitesses à définir pour le logiciel CopCETE devant être des vitesses moyennes, nous avons choisi des vitesses de 16,7 km/h pour la ville de Paris (d'après la mairie de Paris), 37,5 km/h pour le boulevard périphérique (DIRIF, 2012), 50 km/h pour la zone à l'intérieur de la boucle de l'A86 (VTraffic, 2015), et de 62 km/h pour l'A86 (DIRIF, 2012).

Tous les autres paramètres ont été laissés dans leur valeur standard française.

Hypothèses sur le parc

Les données de la mairie de Paris indiquent des types d'énergies qui n'existent pas dans le logiciel. Nous avons classé ces véhicules avec des 'nouveaux' carburants, non prévus dans CopCETE parmi les types de carburation disponibles. Ainsi, les émissions en GNV et Diesel Euro 6 ont été considérées comme équivalentes. Pour les normes plus anciennes, nous avons considéré que les véhicules GNV ou GPL étaient équivalents à des véhicules de 4 à 6 ans plus récents en équivalent Diesel. Ces estimations se basent sur des entretiens avec différents professionnels du secteur industriel et experts en pollution de l'air.

De même, à Paris les vitesses de circulation étant réduites (16,7 km/h), nous avons émis l'hypothèse que les véhicules hybrides étaient considérés comme électriques.

Ces hypothèses sur les carburants bien que fortes n'auront que peu d'influence sur le résultat final car la proportion de ces 'nouveaux' carburants dans le parc global est très faible.

Enfin, nous n'étudions que l'évolution du transport de marchandises, aussi les valeurs de parc choisies pour les véhicules particuliers sont celles du parc IFSTTAR urbain.

d. Impact de la ZER sur les parcs

Pour être en mesure de simuler les émissions, il est nécessaire, pour chaque cas, d'avoir une description du parc au format CopCETE. Il nous faut donc un parc par année (2014, 2018, 2021 et 2025) et par scénario (fil de l'eau, ZCR et tout électrique). Les parcs initiaux ont été obtenus à partir des données décrites au chapitre précédent. Les parcs correspondant aux différents scénarios sont obtenus en estimant les véhicules qui sortent du parc local (mise au rebut ou vente) et les véhicules qui rentrent.

Les parcs initiaux

Les graphiques ci-dessous représentent les répartitions en 2014 des émissions des principaux polluants étudiés (PM et NO_x) selon les trois catégories de véhicules (VP, VUL, PL) pour chaque zone suivie ; ils donnent un aperçu de l'importance du transport de marchandises dans l'ensemble des émissions du transport routier et donc de l'impact potentiel de nos scénarios sur les émissions de polluants.

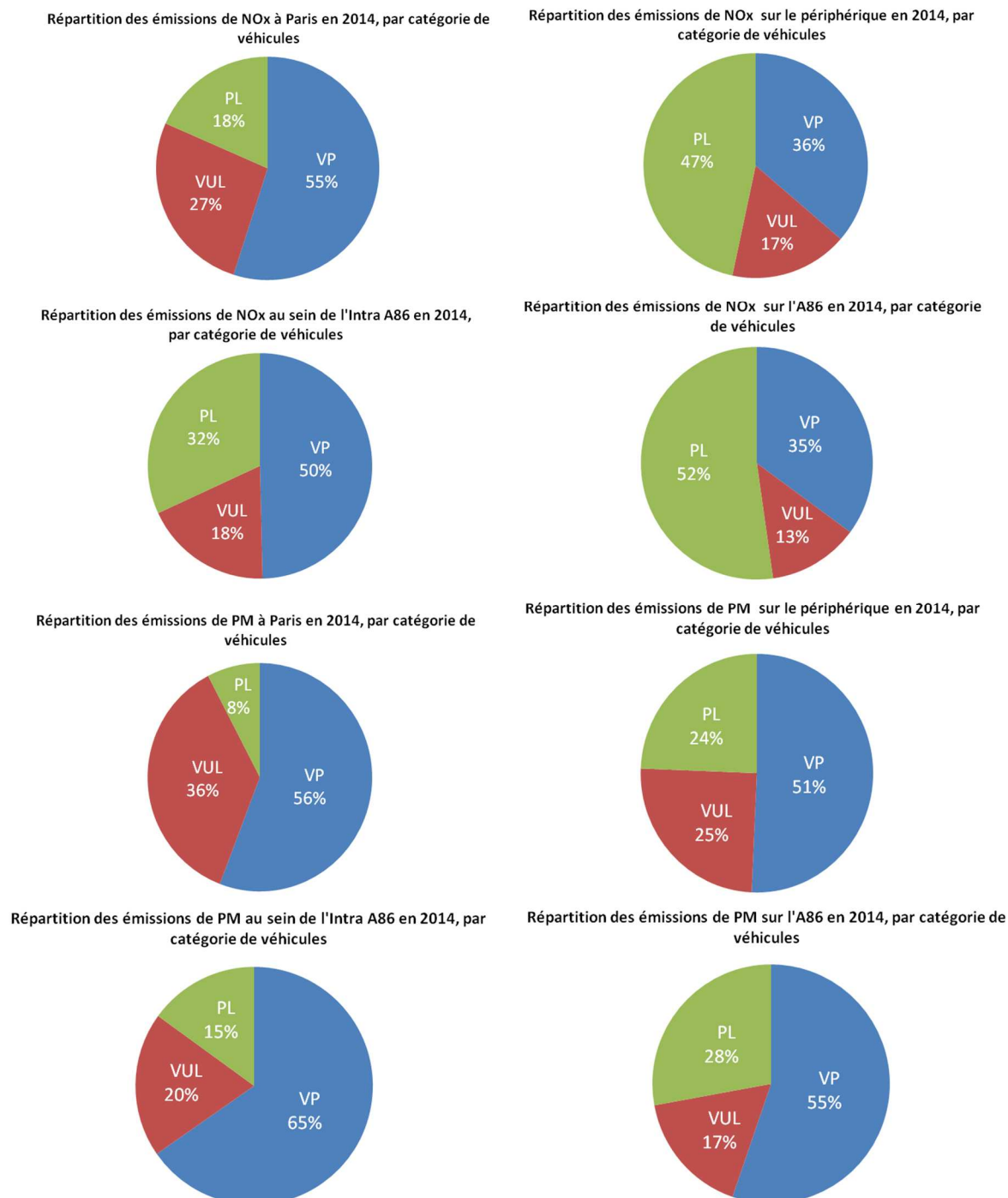


Figure 89 : Répartition des émissions de NO_x et de PM en fonction de la catégorie du véhicule pour les deux zones étudiées

Notre simulation pour 2014 indique que les véhicules utilitaires, poids lourds et VUL, sont à l'origine d'une part importante de la pollution de NO_x et de PM : un peu moins de la moitié (45% des NO_x et 44% des PM) des émissions dans Paris, 50 et 35 % dans l'intra A86, 64 et 49 % sur le périphérique et 65 et 45 % sur l'A86. Nous notons que les PL contribuent particulièrement aux émissions de NO_x et que cette contribution est plus conséquente sur les grands axes routiers qu'au sein des zones urbaines.

e. Règles d'évolution des parcs : les lois de survie

Une fois défini le parc de l'année initiale (2011 pour Paris intra-muros et le périphérique, 2013 pour l'intra A86 et l'A86), il faut estimer son évolution dans chaque scénario et aux différentes années d'étude. D'une part, nous avons estimé, pour chaque catégorie de véhicules, une loi de survie qui indique, pour chaque année le taux de véhicules encore en service pour une génération donnée et, d'autre part, nous déterminons le nombre de véhicules entrants par catégorie de véhicules à partir de ce qui a été observé dans les autres ZER européennes comme indiqué au b/ de ce paragraphe.

Les taux de survie ont été calculés pour les années passées à partir des données d'immatriculations et des données du parc par âge et par année. Puis nous avons ajusté ces taux 'observés' sur une loi de survie théorique, afin d'une part de lisser les irrégularités des courbes de survie mais aussi pour projeter l'évolution de ces taux à l'aide des paramètres de ces lois de survie. Nous utilisons pour cela une loi de Weibull recommandée par Kolli (2012). Avec une loi de type Weibull, le taux de survie s'écrit :

$$S(t) = e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha}$$

Le paramètre α détermine la forme de la courbe, c'est-à-dire comment la courbe de survie est incurvée (plus α augmente et plus la courbe est en escalier) et β est un paramètre d'échelle temporelle, qui influe sur la durée de vie médiane.

Représentation de la loi de Weibull pour différentes valeurs de alpha, avec beta=10

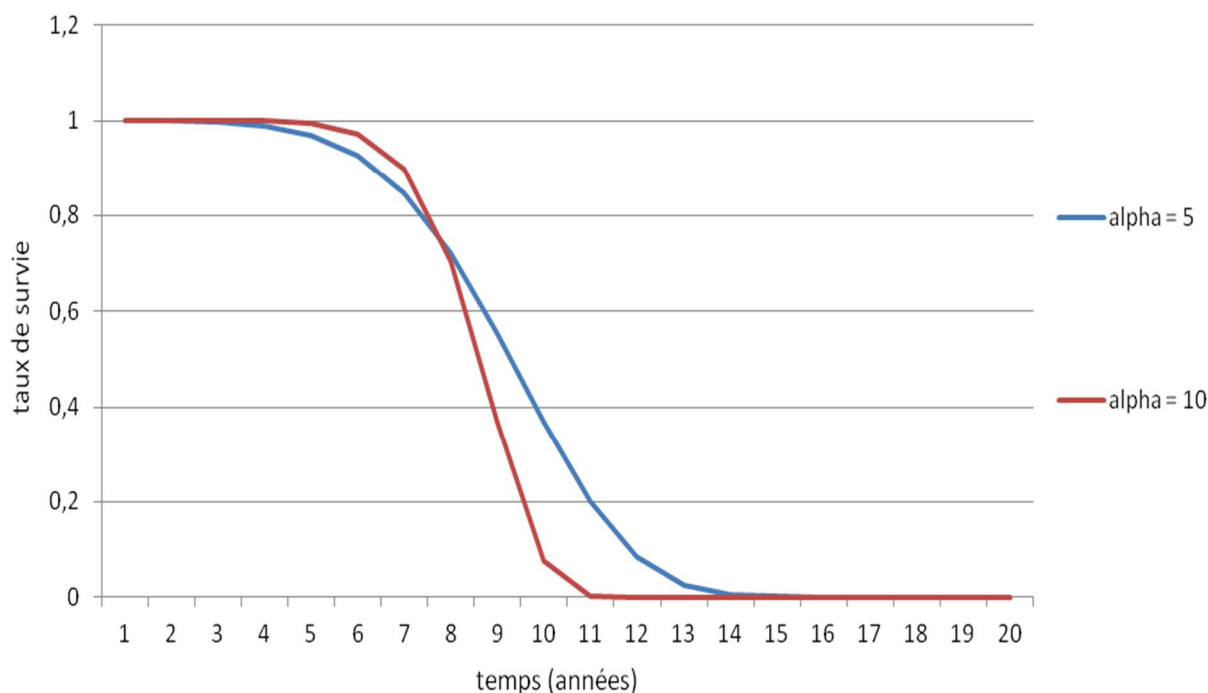


Figure 90 : Etude des coefficients de la loi de Weibull (beta=10), réalisé par les auteurs

Représentation de la loi de Weibull pour différentes valeurs de beta, avec alpha=5

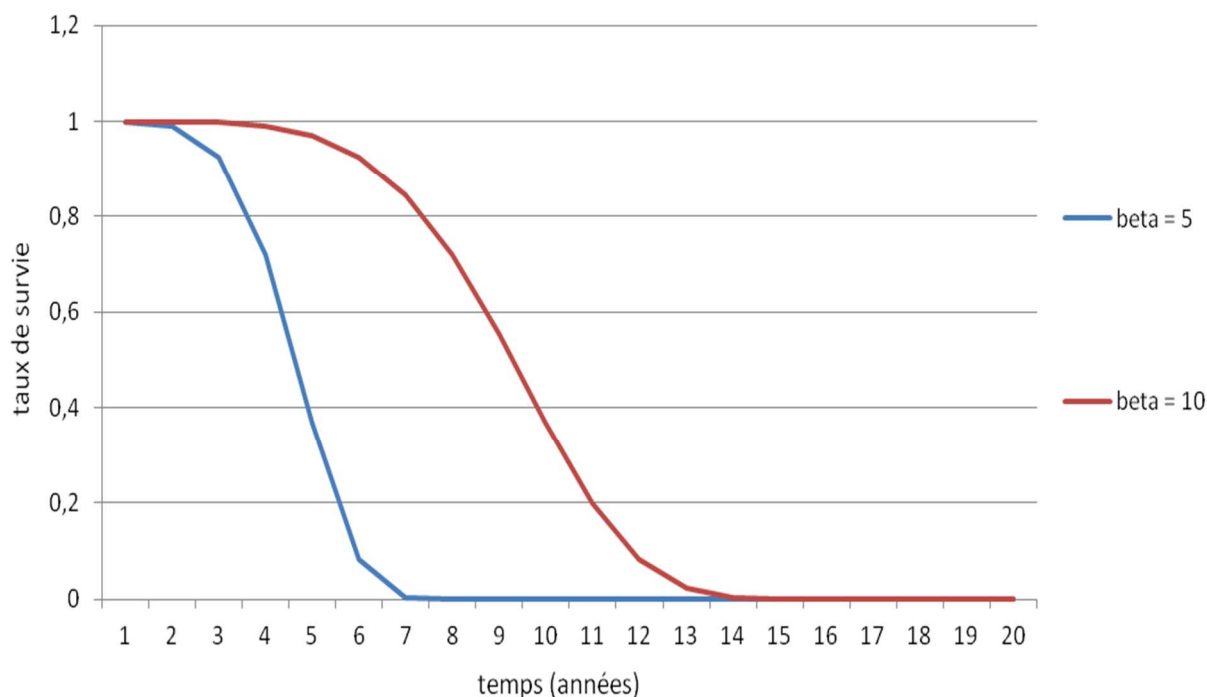


Figure 91 : Etude des coefficients de la loi de Weibull ($\alpha=5$), graphique réalisé par les auteurs

Détermination du couple α/β pour chaque catégorie

Pour calculer un taux de survie par année, il faudrait en effet avoir le détail du parc de chaque année, par année d'immatriculation : ni l'enquête quinquennale pour les VUL, ni l'enquête permanente TRM pour les poids lourds ne donnent une telle précision pour le transport de marchandises. En outre, l'enquête TRM subit un redressement avec coefficient de pondération et n'est donc pas un compte strict. Pour remédier à ce manque de données, nous supposons que les taux de survie suivent une loi de Weibull, et cherchons à déterminer les paramètres α et β qui correspondent à chaque catégorie de véhicules en appliquant, pour une année donnée, des coefficients de Weibull au nombre de véhicules immatriculés depuis 30 ans. On cherche ensuite à minimiser l'écart avec le parc de l'année considérée en jouant sur les paramètres α et β . Le système n'étant pas linéaire, il faut le résoudre à l'aide d'une méthode numérique. Sachant que seulement deux paramètres sont à définir, le calcul est faisable manuellement à l'aide d'un tableur.

Représentation de l'optimisation du couple alpha/beta

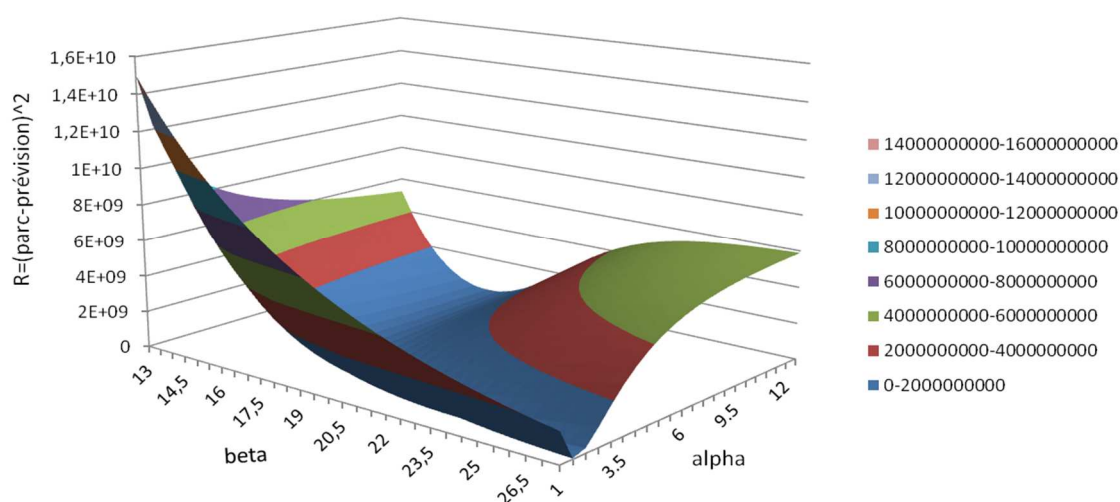


Figure 92 : Une infinité de couple alpha/beta

En fait, il existe une infinité de couples qui minimisent l'écart entre le parc réel et la modélisation avec des coefficients suivant une loi de Weibull (Figure 92). En conséquence, nous avons décidé de fixer α d'après le travail réalisé par Bourdeau (1997). Bourdeau a ajusté les taux de survie à une loi log-normale ; à partir de ses courbes. Pour caler une loi de Weibull et obtenir les paramètres α et β , nous faisons l'hypothèse que α ne dépend pas du temps, qu'il est donc fixe par catégorie de véhicules chaque année. Cette hypothèse forte se justifie par le fait que α est très lié au type de véhicule et on considère que ce paramètre, qui représente la rapidité de l'usure du véhicule, est intrinsèque à la catégorie. Une fois cette hypothèse faite, il nous reste à optimiser en fonction de β .

On s'intéresse donc aux catégories de véhicules utilitaires, pour lesquelles on dispose de données d'immatriculations remontant assez loin dans le passé. On va alors comparer les résultats de β optimal dans le cas des tracteurs routiers et dans celui des camions et camionnettes, puis tracer l'évolution du coefficient β optimal obtenu entre 1993 et 2014.

Evolution du coefficient beta optimal pour véhicules utilitaires légers

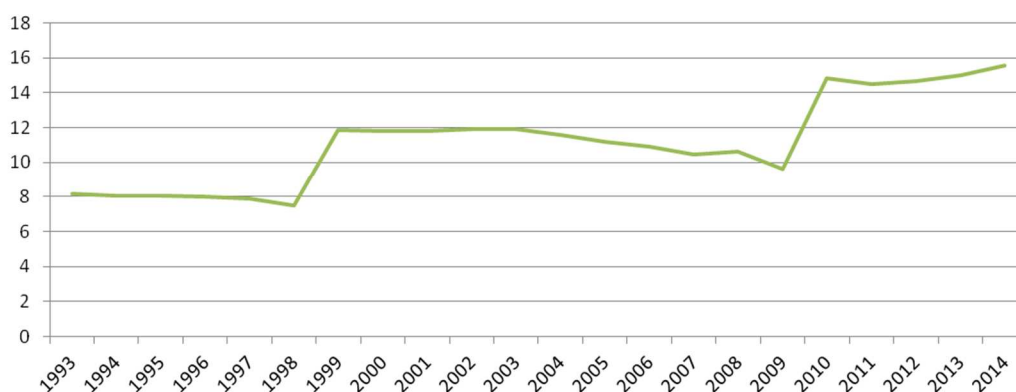


Figure 93 : Détermination du beta pour les VUL

Dans le cas des VUL (Figure 93), β varie par paliers : aux alentours de 8 entre 1993 et 1998, puis entre 10 et 12 jusqu'en 2010 où il se stabilise vers 14,9. Ces différents paliers peuvent avoir diverses explications, notamment le comportement des acheteurs qui peuvent être incités par des mesures politiques favorisant le renouvellement. Mais le palier entre 2009 et 2010 s'explique très probablement par un changement dans la manière de compter les véhicules : avant 2009 étaient comptabilisés tous les véhicules de moins de vingt ans alors qu'après cette date seuls les véhicules de moins de quinze ans sont comptabilisés.

Evolution du coefficient beta optimal pour les poids-lourds

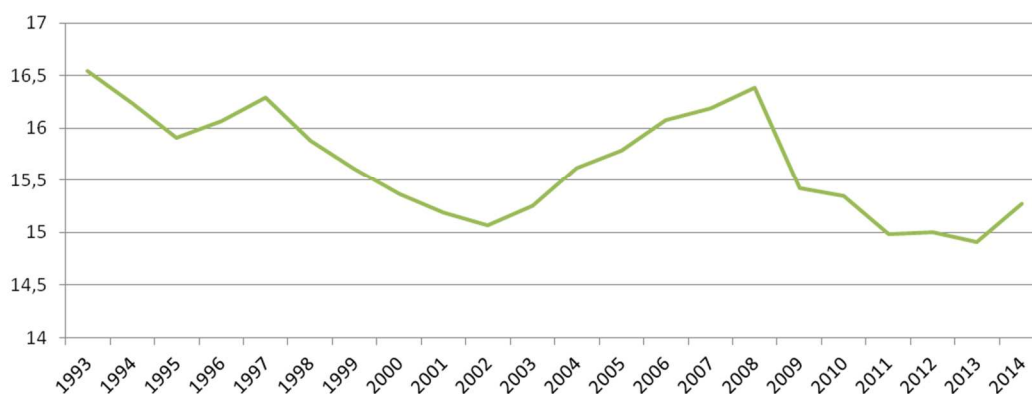


Figure 94 : Détermination du beta pour les poids lourds

Les variations de β sont beaucoup plus marquées dans le cas des poids lourds (Figure 94). β croît ou décroît sur de longues périodes. Comme dans le graphique précédent, on remarque le pic en 2009 probablement dû au changement dans la façon de compter. La valeur de β est comprise entre 15 et 17. Finalement, pour définir les évolutions prévisionnelles, nous conservons les valeurs α de Bourdeau, et nous retenons la valeur moyenne de β à partir de 2009 comme indiqué dans le tableau ci-après.

	Camionnettes	Camions	Semi-remorques
Alpha	2,1	3,3	3,9
Beta	14,9	15,17	15

Tableau 19 : Valeurs des coefficients alpha et beta retenus

f. Applications aux parcs des 4 zones étudiées

Comme déjà précisé, nous avons évalué les parcs de quatre zones distinctes : Paris intra-muros, le périphérique, la zone intra-A86 et sur l'A86. Pour chaque zone, on distingue les véhicules selon la structure du logiciel CopCETE. N'ayant pas de données suffisamment précises pour construire des lois par types de véhicule, nous supposons que tous les types de véhicules appartenant à une même catégorie (à savoir VP, VUL, camion, semi-remorque) suivent la même loi et que, à l'intérieur de la catégorie, les types de véhicules sont uniquement différenciés par les données de l'année initiale.

En outre, comme dans les cas de Berlin et Londres, nous faisons l'hypothèse que le trafic total reste constant par sous-catégorie de véhicules (phase 2 du projet RETMIF), c'est-à-dire que tout véhicule abandonné est remplacé par un modèle récent du même véhicule. Cette hypothèse permet d'analyser l'impact du renouvellement du parc, indépendamment des tendances entre les différentes sous-catégories.

Par ailleurs, sachant que la part des véhicules électriques est extrêmement faible, et qu'aucune réglementation ou politique forte n'existe aujourd'hui sur leur développement, nous gardons constant ce pourcentage dans les deux scénarios « fil de l'eau » et « Zone à Circulation Restreinte ». Le scénario « électrique » permettra d'évaluer l'impact possible d'une évolution des véhicules propres.

Les parcs 'au fil de l'eau'

Notre démarche consiste donc à évaluer le parc à une année donnée pour les différentes zones, puis à y appliquer nos lois de survie définies précédemment. Concrètement, pour un type de véhicule donné (par exemple un PL Diesel de norme Euro 4), nous supposons que celui-ci a autant de chances d'avoir été fabriqué lors de chaque année où la norme était la plus récente sur le marché (Tableau 20 et Tableau 21), et nous lui appliquons ensuite le coefficient de survie correspondant sur les années à venir.

Par exemple, pour les PL Diesel Euro 4 en 2014, environ un tiers a été immatriculé en 2006 et de même pour 2007 et 2008. Pour la norme Euro 6, on reporte le nombre de véhicules de la même sous-catégorie qui ont été jetés sur l'année, conformément à l'hypothèse précédente de remplacement des véhicules jetés.

Tableau 20 : Années d'immatriculation de chaque norme Euro pour les PL

Conventionnel	1988	1989	1990	1991	1992
Euro 1	1993	1994	1995		
Euro 2	1996	1997	1998	1999	2000
Euro 3	2001	2002	2003	2004	2005
Euro 4	2006	2007	2008		
Euro 5	2009	2010	2011	2012	2013
Euro 6	2014...				

Tableau 21 : Années d'immatriculation de chaque norme Euro pour les VUL

Conventionnel	1990	1991	1992	1993	1994
Euro 1	1995	1996	1997	1998	
Euro 2	1999	2000	2001		
Euro 3	2002	2003	2004	2005	2006
Euro 4	2007	2008	2009	2010	
Euro 5	2011	2012	2013	2014	
Euro 6	2015...				

Ceci a donc permis d'obtenir les parcs «au fil de l'eau » sur chaque zone pour les années suivant celle du comptage. Ces parcs au fil de l'eau, comparés aux parcs « scénario ZER» indiquent l'impact d'une zone à circulation réduite sur le parc.

Les parcs dans le scénario ZCR

Pour déterminer les parcs du scénario ZCR, nous nous appuyons sur les taux de respect des réglementations observées à Berlin et Londres, tout en tenant compte des spécificités de chacune des capitales (par exemple le parc parisien est initialement plus ancien) et du type de contrôle mis en place. On obtient alors le tableau suivant de respect de la réglementation :

Tableau 22 : Taux de respect de la réglementation ZER définis par zone et par année de suivi

	2018 (contrôle manuel)	2021 (contrôle RFID)
Paris	Limitation : E5 VUL 70%, PL 65%	Limitation : E6 VUL 96%, PL 93%
Périphérique	Limitation : - E5: VUL 65%, PL 60%	Limitation : E5 E6 : VUL 90%, PL 85% E5 : VUL 95%, PL 90%
Intra A86	Limitation : - E5: VUL 65%, PL 60%	Limitation : E5 E6 : VUL 90%, PL 82% E5 : VUL 95%, PL 90%
A 86	Limitation : - E5: VUL 65%, PL 60%	Limitation : - E6 : VUL 85%, PL 80% E5 : VUL 90%, PL 85%

Pour obtenir ces taux, nous jouons à nouveau sur le coefficient beta de la loi de Weibull à partir de l'année d'annonce de la mesure, ce qui correspond à l'accélération du renouvellement observé dans toutes les zones à émission réduites. Beta détermine l'âge médian de survie et sa diminution entraîne une durée de vie plus faible des véhicules anciens (voir ci-après Figure 95 pour l'exemple d'un VUL immatriculé en 2008).

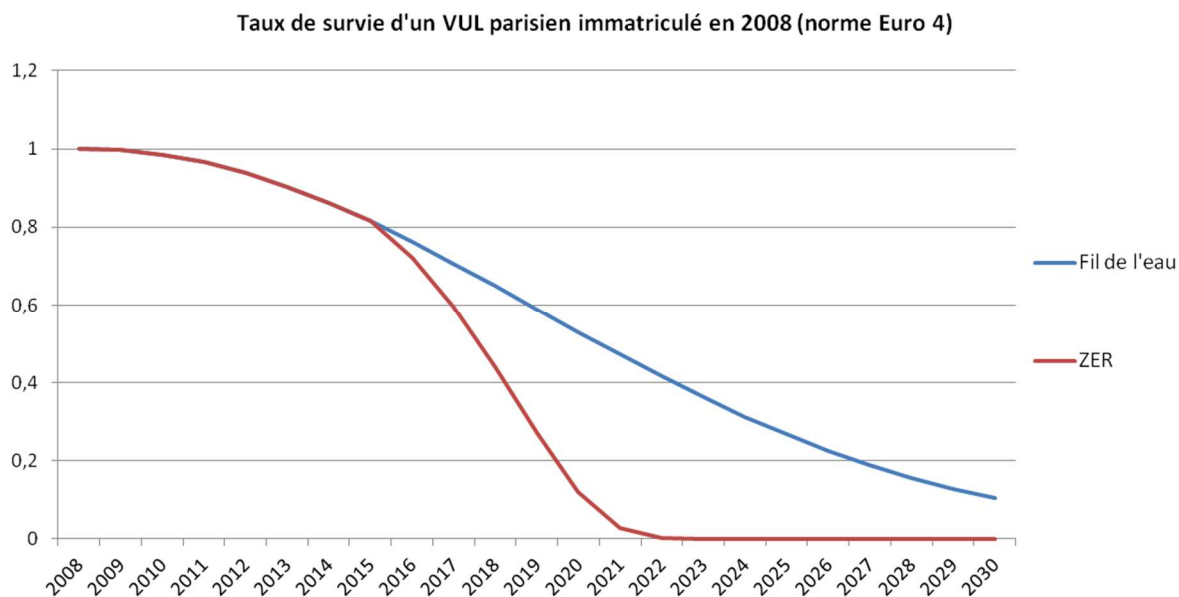


Figure 95 : Exemple de modifications dans la loi de survie : exemple d'un VUL immatriculé en 2008

Tableau 23 : Récapitulatif des valeurs de beta utilisées pour le graphe précédent

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	13,6	12,3
2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
11	9,7	8,4	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
2028	2029	2030							
7,1	7,1	7,1							

Nous obtenons donc in fine une estimation de la structure du parc roulant (pourcentage de chaque trafic) pour chaque année, pour chaque zone et chaque scénario (au fil de l'eau et avec la mise en place d'une ZCR). Ces structures de parc sont reproduites en Annexe 3. Nous regardons dans un premier temps les différents taux de survie en fonction des zones ou des catégories. La Figure 96 présente les taux de survie de certains VUL pour le scénario ZCR en fonction des zones.

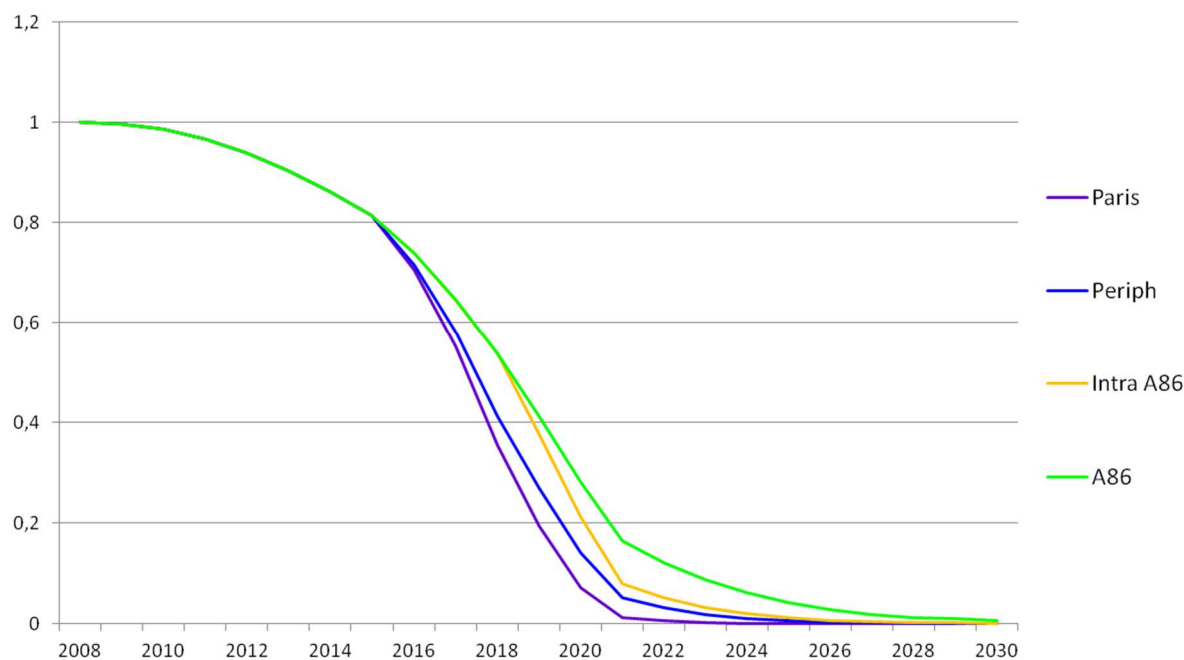


Figure 96 : Lois de survie pour un VUL immatriculé en 2008 et pour chaque zone

Pour les VUL, nous observons deux tendances à partir de 2016, année de prise en compte d'une future ZCR : à Paris et sur le Périphérique, le renouvellement est plus rapide que sur les zones correspondant à l'intra A86 et à la A86, en raison d'un parc plus ancien au départ. A partir de 2019 une nouvelle dissociation des courbes apparaît, due à la prise en compte de la deuxième étape de la ZCR en 2020 encore plus restrictive (cf. Tableau 17). En 2021, on distingue les trois courbes dans l'ordre de distance par rapport à Paris, avec celle de l'A86 au-dessus car non touchée directement par la ZCR. Enfin, au-delà de 2021, l'évolution connaît un ralentissement conformément à ce qui a été observé dans les autres ZCR européennes étudiées et nous observons un point anguleux en 2021 sur chaque courbe.

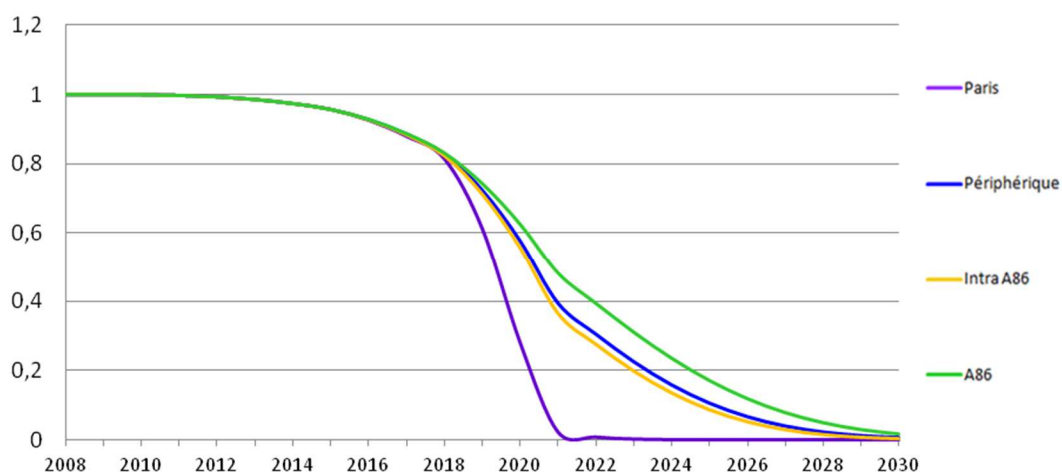


Figure 97 : Lois de survie pour un poids lourd immatriculé en 2008 et pour chaque zone

Pour les poids lourds (Figure 97), aucune différence n'est notable en 2016. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que l'évolution prévue pour le scénario au fil de l'eau des PL sur les différentes zones est relativement proche des taux de respect retenus pour le scénario ZCR. Une dissociation apparaît en 2019, en raison de la nouvelle restriction mise en place en 2020. On observe un renouvellement très fort sur Paris dû à la restriction en Euro 6, puis le périphérique et l'intra A86 subissent un renouvellement un peu moins important, et enfin l'A86 est toujours la zone la moins touchée car en dehors de la ZCR. A noter que la courbe périphérique est légèrement au-dessus de celle de l'intra A86, ce qui peut être expliqué par un parc de PL plus récent sur le périphérique.

Les graphes suivants (Figure 98 et Figure 99) montrent, dans chaque zone, les proportions de véhicules Euro 5, 6 et électriques par rapport aux autres véhicules, c'est-à-dire l'évolution de la part des nouvelles normes par rapport aux anciennes, dans les scénarios 'au fil de l'eau' et 'ZCR'.

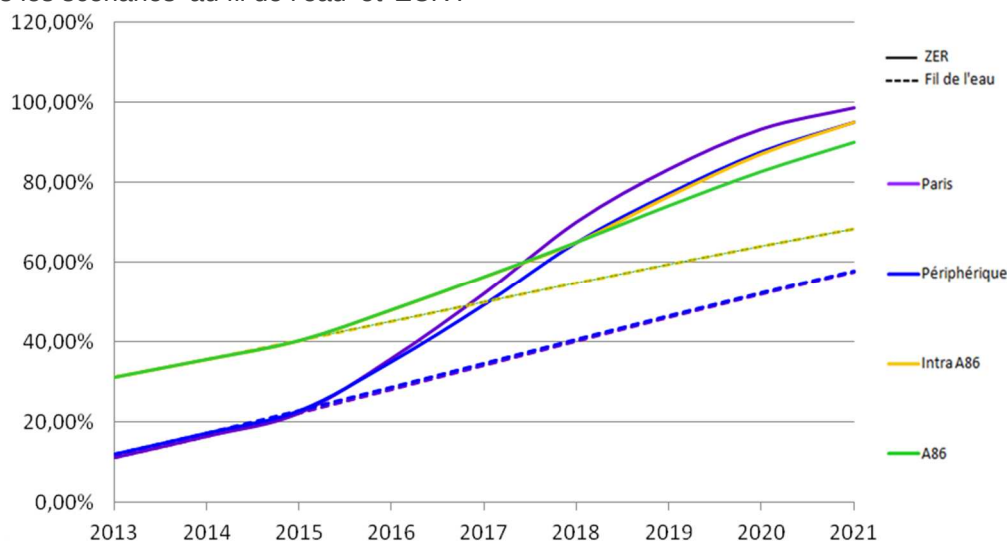


Figure 98 : Proportion de VUL Euro 5, 6 ou électriques pour chaque scénario et chaque zone

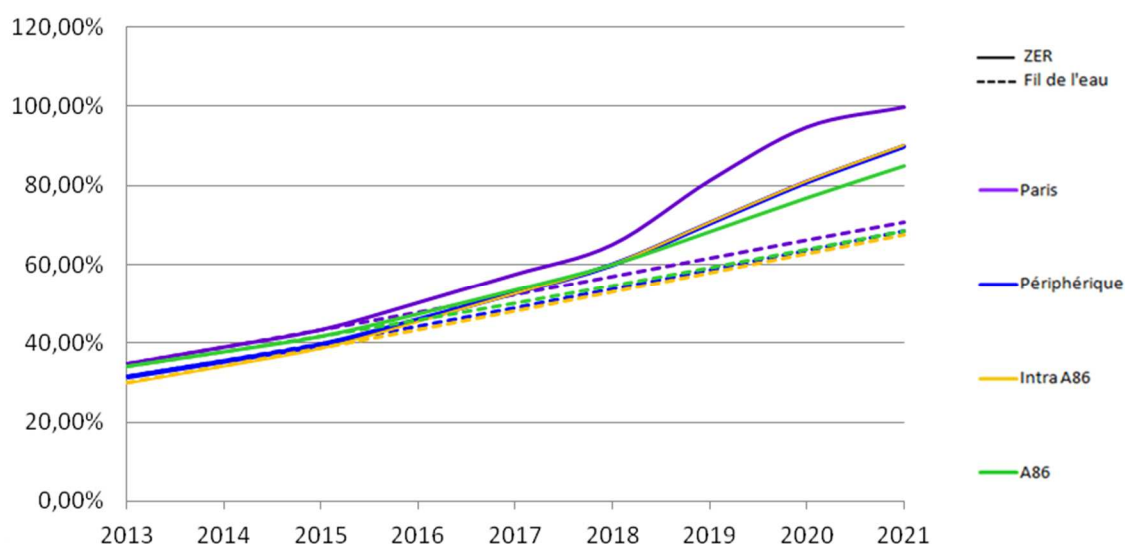


Figure 99 : Proportion de PL Euro 5, 6 ou électriques pour chaque scénario et chaque zone

On observe que la ZCR accélère le renouvellement du parc, pour toutes les catégories de véhicules utilitaires et pour toutes les zones, que ce soit en 2018 ou en 2021. Il semble néanmoins que les données de départ soient très différentes : pour les VUL, il y a une sensible différence entre les données issues du comptage plaque 2011 de la Ville de Paris et celles de l'étude ZAPARC. En conséquence, les deux séries de données ne sont pas réellement comparables sous cette forme. Afin de mieux quantifier l'impact de la ZCR, nous présentons donc les graphiques en évolution relative (Figure 100 et Figure 101), c'est-à-dire que les proportions affichées sont le rapport entre les proportions du scénario ZCR sur les proportions du scénario fil de l'eau. Cette méthode permet ainsi de comparer les réelles évolutions et de ne pas se focaliser sur les différences initiales.

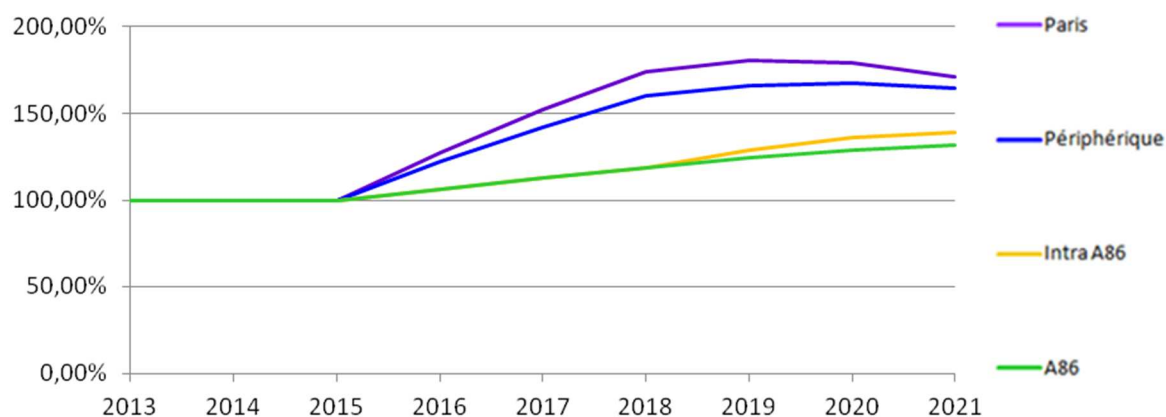


Figure 100 : Evolution relative de la proportion de VUL Euro 5, 6 ou électriques pour le scénario ZER par rapport au fil de l'eau

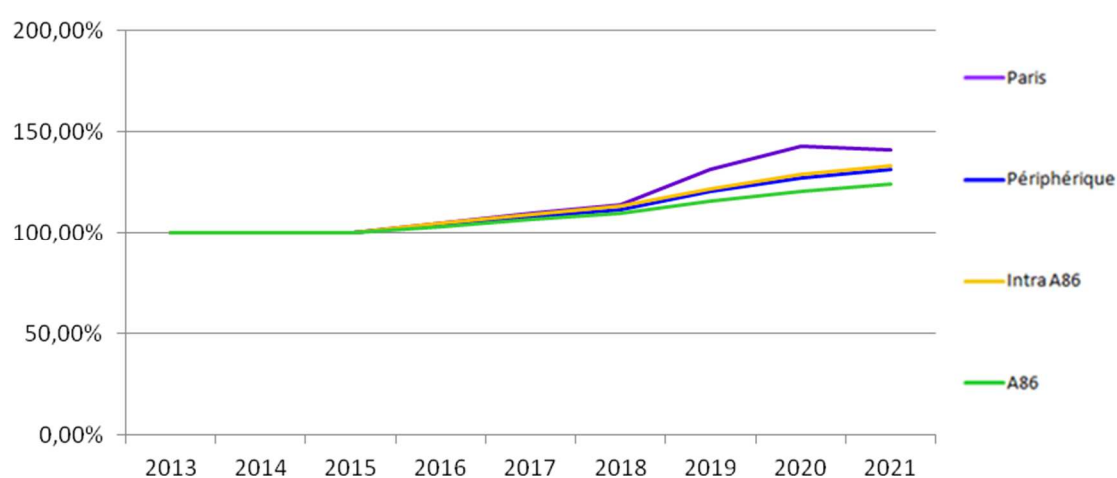


Figure 101 : Evolution relative de la proportion de PL Euro 5, 6 ou électriques pour le scénario ZER par rapport au fil de l'eau

Les parcs VUL Paris et Périphérique étant initialement plus anciens, on obtient des impacts plus importants. Les résultats obtenus sont, de manière globale, très encourageants. Le tableau ci-dessous récapitule les évolutions relatives pour chaque catégorie et chaque zone.

Tableau 24 : Evolution relative de la proportion de véhicules Euro 5, 6 et électriques pour le scénario ZER par rapport au fil de l'eau (Index 2014 =100%)

	2014	2018	2021
VUL Paris	100%	147%	171%
VUL Périphérique	100%	160%	164%
VUL Intra A86	100%	119%	139%
VUL A86	100%	119%	132%
PL Paris	100%	114%	141%
PL Périphérique	100%	112%	132%
PL Intra A86	100%	113%	133%
PL A86	100%	110%	124%

Les graphes suivants (Figure 102 et Figure 103) représentent quant à eux les évolutions de la proportion de véhicules Euro 6 pour le scénario ZCR par rapport au scénario fil de l'eau. Nous rappelons que la norme Euro 6 serait, selon nos scénarios, la seule acceptée dans Paris à partir de 2020.

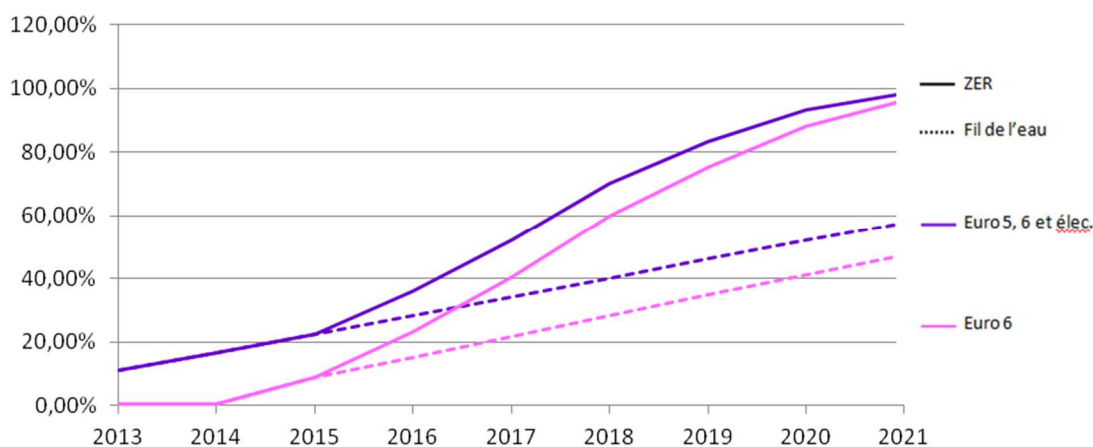


Figure 102 : Evolution de la proportion des VUL Euro 6 par rapport aux véhicules Euro 5, 6 et électriques dans Paris, pour le scénario ZCR/ZER

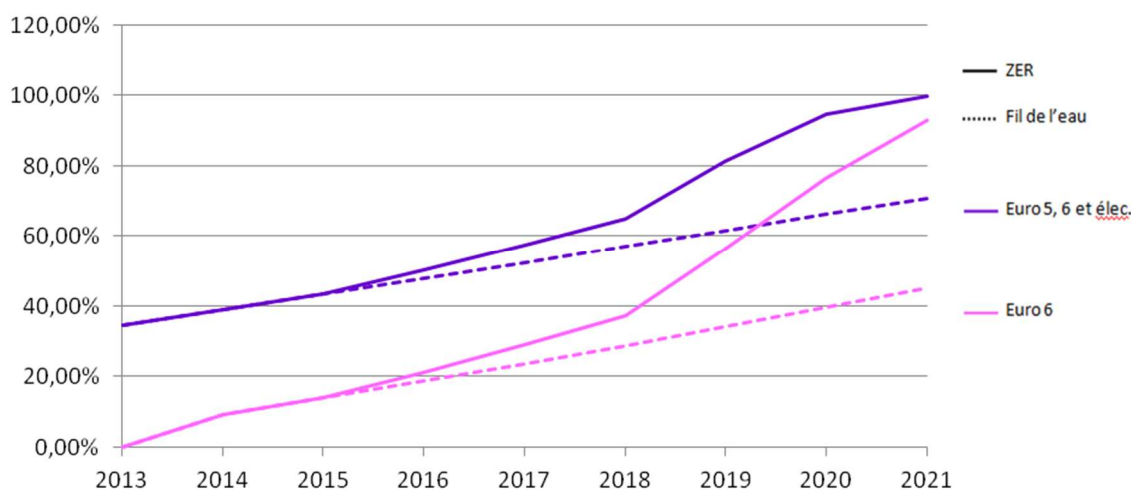


Figure 103 : Evolution de la proportion des PL Euro 6 par rapport aux véhicules Euro 5, 6 et électriques dans Paris, pour le scénario ZCR/ZER

La ZCR va augmenter la proportion (et donc le nombre) de véhicules utilitaires de façon très significative. Ceci montre une modernisation accélérée du parc comme observée dans les autres LEZ étudiées (Londres, Berlin ou Göteborg).

g. Conclusion de l'impact de la ZCR sur les parcs

En l'absence de ZCR, le renouvellement 'naturel' du parc ancien par de nouveaux véhicules à la norme Euro la plus récente se fait progressivement ; l'annonce puis la mise en place d'une ZCR accélère ce renouvellement. Le Tableau 25 qui prend l'exemple de l'évolution des poids lourds dans Paris nous permet d'analyser plus en détail cet impact de la ZCR.

Tableau 25 : Evolution de la répartition des PL dans Paris selon leur norme Euro

Norme Euro	Fil de l'eau			ZCR		
	2014	2018	2021	2014	2018	2021
Conventionnel	1,5%	0,2%	0,04%	1,5%	0,03%	0,00%
Euro I	1,2%	0,4%	0,1%	1,2%	0,1%	0,00%
Euro II	11, 6%	5,5%	2,3%	11,6%	3,0%	0,00%
Euro III	23,5%	16,6%	10,6%	23,5%	13,2%	0,00%
Euro IV	23,4%	20,3%	16,1%	23,4%	18,7%	0,2%
Euro V	29,5%	28,3%	25,7%	29,5%	27,7%	6,8%
Euro VI	9,4%	28,7%	45,2%	9,4%	37,3%	93,0%

La part des poids lourds les plus anciens ($\leq$ Euro II) est faible en 2021 dans le scénario au fil de l'eau et devient nulle ou négligeable dans notre scénario ZCR ; l'impact de la mise en place d'une ZCR sur ce parc ancien est donc faible (2,5%). En revanche, ces vieux véhicules ayant des émissions très importantes par kilomètre, l'impact sur les émissions est beaucoup plus important.

Pour les poids lourds plus récents (Euro III à V) qui représente 76 % du parc en 2014, l'impact de la ZCR est beaucoup plus sensible sur l'évolution du parc : dans Paris la part de ces PL passe de 76% en 2014 à 7% dans le scénario ZCR 2021 (-69%) contre 52% en 2021 dans le scénario fil de l'eau (-24%). La tendance est la même pour les VUL dans Paris.

Pour les zones géographiques hors Paris, le fait que les véhicules Euro 5 sont en service depuis 2009 pour les PL et 2011 pour les VUL implique que le scénario ZCR 2021 n'aura que peu d'influence sur le renouvellement effectif du parc. Le taux de renouvellement naturel (au fil de l'eau) des PL et VUL est suffisamment rapide pour que la ZCR ne provoque pas de bouleversement important. Dans Paris, l'impact est plus fort car la ZCR implique de l'Euro 6 donc des véhicules 4 à 5 ans plus récents (Figure 102 et Figure 103).

La ZCR va augmenter la proportion (et donc le nombre) de véhicules utilitaires 'propres' de façon significative. Cette modernisation accélérée du parc a été déjà observée dans les autres pays (Londres et Berlin).

3.2.4. Impact de la ZCR sur les émissions

Dans cette partie nous comparons les émissions pour les scénarios fil de l'eau et ZCR, puis nous analysons quelques résultats concernant les impacts prévisibles des scénarios électriques. Pour quantifier les émissions, nous avons utilisé le logiciel COPCETE dont la structure et le fonctionnement ont été présentés dans la section précédente. En limitant la circulation aux véhicules les moins polluants, une ZCR va jouer sur la structure du parc en circulation et nous faisons ici l'hypothèse que les autres paramètres du calcul, telles que les caractéristiques des voies de circulation, la température, etc, ne sont pas modifiés par la mise en place de la ZCR. La comparaison des résultats des émissions de polluants calculées dans les différents scénarios permet de donc d'isoler l'effet spécifique d'instauration d'une ZCR et son mode de contrôle. Ces comparaisons permettront ainsi d'avoir une vision plus claire de l'impact de l'évolution de la structure du parc sur les émissions. Compte tenu du temps disponible et de nos connaissances, nous ne nous intéressons ici qu'aux émissions et non à leur dispersion ni à l'exposition des populations ou des bâtiments à ces polluants. La quantification des émissions est faite pour analyser l'évolution des émissions dans chacune des quatre zones géographiques complémentaires retenues (Paris intra-muros, périphérique, entre le périphérique et l'A86, et l'A86), sans qu'il soit possible d'obtenir un 'total' (ensemble de ces quatre zones), faute de précision sur les valeurs absolues de chaque zone.

a. Emissions des scénarios fil de l'eau et ZCR

Nous analysons ici les résultats des simulations des scénarios principaux : au fil de l'eau et ZCR évolutif dont les émissions ont été quantifiées en 2014, 2018 et 2021.

Les graphes suivants (Figure 104 et Figure 105) présentent quant à eux les évolutions des émissions calculées pour un véhicule représentatif de chaque zone selon les scénarios choisis et les zones étudiées, et ce par kilomètre. Ce véhicule représentatif est un véhicule moyen reprenant les caractéristiques de tous les véhicules de notre parc roulant sur cette zone (catégorie, type, cylindrée, carburant...). Cette manipulation nous permet ainsi de réellement comparer les évolutions, sur des zones dont le trafic n'est pas comparable par exemple.

La Figure 104 expose les évolutions relatives des émissions de NO_x selon les situations. Nous précisons ici que les couleurs utilisées pour représenter les catégories de véhicules et les zones seront conservées tout au long de cette partie. Par ailleurs, en raison des bases de données utilisées au départ, les courbes débutent en 2011 ou en 2013 selon les zones géographiques.

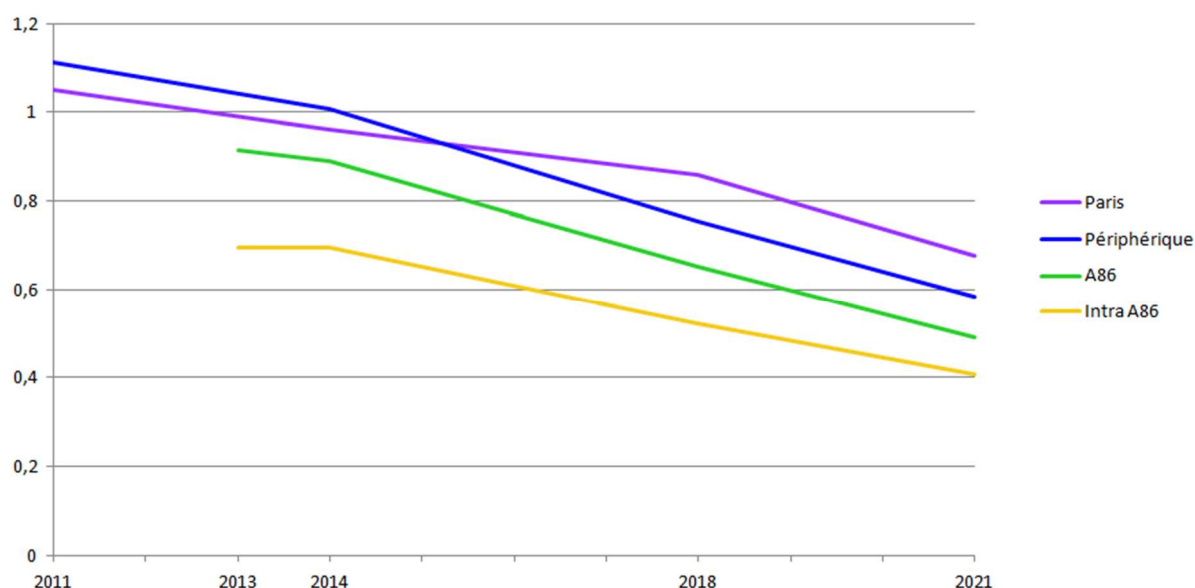


Figure 104 : Evolution des émissions de NO_x (g/vkm) pour un véhicule représentatif de chaque zone (y compris les VP) dans le scénario au fil de l'eau

Pour le scénario ZCR, la diminution s'accélère à partir de 2015, grâce à l'arrivée de la norme Euro 6 et à l'annonce de la mise en place des ZCR. En 2021, l'écart entre les deux scénarios est le plus conséquent sur le périphérique, avec une baisse de 0,224 g/véhicule/km soit de 37% ; tandis que celui sur l'Intra A86 est le plus faible, à hauteur de 0,115 g/véhicule/km, soit une baisse de 27,3%.

Les évolutions relatives des émissions ont également été calculées pour chaque zone géographique étudiée. Celles-ci ont été déterminées en divisant pour chaque année d'étude les émissions du scénario ZCR par celles du scénario fil de l'eau, afin d'avoir une vision directe des impacts de la mise en place de la ZCR.

Concernant les évolutions relatives des émissions de NO_x par zone d'étude, l'écart entre les deux scénarios se creuse au fil des années. Par rapport aux émissions du scénario fil de l'eau, les émissions de NO_x du scénario ZCR représentent par exemple en 2021 une réduction de comprise entre 25 et 35% selon les zones. La valeur est plus importante pour le périphérique et l'A86 car ces parcs sont initialement plus anciens.

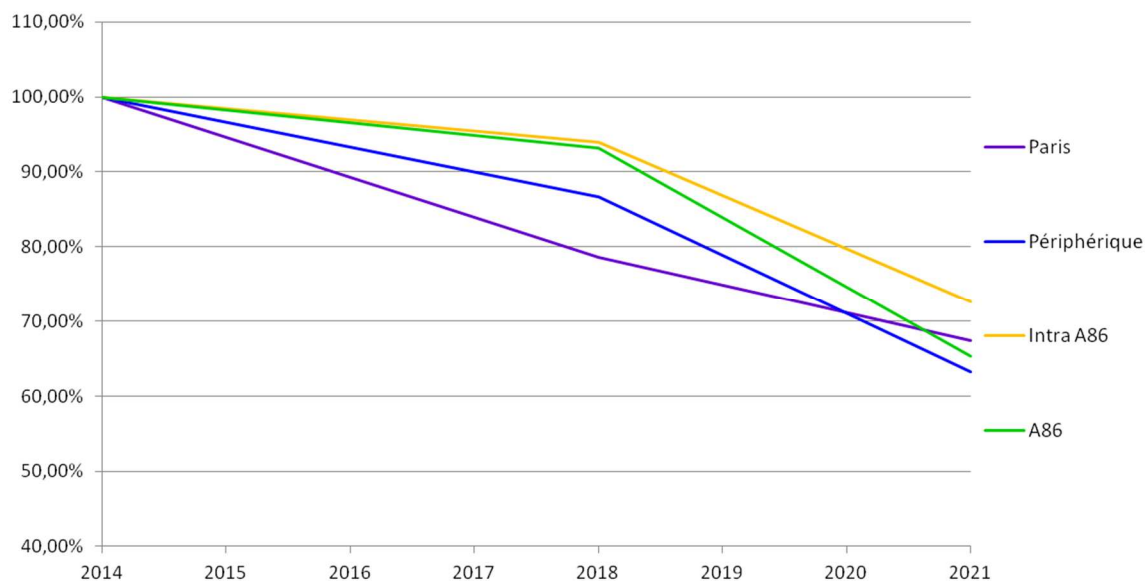


Figure 105 : Evolution relative des émissions de NO_x pour le scénario ZCR par rapport au fil de l'eau

Si on prend comme base que 60 % des émissions totales de NO_x proviennent du transport routier (CITEPA 2014), on aurait donc, au bout de 6 ans après l'annonce de la ZCR (en 2021) une réduction de NO_x de 15 à 25% grâce à la ZCR (Figure 105). Ces chiffres paraissent nettement supérieurs aux valeurs 'observées' dans les autres villes européennes. Plusieurs explications sont possibles à cela :

- Londres et Berlin ne prennent en compte que les PM (possibilité de mettre un filtre à particules, ce que font la majorité des véhicules).
- Les LEZ de Londres et Berlin interdisent les véhicules plus anciens que Euro 4 pour le Diesel. Or, dans la pratique, les véhicules Euro 5 émettent plus de NO_x que les véhicules légèrement plus anciens.
- Enfin, nous ne connaissons pas les changements de trajets provoqués par les ZCR.

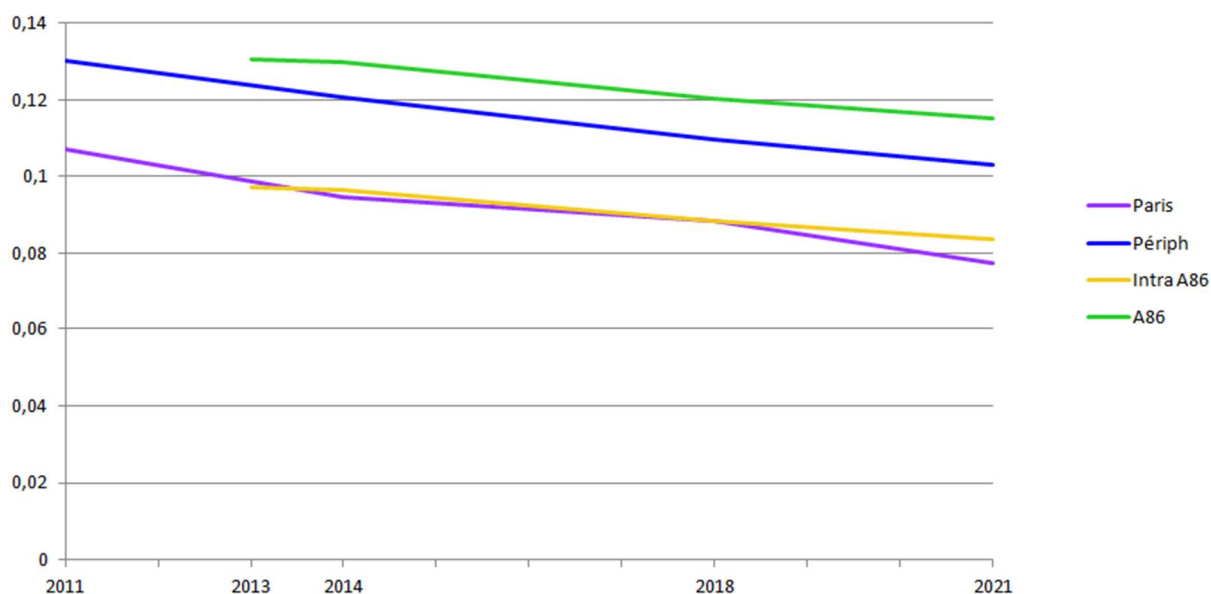


Figure 106 : Evolution des émissions de PM (g/vkm) pour un véhicule représentatif de chaque zone (y compris les VP) dans le scénario au fil de l'eau

Concernant les PM (Figure 106), la tendance est à la baisse pour toutes les zones, mais la diminution est proportionnellement plus faible que pour les NO_x. Cela s'explique probablement par le fait que la diminution des émissions à mesure de la progression des normes Euro est plus faible que pour les NO_x et surtout deux phénomènes ont plus d'impact sur les PM que la norme Euro :

Les filtres à particules qui se généralisent à partir des véhicules Euros 4 et 5.

Et les particules proviennent en grande partie des émissions hors échappement (non impactées par la norme Euro) : re-suspension et abrasion.

Paris connaît le plus grand écart entre les deux scénarios avec une baisse de 15%, alors que dans l'intra A86, la baisse due à la ZCR serait seulement de 3%.

Nous pouvons alors étudier les évolutions relatives des émissions de PM et regarder de plus près les impacts de la mise en place de la ZCR sur ce polluant.

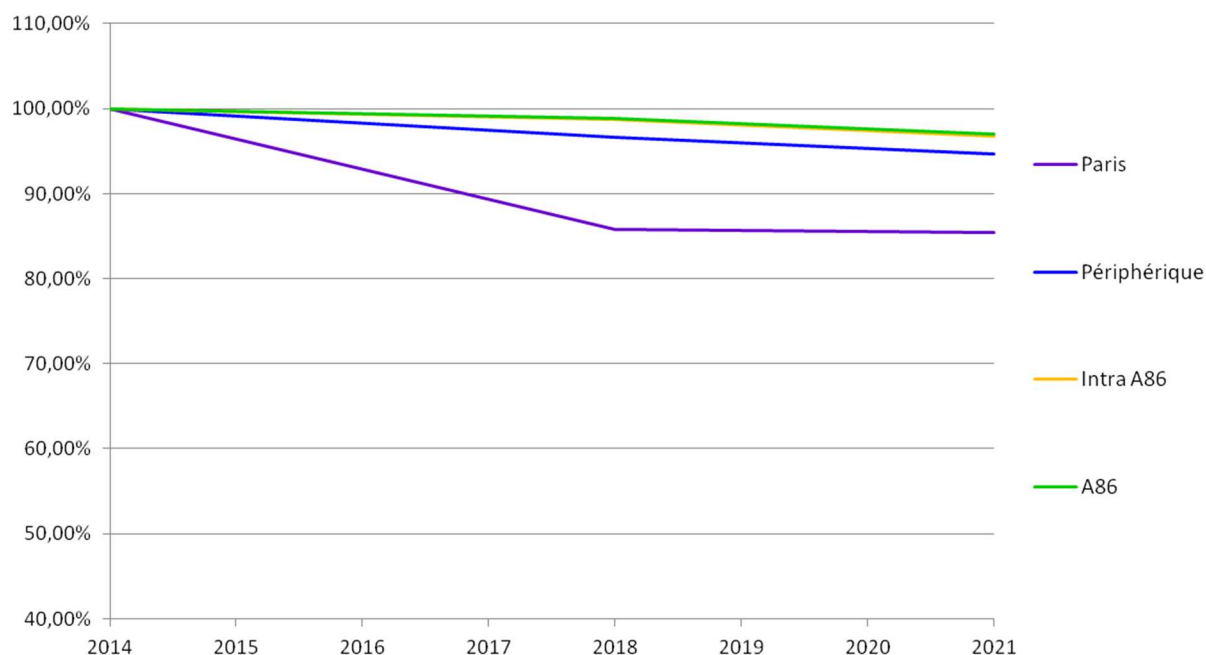


Figure 107 : Evolution relative des émissions de PM pour le scénario ZCR par rapport au fil de l'eau

Concernant les évolutions relatives des émissions de PM (Figure 107), nous constatons une baisse notable dans les émissions de Paris. La baisse d'émissions liée à la ZCR serait de 14% des émissions du scénario fil de l'eau pour l'année 2018. Ces baisses sont plus faibles sur le périphérique, au sein de l'A86 et sur l'A86.

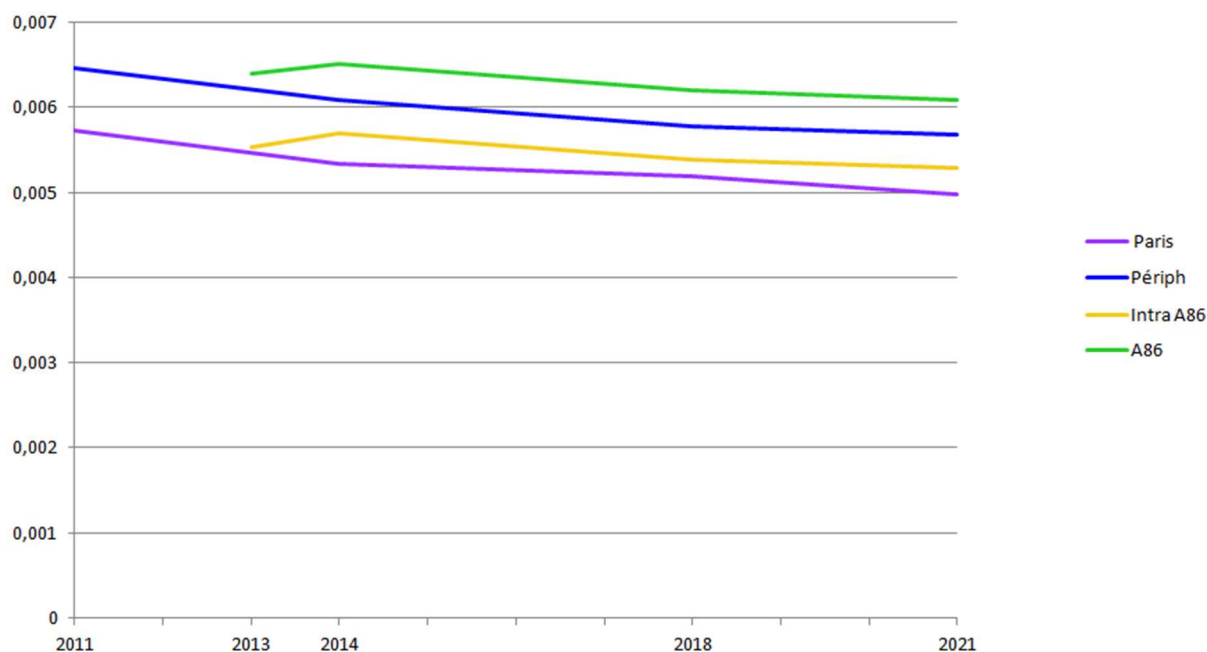


Figure 108 : Evolution des émissions de HAP (mg/vkm) pour un véhicule représentatif (y compris les VP) de chaque zone dans le scénario au fil de l'eau

En comparant les résultats de 2014 à ceux de 2021 pour les HAP (Figure 108), nous notons qu'il y a une diminution des émissions pour toutes les zones mais qu'elle est assez faible en proportion. Tout au long de la période observée, « l'ordre » des zones en fonction des émissions de HAP est conservé. En 2014, nous notons par ailleurs une inflexion avec un début de baisse des émissions de HAP pour l'A86 et l'intra A86.

Mais, pour toutes les zones, cette baisse ralentit au fil du temps et les émissions tendent à stagner. Paris connaît le plus grand écart entre les deux scénarios, avec une baisse de 2,34%.

Cette diminution assez faible pourrait être expliquée par l'augmentation des émissions de HAP par véhicule pour les poids lourds de norme Euro 6, apparus autour de 2014.

Concernant les émissions de CO₂ (Figure 109), il n'y a pas de réelle évolution constatée, et ce quelque soit la zone ou le scénario. Ce résultat n'est pas surprenant lorsque l'on sait que les émissions de CO₂ ne sont pas du tout réglementées par les normes Euro. Nous pouvons donc conclure que la mise en place d'une Zone à Circulation Restreinte classique n'aurait probablement pas d'effets réels sur les émissions de CO₂.

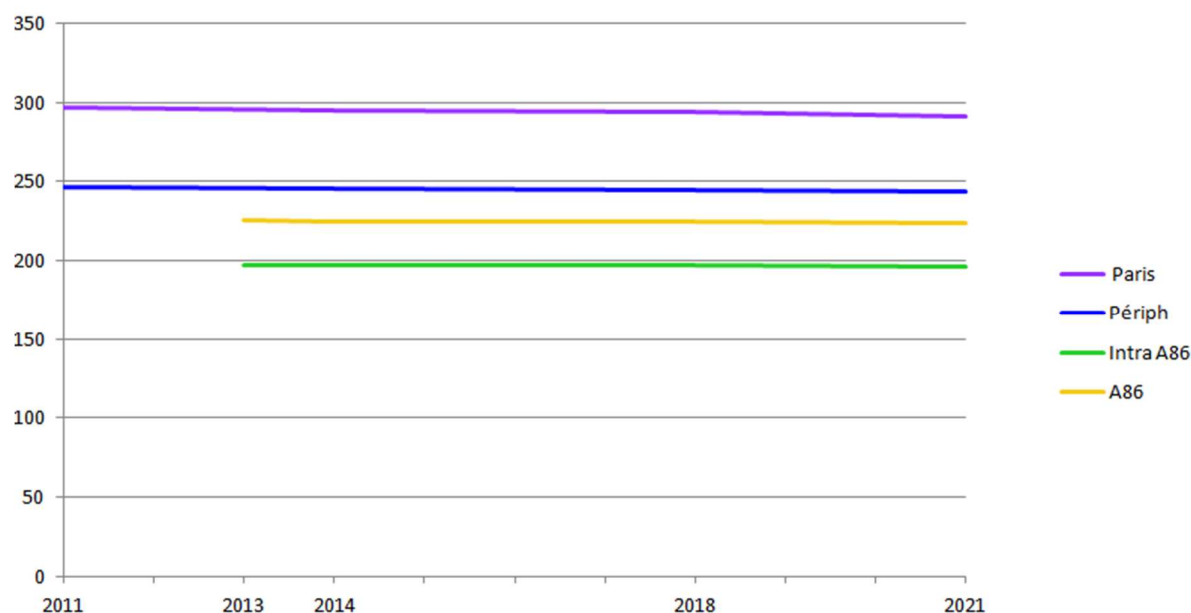


Figure 109 : Evolution des émissions de CO₂ (g/vkm) pour un véhicule représentatif (y compris les VP) de chaque zone dans le scénario fil de l'eau

Les Figure 110 et Figure 111 ci-dessous présentent quant à elles les évolutions des émissions par catégorie de véhicules (VP, VUL et PL) pour une zone donnée et pour un véhicule représentatif de chaque catégorie. Ces histogrammes représentent ainsi la situation pour une année donnée et pour un scénario donné, en distinguant les trois catégories de véhicules.



Figure 110 : Evolution des émissions de PM (seulement émis par pot d'échappement en g/vkm) à Paris pour un véhicule moyen de chaque catégorie

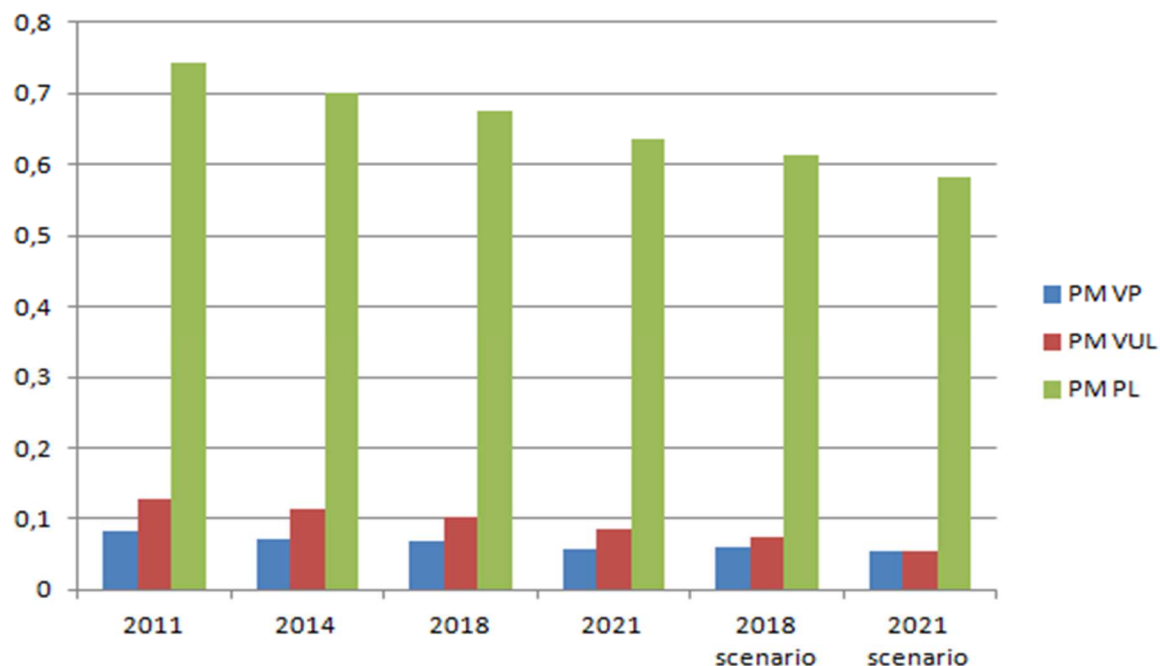


Figure 111 : Evolution des émissions de PM totales (y compris hors échappement en g/vkm) à Paris pour un véhicule moyen de chaque catégorie

La Figure 110 représente les résultats pour les PM au sein de la ville de Paris. La baisse la plus importante constatée concerne les PL entre l'année 2011 et l'année 2021 pour le scénario ZCR.

En effet, entre 2011 et 2021 pour le scénario ZCR, les émissions de PM échappement diminuent de 95% mais ne diminuent que de 22% en émissions totales car les émissions hors-échappement ne sont pas affectées par les normes Euro. Nous notons d'ailleurs que la baisse est loin d'être négligeable pour le scénario fil de l'eau, probablement grâce au progrès technologique et au remplacement naturel de la flotte.

Nous notons également que les émissions de PM échappement par poids-lourd moyen passent en-dessous de celles d'un véhicule particulier moyen en 2021 dans le scénario ZCR. Ceci s'explique principalement par le fait que notre scénario de ZCR ne touche pas les véhicules particuliers. Finalement, nous pouvons conclure que ce scénario permettrait de gagner plusieurs années en termes de réduction d'émissions de PM par rapport à l'évolution fil de l'eau pour la ville de Paris intra-muros.

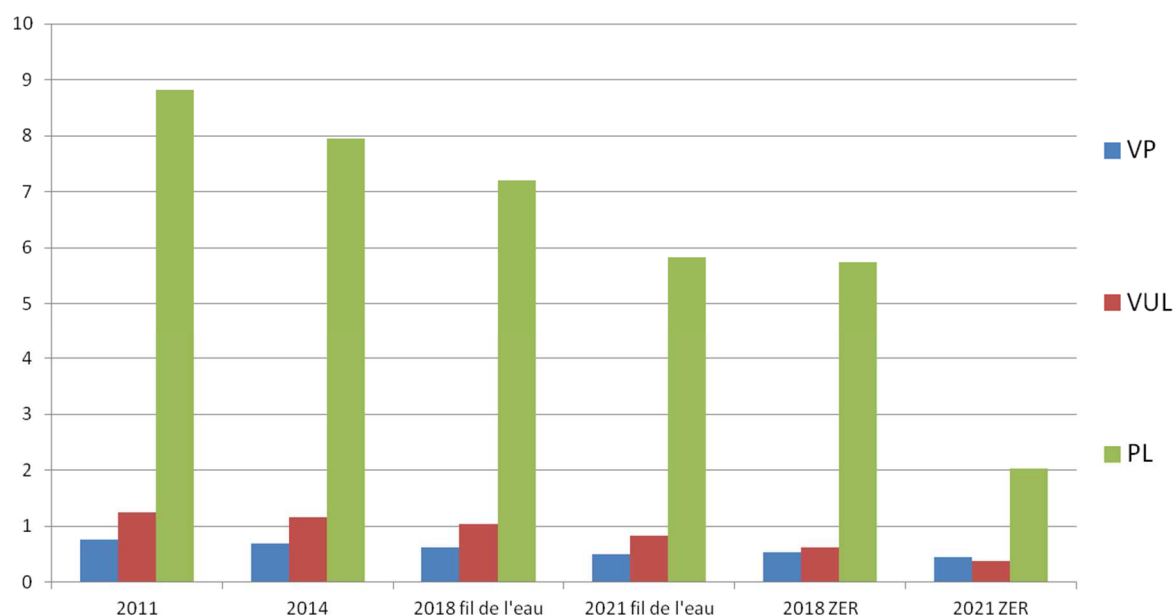


Figure 112 : Evolution des émissions de NO_x à Paris pour un véhicule moyen de chaque catégorie (en g/véhicule)

Si l'on s'intéresse aux émissions de NO_x pour la même zone et les mêmes points d'étude, on obtient des résultats très différents (Figure 112). En effet, le poids des poids lourds y est bien plus important que les véhicules utilitaires légers et les véhicules particuliers et les diminutions constatées sont plus faibles en proportion.

Entre l'année 2011 et l'année 2021 pour le scénario ZCR, les émissions de NO_x provenant des PL diminuent notamment de 77%. Nous notons également que les émissions d'un VUL moyen correspondaient à 164% de celles d'un VP moyen en 2011, mais correspondent à 84% en 2021 pour le scénario ZCR, ce qui s'explique notamment par le fait que la ZCR ne touche pas les VP et que le parc VUL est donc beaucoup plus récent.

Entre 2018 et 2021, nous constatons une baisse de 19% pour le scénario fil de l'eau, et une baisse de 65% pour le scénario ZCR. Ainsi, nous gagnons ici également plusieurs années grâce à la mise en place de la ZCR.

Une autre façon d'observer l'impact de nos scénarios ZCR utilitaires, est de regarder comment évolue la part des émissions des utilitaires dans l'ensemble des émissions de la route et de comparer cette part entre les scénarios ZCR et utilitaires.

Les tableaux de l'annexe 4 montrent les pourcentages de contribution de chaque catégorie de véhicule (PL, VUL, PL) aux émissions de NO_x et de PM du transport routier, dans Paris, sur le périphérique et dans l'Intra A86.

C'est clairement sur les NO_x que l'impact des ZCR est important : entre les scénarios 'fil de l'eau' et ZCR de 2021 la part des émissions des utilitaires par rapport à l'ensemble des émissions du trafic routier passe de 45 à 27% dans Paris, de 61 à 41% sur le périphérique et de 49 à 32% dans l'intra A86 ; en revanche, sur les émissions de PM, l'effet de la ZCR est beaucoup moins sensible : de 42 à 37% à Paris, de 63 à 61% sur le périphérique et de 52 à 51% dans l'intra A86.

b. Emissions des scénarios « électriques »

La simulation des émissions a également été effectuée pour deux scénarios « 100 % électrique » au sein de l'A86, qui donnent une idée de l'évolution des émissions dans une situation hypothétique où tous les véhicules utilitaires seraient électriques. Ces scénarios sont rapidement présentés ci-dessous :

- Pour le premier scénario, nous faisons l'hypothèse que chaque véhicule utilitaire Diesel – indifféremment de son tonnage – est remplacé par un véhicule électrique de même tonnage. Dans ce scénario, nous faisons l'hypothèse qu'en 2025, les constructeurs de véhicules utilitaires pourront fabriquer des véhicules électriques d'une charge utile allant jusqu'à 25 tonnes. Ainsi, le parc utilitaire utilisé est identique à celui estimé dans le scénario fil de l'eau pour la capacité, mais tous les véhicules fonctionnent à l'électricité.
- Dans le deuxième scénario, nous faisons l'hypothèse que la charge utile maximum d'un véhicule électrique est de 5 tonnes, soit un poids total en charge de 12 tonnes. Tous les véhicules de charge utile supérieure à 5 tonnes sont remplacés par des véhicules électriques de tonnage inférieur, tout en conservant la charge utile totale constante afin de garder un volume constant de marchandises potentiellement transportées. Pour simplifier, nous considérons deux types de poids lourds électriques : les véhicules de PTAC compris en 7,5 et 12 tonnes (charge utile maximale de 5 tonnes) et les véhicules de PTAC inférieur à 7,5 tonnes (charge utile maximale de 2 tonnes).

Par exemple un camion Diesel de 11 tonnes de charge utile, sera remplacé dans le deuxième scénario électrique par deux PL de 5 tonnes de charge utile et un PL de deux tonnes de charge utile. En revanche, un camion de 14 tonnes de charge utile sera remplacé, dans le deuxième scénario électrique, par trois camions ayant une charge utile de 5 tonnes afin de minimiser l'augmentation du trafic.

Il faudra alors plus de véhicules utilitaires électriques pour transporter la même charge que celle aujourd'hui transportée par des gros poids lourds Diesel. Le tableau de passage des camions Diesel aux camions électriques est donné en Annexe 6 et l'augmentation du trafic induite est présentée par zone géographique dans le Tableau 26.

Tableau 26 : Trafic induit dans le scénario tout électrique 2 (pourcentage d'augmentation des véhicules utilitaires) selon la zone

Zone	Paris	Périphérique	Intra A86
Augmentation du nombre de VUL/PL	293 %	363 %	278 %

Nous nous intéresserons pour ces scénarios aux émissions de CO₂ et de PM pour les 4 zones. Nous étudions les mêmes tronçons et donc des trafics identiques aux autres scénarios.

Méthode de calcul des émissions de CO₂

Les véhicules électriques n'émettent pas de CO₂ directement lors d'un trajet, mais nous prenons en compte les émissions de CO₂ amont, générées par la production de l'électricité utilisée pour faire fonctionner le véhicule.

Pour les voitures particulières (VP), la consommation moyenne estimée (ADEME, 2014) aux 100 km est de 20 kWh. Nous ferons l'hypothèse que toutes les voitures particulières ont la même consommation. En sachant que le facteur d'émission de l'électricité française est de 53 gCO₂/kWh (MEDDE, 2012), une voiture particulière émet donc aux alentours de 10,6 gCO₂/km.

Concernant les véhicules utilitaires, leur émission est calculée grâce à la formule suivante (Rizet et al., 2014b) :

$$\text{Consommation électrique par km (kWh/km)} = 0.43 + 0.033 \times \text{PTAC (tonnes)}$$

Cette formule a été trouvée à partir de données de consommations de différents types de poids lourds électriques de la littérature en faisant l'hypothèse que la relation entre la consommation électrique et le PTAC est linéaire. Pour les véhicules utilitaires légers (VUL), le PTAC moyen est pris égal à 3 tonnes. De la même façon que pour les VP, nous utiliserons le facteur d'émission de 53 g de CO₂/kWh pour obtenir les émissions de CO₂ pour chaque type de véhicules utilitaires (PL et VUL).

A partir des données de nombre de PL et véhicules légers (VL) sur chaque tronçon et de la composition des parcs des quatre zones en 2025, nous avons finalement pu calculer, pour chaque zone, les émissions de CO₂ par kilomètre linéaire.

Méthode de calcul des émissions de PM

Les véhicules électriques n'émettent pas directement à travers leur pot d'échappement de particules fines comme les autres types de carburant – elles n'en ont d'ailleurs pas – mais elles produisent, comme les autres véhicules thermiques, des émissions de particules hors échappement, par la re-suspension ainsi que par abrasion (pneus, freins et surface de route). Les valeurs représentées dans le Tableau 27 sont les émissions unitaires par catégorie de véhicule, données par COPCETE.

Tableau 27 : Emissions de PM hors échappement par catégorie de véhicule, en g/km.

Type de véhicule	PL	VUL	VP
Emission de PM hors échappement (g/km)	0,5732	0,05	0,0444

En faisant la somme des produits des émissions unitaires par le nombre de véhicules, nous obtenons finalement les émissions de PM engendrées par le trafic des véhicules électriques.

Calcul des émissions

Pour Paris, une valeur moyenne pondérée par l'importance du trafic est calculée à partir des émissions générées par les différents tronçons considérés dans l'enquête plaque de la Ville de Paris en 2011. Il en est de même pour la valeur des émissions pour le périphérique, où 3 sites sont considérés.

Pour les scénarios non électriques - fil de l'eau et ZCR/ZER -, nous avons utilisé l'outil COPCETE pour obtenir les émissions de CO₂ et de PM. Ainsi nous pourrions faire une comparaison des émissions en fonction des différents scénarios.

Les Figure 113 et Figure 114 présentent les évolutions des émissions modélisées pour les différents scénarios en 2025. Sont représentées les émissions totales de CO₂ et de PM pour les trois zones étudiées : Paris, le périphérique et l'intra A86.

La modélisation n'a pas été faite sur l'A86 car nous n'avons pas assez de données pour établir le pourcentage de véhicules électriques ou à carburant traditionnelle circulant sur cet axe.

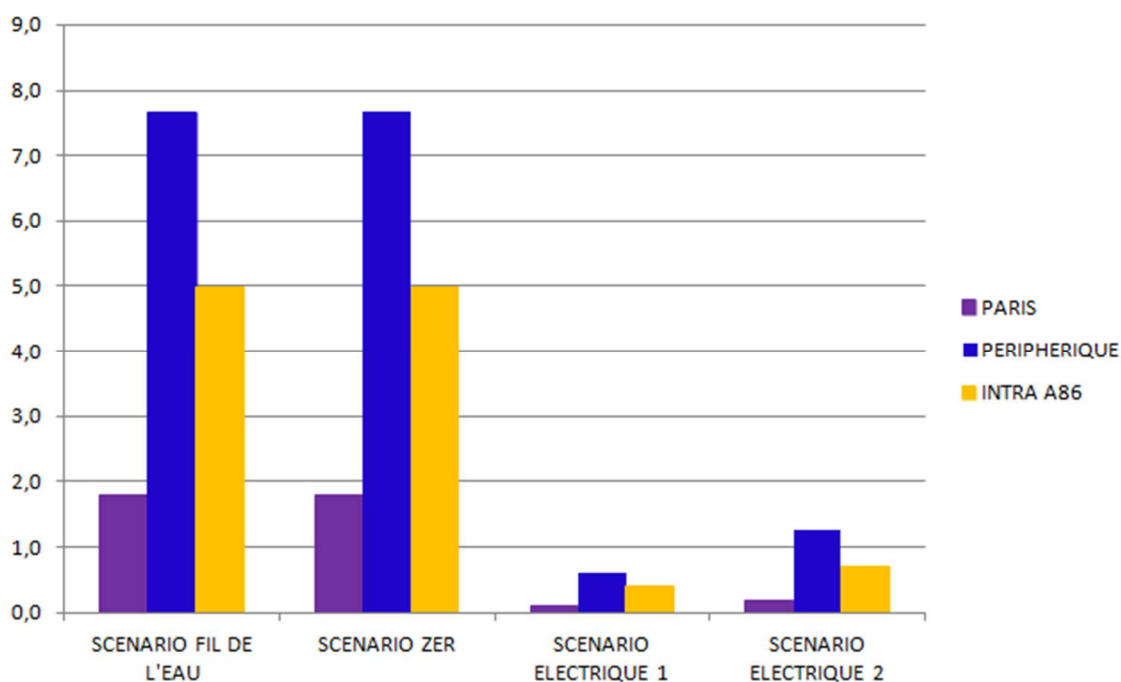


Figure 113 : Emissions de CO₂ (tonnes/km sur les 4 heures d'enquête) par zone en 2025 selon le scénario

Dans les scénarios électriques 1 et 2, les émissions de CO₂ ont été réduites considérablement en 2025 quelle que soit la zone géographique. La réduction est moins importante pour le scénario électrique 2 car le nombre de véhicules augmente. En effet, le seuil maximal de 5 tonnes de charge utile entraîne une augmentation du nombre de véhicules et donc du trafic. Si nous comparons ces valeurs au scénario fil de l'eau pour la ville de Paris, nous constatons des baisses de 94,6% des émissions pour le scénario électrique 1 et de 90,1% des émissions pour le scénario électrique 2.

Ces baisses sont très importantes car le facteur d'émission de l'électricité française est faible, 53 g de CO₂/kWh (ADEME, 2014), grâce à la forte proportion de production nucléaire en France. Ces scénarios « 100% électriques » sont donc extrêmement efficaces en termes de réduction des émissions de CO₂, et ce pour les trois zones concernées, de par le contexte français actuel. Ce contexte énergétique est cependant peut-être amené à évoluer dans les années à venir.

Concernant les émissions de PM (Figure 114), les résultats sont surprenants au premier abord. En effet, nous observons une très faible diminution des émissions pour le scénario électrique 1 par rapport au scénario fil de l'eau et une véritable augmentation des émissions pour le scénario électrique 2. Ces phénomènes s'expliquent par les procédés d'émission des PM.

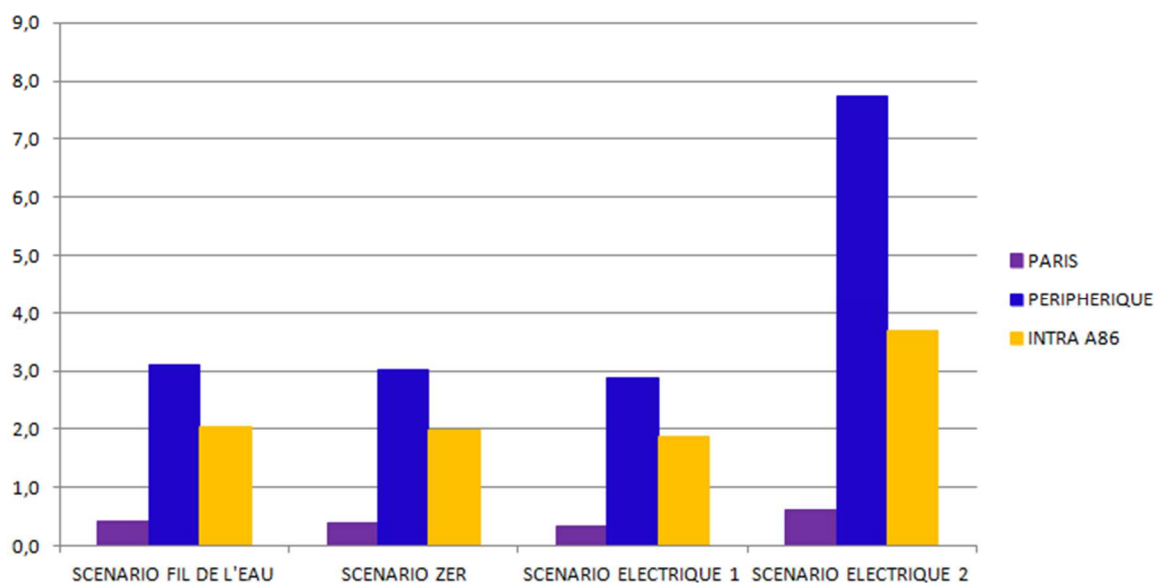


Figure 114 : Estimation des émissions de PM (kg/km de route) par zone en 2025 selon le scénario

Si nous comparons le scénario électrique 1 au scénario fil de l'eau, les émissions ont diminué respectivement de 14,2%, 7,6% et 7,0% pour Paris, le périphérique et l'intra A86. Ces baisses sont faibles car les émissions hors-échappement (abrasion et re-suspension) sont majoritaires pour les PM. Par exemple, pour un camion de moins de 7,5 tonnes de PTAC et de norme Euro 5, les PM hors-échappement représentent 96,6% des émissions totales de PM. Les phénomènes d'abrasion et de re-suspension expliquent également l'augmentation conséquente des émissions de PM pour le scénario électrique 2. En effet, le trafic des poids lourds et des VUL augmente respectivement de 292,7% 362,9% et 278,2% pour Paris, le périphérique, et l'intra A86. Ainsi l'augmentation des émissions de PM la plus importante, de 148,9%, est observée pour le périphérique, qui connaît la plus grande augmentation du trafic.

Ces résultats nous permettent de prendre du recul sur les avantages d'un scénario électrique. Il nous faut cependant rappeler ici que les PM sont quasiment les seules émissions des véhicules électriques en dehors des émissions indirectes (émissions amont) de CO₂. Les camions électriques, en circulation, n'émettent en particulier ni NO_x ni HAP.

3.3. Résumés des impacts de la mise en place d'une ZCR « utilitaires » à Paris

La mise en place d'une ZCR « utilitaires » à Paris ne sera pas sans conséquence sur l'activité logistique de la région tant en termes socio-économiques qu'en termes de renouvellement du parc et d'émissions de polluants.

Des acteurs du transport de marchandises attentistes face à la mise en place de la ZCR

La création de la ZCR amènera les acteurs du transport routier de marchandises (compte propre ou en compte d'autrui) à adapter leurs comportements aux restrictions. Les impacts seront différenciés selon la taille de l'acteur. En effet, les entreprises les plus grandes qu'elles opèrent en compte propre ou en compte d'autrui seront peu touchées par les mesures, car elles possèdent ou louent en longue durée une flotte récente qu'elles renouvellent régulièrement, ce qui leur permettra d'atteindre les exigences requises pour accéder à la ZCR sans effort supplémentaire, puisque elles l'avaient déjà planifié.

Pour les petites entreprises, les conséquences sont plus tangibles, elles n'ont que peu connaissance des changements futurs dans la réglementation. Les petites entreprises opérant en compte propre (par exemple les fleuristes s'approvisionnant au marché de Rungis) devront investir dans de nouveaux véhicules notamment avec les aides prévues par la Mairie de Paris et au niveau national. Cependant, le coût du véhicule risque d'être encore trop élevé pour une utilisation ponctuelle. Aussi, ces acteurs pourront recourir à d'autres services tels qu'Utilib' ou à de la location de courte durée, voire même de très courte durée (à la journée) qui développe de plus en plus depuis le début de la crise. Bien qu'elles soient la cible du plan d'aides, il semble que les petites entreprises de transport n'ont pas les ressources matérielles pour pouvoir en bénéficier, puisqu'en Ile-de-France, ce sont majoritairement des établissements sans aucun salarié qui sont implantés, autrement dit des artisans-chauffeurs qui roulent toute la journée et qui n'ont donc que peu de temps pour toutes les démarches administratives. Ces petites entreprises n'ont pas les moyens en propre d'accéder à l'achat de nouveaux véhicules. Aussi, les grands acteurs du transport et de la logistique qui sont leur donneur d'ordres devront être attentifs à ces situations afin de ne pas voir disparaître ce vivier de sous-traitants avec lesquels ils ont l'habitude de travailler.

Enfin, un autre type d'acteur est impacté par ces restrictions, ce sont les entreprises de transport de taille moyenne (10-49 salariés). Celles-ci ne bénéficient d'aucune aide de la municipalité et n'ont pas forcément les moyens d'acquérir toute une flotte aux normes requises pour l'entrée dans la ZCR. Aussi, il est important d'avoir un calendrier progressif pour que ces acteurs s'adaptent au fur et à mesure aux restrictions « finales ».

Renouvellement du parc et impacts des scénarios

La mise en place d'une ZCR entraîne une accélération de la modernisation du parc.

- Les véhicules les plus anciens (<= Euro II) sont faiblement impactés par la mise en place d'une ZCR car, à l'horizon 2021, leur part est de toute façon faible dans le parc, même dans le scénario au fil de l'eau. En revanche, comme ces vieux véhicules émettent beaucoup de polluants par kilomètre parcouru, l'impact sur les émissions est beaucoup plus important que l'impact sur le parc.
- Pour les véhicules utilitaires plus récents (Euro III à V) qui représente la grande majorité du parc en 2014, la ZCR permet de réduire considérablement leur part dans le parc.
- Pour les véhicules les plus récents, la mise en place d'une ZCR Euro 5 en 2020 pour les zones géographiques hors Paris n'aurait que peu d'influence sur le renouvellement effectif du parc. Le taux de renouvellement naturel (au fil de l'eau) des PL et VUL est suffisamment rapide pour que la ZCR ne provoque pas de bouleversement important. Dans Paris l'impact est plus fort car la ZCR étudiée implique de l'Euro 6 donc des véhicules 4 à 5 ans plus récents.

Pour la mise en œuvre d'une ZCR nous retenons que :

- Les véhicules utilitaires les plus âgés étant ceux qui polluent le plus, c'est sur eux qu'il convient de focaliser les efforts en priorité, même si l'impact sur cette partie du parc (qui représente une petite part du nombre total absolu des véhicules utilitaires) d'une ZCR est au total plus faible que pour les véhicules plus récents. La priorité est donc de réduire la circulation de ces véhicules.
- L'impact d'une ZCR sur le parc est plus fort dans Paris que dans le reste de l'agglomération. Mettre en place la réglementation envisagée entre le périphérique et l'A86 serait moins contraignant que dans Paris pour les propriétaires de véhicules utilitaires.
- Concernant les émissions de polluants, c'est surtout les NO_x que la ZCR utilitaire étudiée permet de réduire : en 2021 de l'ordre de 20% des émissions du trafic routier dans Paris et sur le périphérique et un peu moins (17%) dans l'intra A86. En revanche, l'effet de la ZCR serait beaucoup moins sensible sur les particules : -5% dans Paris, -2% sur le périphérique et -1% dans l'intra A86.

Le scénario 'tout électrique', dans l'état actuel et prévisible de la technologie, aurait pour première conséquence une augmentation forte du trafic utilitaire et donc de la congestion et des émissions de PM hors échappement. Par contre, il permettrait aussi une baisse très importante des émissions de NO_x et de CO₂. Une telle politique tout électrique devrait donc s'accompagner de solutions technologiques et logistiques permettant de limiter l'augmentation du trafic routier.

4. Conclusions et recommandations

4.1. Résumé des principaux résultats

Le projet RETMIF mené par l'IFSTTAR pour le programme AACT-AIR de l'ADEME, s'intéresse aux liens entre les Zones à Emissions Réduites (ZER), qui restreignent l'accès en ville aux véhicules les plus anciens, et le transport des marchandises. L'objectif est double : il s'agit d'une part de comprendre les comportements des entreprises de transport et livraison lors de l'introduction de mesures de restriction sur les camions anciens ; il s'agit ensuite, par l'introduction de ces paramètres comportementaux dans l'analyse prospective de la mobilité des marchandises à Paris et en Ile-de-France, d'analyser les possibilités de réduire les émissions de polluants du trafic routier de marchandises par la mise en place d'une ZER (parisienne ou d'agglomération) sur les véhicules utilitaires légers et les poids lourds.

Les principaux résultats sont les suivants.

1) Les ZER déjà en place que nous avons étudiées (Berlin, Londres et Göteborg) semblent montrer que les professionnels du transport s'adaptent assez bien. Les ZER n'ont qu'un faible impact sur le trafic utilitaire total (légère baisse du nombre de camions et de camionnettes), en revanche elles semblent favoriser la réduction du nombre d'entreprises, dans un secteur marqué par une très forte proportion de TPE souvent mal armées pour rendre les activités de livraison plus optimisées. En ce sens, les ZER contribuent à la modernisation du secteur. Une ZER est une mesure plutôt bien acceptée par les entreprises de transport et livraison, malgré les a priori de départ, mais les entreprises ont besoin de transparence, de phasage, d'harmonisation des règles d'une commune à une autre, et de règles du jeu (contrôles) uniformément appliquées.

2) Les résultats de nos simulations à Paris et en Ile-de-France montrent qu'une ZER, compte tenu de l'âge moyen actuel des parcs de véhicules de livraison, a un impact sur le parc utilitaire plus fort dans Paris (où le parc est plus ancien) que dans le reste de l'agglomération. Concernant les émissions de polluants, ce sont surtout les NOx que la ZER théorique étudiée permettrait de réduire : à l'horizon 2021, de l'ordre de 20% des émissions du trafic routier utilitaire dans Paris et sur le périphérique et un peu moins (17%) dans l'intra A86. En revanche, l'effet de la ZER serait moins sensible sur les PM : -5% dans Paris, -2% sur le périphérique et -1% dans l'intra A86. Le scénario 'tout électrique', dans l'état actuel et prévisible de la technologie, aurait pour première conséquence une augmentation forte du trafic utilitaire et donc de la congestion et des émissions de PM hors échappement. En revanche, il permettrait une baisse très importante des émissions de NOx et de CO₂. Une telle politique tout électrique devrait donc s'accompagner de solutions technologiques et logistiques permettant de limiter l'augmentation du trafic routier.

4.2. Bannir les vieux camions et camionnettes par la mise en place systématique et phasée de zones à circulation restreinte (ZCR) dans les grandes villes françaises

Notre recherche a montré les effets des Zones à Emissions Réduites sur la restructuration du secteur du transport urbain de marchandises, à travers l'incitation à la restructuration des très nombreuses petites entreprises du secteur. Cette restructuration permet de limiter les dysfonctionnements environnementaux et sociaux du secteur. Nous recommandons ainsi la généralisation des outils de type « Low Emission Zones », insuffisamment déployées en France par rapport aux villes européennes. La loi sur la transition énergétique (2015) vient de fournir aux autorités locales la possibilité de mettre en place des zones à circulation restreinte (ZCR).

Afin que les transporteurs aient le temps de s'adapter aux restrictions, il nous paraît important de **déterminer plusieurs phases** de restriction. Ceci permet par ailleurs aux entreprises de connaître l'objectif final, l'horizon ultime (celui-ci, pouvant, cependant, encore évoluer à l'avenir bien entendu) à atteindre.

Le système même d'identification des véhicules peut aider au phasage : à Berlin, le dispositif fonctionne au moyen de vignettes délivrées par l'Etat. Leur couleur est déterminée en fonction de la norme Euro du véhicule. Si en 2008, une vignette rouge était au minimum requise (Diesel Euro 2), aujourd'hui, les véhicules doivent posséder une vignette verte synonyme de norme Euro plus récente (Diesel Euro 4 ou Euro 3 avec un système de *retrofit*, essence Euro 1).

A Göteborg, les restrictions définies, basées sur l'âge du véhicule, sont glissantes de fait : les véhicules circulant dans la zone ne doivent avoir que 6 à 8 ans suivant les années, incitant de fait au renouvellement régulier de la flotte.

Ce processus d'étapes successives est nécessaire pour que les coûts d'investissement des entreprises soient échelonnés, mais cela permet aussi aux autorités de faire évoluer la zone en même temps que les évolutions technologiques qui se traduisent par des normes Euro plus récentes. Londres souhaite créer pour 2020 une Ultra Low Emission Zone (ULEZ) sur une partie de la ZER correspondant à la zone centrale de l'actuel péage urbain, où seuls les véhicules Euro 6 (voitures particulières incluses)⁵⁹, hybrides ou électriques pourraient avoir accès.

4.3. Le contrôle, une dimension clé pour le respect d'une ZER

Pour qu'une zone à circulation restreinte soit efficace et respectée, un contrôle des véhicules circulant dans la zone est essentiel. En Allemagne, le contrôle des vignettes est effectué par des policiers lorsque les véhicules sont à l'arrêt. Ce contrôle manuel rend son efficacité plus aléatoire puisque celle-ci dépend du nombre de policiers affectés à cette tâche, mais le nombre de contrôles élevé a permis un assez bon taux de respect. A Londres, le contrôle automatisé à l'aide d'un système de caméras maille l'ensemble de la zone. Celui-ci permet de photographier l'ensemble des plaques d'immatriculation. Leur numéro est comparé aux données du registre national des immatriculations, qui a été transmis par les autorités nationales à *Transport for London*. Ce système entièrement automatisé permet un contrôle systématique et rapide de tous les véhicules circulant dans la ZER. Il s'avère coûteux en termes d'investissement mais très efficace puisque tous les véhicules sont contrôlés. A Göteborg, le contrôle est effectué par des policiers qui vérifient les papiers du véhicule. Le contrôle est ici beaucoup plus aléatoire. D'ailleurs, les transporteurs interrogés nous ont fait part du faible nombre de contrôles dans la zone. Néanmoins, l'immobilisation du véhicule en cas de contrôle relevant un non-respect des conditions d'entrée semble être un élément suffisamment dissuasif pour que les transporteurs respectent la règle.

Le contrôle automatisé s'avère plus efficace que le contrôle visuel ou celui des papiers du véhicule. Ainsi, dans les LEZ néerlandaises, le passage à un système de contrôle par caméras a permis d'augmenter les taux de respect de façon significative. A Londres, les taux de respect sont proches de 95% dès le passage à la phase 3 et 4 tandis qu'à Berlin en 2010, seuls 59 % des poids lourds et véhicules utilitaires légers possédaient la vignette requise. Ce contrôle pose cependant des problèmes de respect de la vie privée qui interdisent, pour le moment, en France et en Allemagne, son application aussi systématique qu'au Royaume Uni ou en Italie, où les agences équivalentes à la CNIL françaises l'ont davantage accepté.

Remarquons enfin, mais cela semble assez évident (quoique peu appliqué en France), que le montant des amendes doit être suffisamment élevé pour inciter les transporteurs à respecter les conditions d'accès à la zone.

Tous ces éléments sont importants à garder à l'esprit alors que les autorités locales françaises vont bientôt (2018) pouvoir appliquer de plein droit la gestion décentralisée du stationnement, qui va transformer les modes d'exercice du contrôle des activités sur la voirie urbaine.

4.4. Aider les TPE du secteur de la livraison urbaine à s'équiper en véhicules propres

Pour prévenir les effets sur les entreprises « économiquement fragiles », les autorités locales de Berlin ont mis en place une disposition particulière de dérogation aux TPE, pouvant reculer la date d'entrée en vigueur de la LEZ. Cette dérogation était transitoire et renouvelée tous les 18 mois. L'entreprise devait justifier d'une situation ne lui permettant pas d'investir dans de nouveaux véhicules, mais devait également montrer qu'un effort était consenti, par l'achat d'au moins un véhicule « propre ». Les conditions plus favorables pour les entreprises en difficulté durant les premières années de la mise en place du dispositif ont disparu en 2015, date à partir de laquelle plus aucune dérogation n'est accordée. Dans d'autres LEZ telles que Londres ou Göteborg, de tels dispositifs d'aides axés sur les entreprises les plus fragiles n'existent pas, ce qui n'est pas sans poser de problème notamment pour les petites entreprises.

Le transport urbain de marchandises en Europe émane essentiellement de petites entreprises dont les moyens sont limités. Il est donc nécessaire de les accompagner, du moins d'accompagner celles de ces entreprises qui ne sont pas les plus fragiles (pour les très fragiles, celles qui n'ont qu'un véhicule, généralement très vieux et mal entretenu, leur survie même dans l'environnement urbain n'est sans doute pas conseillée). Cet accompagnement peut provenir des pouvoirs publics en incitant financièrement ces acteurs à renouveler leur parc via des aides financières.

⁵⁹ Euro 4 pour les véhicules à essence.

Toutefois, les procédures ne doivent pas être trop complexes et chronophages, car ces entreprises n'ont que peu de temps à consacrer aux démarches administratives. L'aide à ces TPE peut également consister à les inciter à se regrouper, à se moderniser dans leurs modes de gestion (logiciels d'optimisation de tournées).

Enfin, l'aide aux petites entreprises peut également provenir des plus grandes entreprises qui sont souvent donneuses d'ordre des premières. Les grandes entreprises peuvent constituer un élément moteur dans la modernisation du secteur. Elles doivent engager des discussions et des actions à mettre en place sur le long terme avec les plus petites afin de garantir la pérennité de leurs relations. Les plus petites entreprises doivent, dans l'ensemble, être mieux armées pour développer une stratégie sur le long terme.

4.5. Conclusions / Perspectives

Notre recherche a montré que le secteur du transport de marchandises s'est plutôt bien adapté aux restrictions d'accès de type « Low Emission Zones » (ou Zones à Emissions Réduites – ZER, et aujourd'hui « Zones à Circulation Restreinte » - ZCR), comme en témoignent les taux élevés de respect dans les trois villes que nous avons étudiées. Les stratégies et les moyens pour les entreprises pour y parvenir sont très divers suivant la taille de l'entreprise, sa situation financière, le type de ZER et le contrôle mis en place. Les petites entreprises ont fait face à davantage de difficultés pour acquérir de nouveaux véhicules tandis que les plus grandes ont les moyens d'investir, ou peuvent redéployer leur flotte sans conséquence notable sur leur activité.

Globalement, les opérations urbaines de transport de marchandises dans les trois villes étrangères que nous avons étudiées se font au moyen de véhicules plus récents que ceux circulant autour de la zone et on observe le développement de comportements visant à moderniser l'image des transporteurs via des labellisations ou des certifications. Par ailleurs, l'un des éléments forts issus de nos analyses est l'importance des consultations préalables à la mise en place d'une ZER avec les entreprises de transport, leurs représentants et les autorités locales. Les discussions au préalable entre les transporteurs et les autorités ont permis de limiter les impacts négatifs et d'accélérer la mise en œuvre de nouveaux comportements. Les autorités peuvent aussi décider d'accompagner les entreprises par le biais de dérogations temporaires comme à Berlin ou d'aides à l'achat de véhicules propres.

Remarquons que la mise en place d'une zone à émissions réduites semble diminuer le nombre d'entreprises de transport livrant en ville ; et cette réduction est probablement bénéfique au marché urbain de transport de marchandises, en poussant les acteurs – publics et privés - à agir pour sa modernisation. Cette modernisation est nécessaire car ce marché connaît beaucoup de dysfonctionnements, environnementaux du fait de véhicules anciens jusque là utilisés, ainsi que sociaux du fait d'un grand nombre de très petites entreprises ayant des difficultés à maintenir un niveau suffisant d'activités sans contrevenir aux lois sociales et aux normes de sécurité du secteur.

La mise en place d'une ZER permet de réduire les émissions de différents polluants en accélérant le renouvellement des véhicules transportant des marchandises. Ainsi c'est sur les oxydes d'azote que les effets sont les plus visibles, on estime la diminution de 33% à horizon 2021 par rapport à une situation sans ZER.

Paris, jusqu'en 2015, faisait exception parmi les grandes villes européennes en n'ayant adopté quasiment aucune mesure s'apparentant à une ZER⁶⁰. La situation vient de changer. En février 2015, un vote au Conseil de Paris a défini les étapes visant à limiter progressivement l'accès de Paris aux vieux véhicules. Depuis le 1er juillet 2015, les poids lourds, autocars et bus les plus anciens ont interdiction de circuler. Entre 2017 et 2020, les phases d'interdiction se feront de plus en plus restrictives. Paris devrait ainsi rattraper son retard sur les autres villes européennes. Compte tenu de nos analyses effectuées dans les pays voisins, nous préconisons pour la phase de mise en œuvre qui s'ouvre aujourd'hui à Paris une attention particulière portée 1) Aux effets de frontière et à la nécessité d'avoir une vision métropolitaine et pas seulement municipale ; et 2) au secteur du transport des marchandises en ville, et notamment aux plus petites entreprises de ce secteur. Des actions particulières devront être proposées pour moderniser ce secteur, et il existe des outils pour le faire, dans un sens qui peut être bénéfique à la fois aux professionnels et à la collectivité.

⁶⁰ Notons cependant que la réglementation parisienne imposait l'utilisation de véhicules de marchandises Euro IV pour livrer l'après-midi. Cette règle était peu connue des professionnels et n'a jamais été appliquée par les forces de police.

Références bibliographiques

- AIE – Agence Internationale de l'Environnement (2014). *Key World Energy Statistics 2014*. 82p.
- ADEME (2014). *Etat de l'art - Les zones à faibles émissions (Low Emission Zones) à travers l'Europe : déploiement, retours d'expériences, évaluation d'impacts et efficacité du système*. 70 p.
- AEE – Agence Européenne de l'Environnement (2014). *Air quality in Europe*, EEA Report N°5/2014, 84 p.
- Airparif (2014). *Inventaire régional des émissions en Ile-de-France Année de référence 2012 – éléments synthétiques*. 32 p.
- Allen, J., Browne, M., Woodburn, A. (2014). *London Freight Data Report: 2014 Update*, Report University of Westminster for Transport for London, 27 p.
- Behrends, S. (2014). Systematic evaluation – Key to a successful implementation of sustainable urban logistics measures. The case of "Stadsleveransen", *Initiative Seminar*, Chalmers Area of Transport
- Behrends, S. (2015). Factors influencing the performance of urban consolidation schemes. *2nd Interdisciplinary Conference on Production, Logistics and Traffic*, July, 20-21st, Dortmund – Germany.
- Berlin Baut (2014). *Mobilität der Stadt. Berliner Verkehr in Zahlen 2013*, 116 p.
- BMUB (2014). *Die Nationale Klimaschutzinitiative : Daten, Fakten, Erfolge*. 20p.
- Boogaard, H., Janssen, N., Fischer, P., Kos, G., Weijers, E., Cassee, F., Van Der Zee, S., Hartog, J., Meliefste, K., Wang, M., Brunekreef, B. & Hoek, G. (2012). Impact of low emission zones and local traffic policies on ambient air pollution concentrations. *Science of the total environment*, Vol. 435-436, pp. 132-140.
- Börjesson, M., Elisasson, J., Hugosson, M., Brundell-Freij K. (2012). The Stockholm congestion charges - 5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt. *Transport Policy*, Vol. 20, pp. 1-20.
- Broadbush, A., Browne, M., Allen, J., (2015). Sustainable freight: Impacts of the London Congestion Charge and Low Emissions Zone, *94th Annual Meeting Transportation Research Board*, Washington - USA.
- Browne, M., Allen, J. & Anderson, S. (2004). Low emission zones: the likely effects on the freight transport sector. *Logistics Research Network Annual Conference*. Dublin.
- Browne, M., Allen, J. and Anderson, S. (2005). Low emission zones: the likely effects on the freight transport sector. *International Journal of Logistics Research and Applications*, Vol. 8, n°4, pp.269-281.
- Carslaw, D., Beevers, S. (2002). The efficacy of low emission zones in central London as a means of reducing nitrogen dioxide concentrations. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol.7, n° 1, pp. 49-64.
- Carteret M., André M. & Pasquier A. (2014). *Méthode d'estimation des parcs automobiles et de l'impact de mesures de restriction d'accès sur les émissions de polluants - projet Za-ParC – Rapport final*. ADEME. 184 p.
- Cruz C., Montenon A. (2015). Implementation and impacts of low emission zones on freight activities in Europe: Local schemes versus national schemes. *The 9th International Conference on City Logistics*, Tenerife – Espagne.
- Dablanc, L., Cruz, C., Montenon, A. (2015) Le transport de marchandises face aux défis environnementaux des grandes villes européennes : réactions et adaptations face à la mise en place de zones à émissions réduites. Présentation au 52^{ème} colloque de l'ASRDLF, 7-9 juillet, Montpellier, France.
- Dablanc, L., Andriankaja, D. (2011). Desserrement logistique en Île-de-France : la fuite silencieuse en banlieue des terminaux de fret. *Flux*, n°3, pp. 72-88.
- Dablanc L., Montenon A. (2015). Impacts of environmental access restrictions on freight delivery activities - The example of Low Emission Zones in Europe. *Transportation Research Board 94th Annual Meeting*, Washington D.C – USA, 22 p.
- Dablanc, L., Ogilvie, S., Goodchild, A. (2014). Logistics Sprawl: Differential Warehousing Development Patterns in Los Angeles and Seattle. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2410, pp. 105-112.
- Danielis, R., L. Rotaris, E. Marcucci, Massiani, J. (2011). *An economic, environmental and transport evaluation of the Ecopass scheme in Milan: three years later*. Document de travail, 20 p. Disponible en ligne (consulté le 20 mai 2015) : <http://www2.units.it/danielis/wp/Ecopass%20-%203%20years%20later,%20finale.pdf>
- DEFRA (2007). *The Air Quality Strategy for England, Scotland, Wales and Northern Ireland*. 56p.
- DEFRA (2011). *Air Quality Plans for the achievement of EU air quality limit values for nitrogen dioxide (NO₂) in the UK - UK Overview Document*. 33 p.
- Deutsche Umwelthilfe (2013). *Kontrollverhalten in den deutschen Umweltzonen im Jahr 2013*
- DfT (2013). *Annual Road Traffic Estimates Great Britain 2012 – Road Traffic Statistics – Statistical Release 27.06.2013*. 14 p.
- DRIEA (2012). *Étude d'impact de la mise en place d'une Zone d'Action Prioritaire pour l'Air sur le trafic routier + Annexes*. 57 p.

- Ecorys (2014). *Feasibility Study: European City Pass for Low Emission Zones - Annex A: Standards and Guidance Document*. 116 p.
- Electric Vehicle Initiative, IEA – International Electric Agency (2013). *Global EV Outlook. Understanding the electric vehicle landscape 2020*, 41 p.
- Ellison R., Greaves S., Hensher D. (2013). Five years of London's low emission zone: Effects on vehicle fleet composition and air quality. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 23, pp. 25-33.
- FTA – Freight Transport Association (2013). *The Logistics Report*, FTA, Tunbridge Wells – Kent, 80 p.
- Göteborgs Stad (2010). *A little book about the environmental work in the city of Gothenburg – Gothenburg and the environment*. 52 p.
- Göteborgs Stad, Lund Stad, Malmö Stad, Stockholm Stad (2009). *Environmental zone in Stockholm, Göteborg, Malmö and Lund*. 8 p.
- GLA – Greater London Authority (2010). *Clearing the air – The Mayor's Air Quality Strategy*. 176 p.
- Hellberg S., Jonsson P.B., Jäderberg M., Sunnemar M., Arby H., 2014, *Gothenburg 2035. Transport Strategy for a Close-Knit City*, Urban Transport Administration, reg. n°0894/11, 74 p.
- Herb, V. (2012). *Streit um Luftverschmutzung* [Online]. http://www.deutschlandfunk.de/streit-um-luftverschmutzung-in-hamburg.697.de.html?dram:article_id=208683. Consulté le 29 avril 2015.
- Hesse, M. (2004). Land for logistics: locational dynamics, real estate markets and political regulation of regional distribution complexes, *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, Vol. 95, n°2, pp.162–173.
- Holman C., Harrison, R., Querol, X., (2015). Review of the efficacy of low emission zones to improve urban air quality in European cities. *Atmospheric Environment*, Vol.111, pp. 161-169.
- Jäderberg, M. (2008). *Environmental zone*, Bestufs, March.
- Jones, S. (2014) Bradford – Low Emission Zone feasibility / What is needed ? Perspectives from local authorities. *Conference Client Earth – The case for a national network of Low Emission Zones*, May, 1st, London.
- Lutz, M. et Rauterberg-Wulff, A. (2013). Proving the success of abatement strategies in the example of Berlin. *AirMonTech Workshop*. Duisbourg.
- MED (2013). *The Swedish environmental objectives system*. 4 p.
- Montenon A., Dabanc L. (2014). *Projet RETMIF - Les Zones à Emissions Réduites en Europe et le transport de marchandises. Phase 1. Rapport Ifsttar pour l'ADEME*, 60 p.
- Nesterova N., Quak H., Balm S., Roche-Cerasi I., Tretvik T. (2013). *Frevue D1.3 – State of the art of the electric freight vehicles implementation in city logistics*. 74 p.
- Nesterova N., Quak H., van Rooijen T., Ovstedal L., Tretvik T. (2014). *Frevue D1.1 – Central Assessment Framework*. 41 p.
- Olsson, J., Woxenius, J. (2012) Location of freight consolidation centres serving the city and its surroundings. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 39, pp. 293-306.
- Qadir R.M., Abbaszade, G., Schnelle-Kreis, J., Chow, J.C. R. Zimmermann, R. (2013). Concentrations and source contributions of particulate organic matter before and after implementation of a low emission zone in Munich, Germany. *Environmental Pollution*, Vol.175, n°2, pp. 158–167.
- Rème-Harnay, P., Cruz, C., Dabanc, L. (2014). La sous-traitance de la messagerie urbaine : logiques économiques et rapports de dépendance, *Economies et Sociétés. Série « Socio-économie du travail »*, n°36, 9/2014, pp. 1473-1512
- RFA (2002). 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV vom 11. September 2002.
- RFA (2006). 35. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz-gesetzes. Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung - 35. BImSchV vom 10. Oktober 2006, die durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Dezember 2007 geändert worden ist.
- Roads Task Force (2013). *Technical Note 3: Freight servicing and logistics in London*.
- Roy. Suède (1998). Regeringens proposition 1997/98:145 - Svenska miljömål. Miljöpolitik för ett hållbart Sverige.
- Roy. Suède (2005). Regeringens proposition 2004/05:150 - Svenska miljömål – ett gemensamt uppdrag.
- Rutherford J. (2013). The Vicissitudes of Energy and Climate Policy in Stockholm: Politics, Materiality and Transition. *Urban Studies*, Vol. 51, n° 7, Special Issue Urban Energy Transitions: Places, Processes and Politics of Socio-technical Change, pp.1-22.
- Savy, M. (2006). *Le transport de marchandises*, Éditions d'Organisation, Eyrolles, Paris, 372 p.
- Senat Berlin (2005). *Luftreinhalteplan und Aktionsplan für Berlin 2005 – 2010 (+ Anhang)*. 151p.
- Senat Berlin (2009). *Ein Jahr Umweltzone Berlin : Wirkungsuntersuchungen*. 31 p.
- Senat Berlin (2011). *Mobilität der Stadt. Berliner Verkehr in Zahlen Ausgabe 2010*, 107 p.
- Senat Berlin (2013). *Luftreinhalteplan 2011 bis 2017 für Berlin*. 227 p.

- Senat Berlin (2014). *Mobilität der Stadt – Berliner Verkehr in Zahlen - Ausgabe 2013*. 120 p.
- Senat Berlin (2015). *Luftgütemessdaten Jahresberichte*. Disponible à l'adresse <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/messnetz/monat.shtml>. Consulté le 02.06.2015
- SOeS – Service de l'Observation et des Statistiques (2010). *Les transports en 2009 (tome 1). 47^{ème} rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation*, MEDDTL, 154 p.
- TfL – Transport for London (2007). *London Freight Plan - Sustainable freight distribution: a plan for London*. 108 p.
- TfL – Transport for London (2008). *London Low Emission Zone - Impacts Monitoring Baseline Report*. 221 p.
- TfL – Transport for London (2012). *Network Performance Traffic Analysis Centre – TAC Traffic Note 3 - TfL Cordon and Screenline Surveys 1971 – 2011*. Mars, 50 p.
- TfL – Transport for London (2013). *Travel in London Report 7*. 244 p.
- TfL – Transport for London (2014). *Congestion Charging & Low Emission Zone Key Fact Sheet - 01 July 2014 to 30 September 2014*. 3 p.
- Thompson, S. (2009). *Working Paper 37. London's logistics sector*, London, Greater London Authority, 33 p.
- UE (2002). *Décision n°1600/2002/CE du parlement européen et du conseil du 22 juillet 2002 établissant le sixième programme d'action communautaire pour l'environnement*. Bruxelles.
- UE (2005a). *Report from the Working Group on Environmental Zones - Exploring the issue of environmentally-related road traffic restrictions*. Bruxelles, UE.
- UE (2005b). *Stratégie thématique sur la pollution atmosphérique*. COM(2005) 446. Bruxelles.
- UE (2008). *Directive 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe*. Bruxelles.
- UE (2013). *Décision n°1386/2013/UE du parlement européen et du conseil du 20 novembre 2013 relative à un programme d'action général de l'Union pour l'environnement à l'horizon 2020 «Bien vivre, dans les limites de notre planète»*. Bruxelles.
- Umweltbundesamt (2015). <http://www.umweltbundesamt.de>
- Watkiss P., Allen, J., Anderson, S., Beevers, S., Browne, M., Carslaw, D., Emerson, P., Fairclough, P., Francsics, J., Freeman, D., Haydock, H., Hidri, S., Hitchcock, G., Parker, T., Pye, S., Smith, A., Ye, R., Young, T., (2003). *London Low Emission Zone Feasibility Study. Phase II. Final Report to the London Low Emission Zone Steering Group*. AEA Technology Environment, 39 p.
- Wolff, H. (2014). *Keep Your Clunker in the Suburb: Low Emission Zones and adoption of Green Vehicles. The Economic Journal*. Vol. 124, n°578, pp. 481-512.
- Wolff, H., Perry, L. (2010). *Trends in clean air legislation in Europe: particulate matter and low emission zones. Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 4, n°2, pp. 293-308.

Index des tableaux et figures

Tableaux

Tableau 1 : Dépassement des limites européennes de qualité de l'air – zones urbaines et toutes zones	7
Tableau 2 : Pollution due aux transports routiers - Comparaison UE-France-Allemagne-Royaume-Uni (Eurostat, 2013)	11
Tableau 3 : Normes Euro - Véhicules légers Véhicules utilitaires légers dont le PTAC est < 1305 kg (en g/km)	13
Tableau 4 : Normes Euro - Véhicules utilitaires légers dont le PTAC est compris entre 1305 et 1760 kg (en g/km)	13
Tableau 5 : Normes Euro - Véhicules utilitaires légers dont le PTAC est compris entre 1760 et 3500 kg (en g/km)	14
Tableau 6 : Normes Euro - Poids-lourds, bus et cars (g/kWh - NH ₃ en ppm)	14
Tableau 7 : Normes Euro : Deux/Trois-roues de plus de 50cm ³ (en g/km)	14
Tableau 8 : Typologie de quelques ZER en Europe - au 01/03/2014	20
Tableau 9 : Nombre de LEZ en Europe par pays au 01/03/2014	21
Tableau 10 : Flux de marchandises à Berlin - comparaison 1997/2009 (SenatBerlin, 2011)	35
Tableau 11. Correspondance entre norme Euro et date de mise en circulation (nouveaux types)	53
Tableau 12. Evolution des conditions d'autorisation d'accès à la <i>Low Emission Zone</i> de Londres	60
Tableau 13. Evolution des conditions d'autorisation d'accès à l' <i>Umweltzone</i> de Berlin	63
Tableau 14. Tableau de suivi des normes autorisées dans les ZER suédoises	65
Tableau 15 : Nomenclature de l'arrêté du 3 mai 2012 établissant la nomenclature des véhicules classés en fonction de leur niveau d'émission de polluants atmosphériques	89
Tableau 16 : Caractéristiques principales des huit scénarios de ZAPA définis par la Ville de Paris	90
Tableau 17 : Scénarios de ZCR en région parisienne	110
Tableau 18 : Répartition "idéale" des types de véhicules par norme Euro, selon le scénario de ZER et la zone géographique	115
Tableau 19 : Valeurs des coefficients alpha et beta retenus	120
Tableau 20 : Années d'immatriculation de chaque norme Euro pour les PL	120
Tableau 21 : Années d'immatriculation de chaque norme Euro pour les VUL	121
Tableau 22 : Taux de respect de la réglementation ZER définis par zone et par année de suivi	121
Tableau 23 : Récapitulatif des valeurs de beta utilisées pour le graphe précédent	122
Tableau 24 : Evolution relative de la proportion de véhicules Euro 5, 6 et électriques pour le scénario ZER par rapport au fil de l'eau (Index 2014 =100%)	125
Tableau 25 : Evolution de la répartition des PL dans Paris selon leur norme Euro	127
Tableau 26 : Trafic induit dans le scénario tout électrique 2 (pourcentage d'augmentation des véhicules utilitaires) selon la zone	135
Tableau 27 : Emissions de PM hors échappement par catégorie de véhicule, en g/km.	136

Figures

Figure 1 : Dépassement des limites européennes de qualité de l'air - Concentration moyenne annuelle en NO ₂ (AEE, 2012)	8
Figure 2 : Dépassement des limites européennes de qualité de l'air - Concentration moyenne horaire en NO ₂ (AEE, 2012)	8
Figure 3 : Dépassement des limites européennes de qualité de l'air - Concentration moyenne annuelle en PM ₁₀ (AEE, 2012)	9
Figure 4 : Dépassement des limites européennes de qualité de l'air - Concentration moyenne journalière en PM ₁₀ (AEE, 2012)	9
Figure 5 : Une ZER simple la <i>Zona a Traffico Limitato</i> de Pavie en Italie	16
Figure 6 : Un péage urbain inclus dans une ZER : l'Area C de Milan	16
Figure 7 : Lieux d'implantation des LEZ en Europe au 01/03/2014	21
Figure 8 : La Low Emission Zone (rouge) et la Congestion Charging Zone (vert) de Londres	27
Figure 9 : Panneau d'entrée de la LEZ (source : Wikimedia Commons)	27
Figure 10 : Taux de respect de la réglementation de la LEZ londonienne - phases 3 et 4	28
Figure 11 : Les secteurs logistiques dans le Grand Londres en 2007 - échelle du ward (Greater London Authority, 2009)	30
Figure 12 : Camion-benne sur la Marylebone Road à Londres	31
Figure 13 : Vignette de type verte Euro 4 Diesel/ Euro 1 Essence	31

Figure 14 : Panneau d'entrée d'une <i>Umweltzone</i> avec vignettes associées	31
Figure 15 : Les <i>Umweltzonen</i> allemandes en 2013 et leurs vignettes associées	32
Figure 16 : L' <i>Umweltzone</i> de Berlin	32
Figure 17 : Evolution de la répartition des véhicules par vignette sur la Frankfurter Allee de Berlin.....	33
Figure 18 : Part d'entreprises "Transport et entreposage" sur le nombre total par arrondissement.....	34
Figure 19 : Part d'employés "Transport et entreposage" sur le nombre total par arrondissement.....	34
Figure 20 : Part de chiffre d'affaires "Transport et entreposage" sur le nombre total par arrondissement.....	34
Figure 21 : Taux de véhicules éligibles à la vignette verte à Berlin entre 2006 et 2011 (Lutz et Rauterberg-Wulff, 2011)	35
Figure 22 : Exemple de restriction de circulation locale à Londres.....	42
Figure 23. Zone de limitation du PTAC dans le centre de Londres. Source : City of London	43
Figure 24. Livraison à côté de la station Friedrichshain à Berlin. Source : les auteurs.	44
Figure 25. Livraisons en cours dans le quartier d'Alexanderplatz à Berlin. Source : les auteurs.....	44
Figure 26. Livraisons dans le quartier de Mitte à Berlin. Source : les auteurs.....	44
Figure 27. Evolution du nombre de véhicules-kilomètres parcourus à Londres entre 1993 et 2012. Source : Allen et al., 2014.....	45
Figure 28. L'emploi logistique à Londres en 2007. Source : Thompson, 2009.....	46
Figure 29. Localisation de grands centres de distribution à Berlin en 2013.	47
Figure 30. Localisation des entreprises de transport dans la région du Västra Götalands län en 2009.	48
Figure 31. Localisation des entreprises de transport dans Göteborg en 2009. Source : Olsson, Woxenius, 2012	49
Figure 32. Les principaux itinéraires des flux de marchandises dans l'agglomération de Göteborg.....	50
Figure 33. Frevue - objectifs et méthodes. Source : les auteurs, à partir de www.frevue.eu	51
Figure 34. Véhicule <i>Stadsleveransen</i> à Göteborg.	51
Figure 35. Cycle de réutilisation du méthane par la centrale Biogaz de Berliner Stadtreinigung. (Source : http://www.bsr.de/).....	52
Figure 36. Evolution des émissions annuelles de NOx (t) liées au trafic routier au sein du Grand Londres.....	54
Figure 37. Sources de pollution en particules fines en zone urbaine. Source : fourni par M. Lutz, Senat Berlin.	55
Figure 38. Poids lourd floqué de la marque Tesco. Source : Wikimedia Commons.....	56
Figure 39 . Label FORS Gold. Source TfL	58
Figure 40. La <i>Low Emission Zone</i> de Londres. Source : Ellison et al., 2013	59
Figure 41. Panneau signalant la <i>Low Emission Zone</i> de Londres. Source : les auteurs.....	59
Figure 42. Les <i>Umweltzonen</i> allemandes et leur vignette associée.	61
Figure 43 : L' <i>Umweltzone</i> de Berlin. Source : Senat Berlin	62
Figure 44. La ZER de Göteborg en 1996 et en 2015. Source : les auteurs d'après Göteborgs Stad et al., 2009.	64
Figure 45. Evolution des concentrations de NO ₂ entre 2001 et 2013 - comparaison entre l'intérieur (FA) et l'extérieur (M) de l' <i>Umweltzone</i> de Berlin	67
Figure 46. Evolution des concentrations de PM ₁₀ entre 2001 et 2013 - comparaison entre l'intérieur (FA) et l'extérieur (M) de l' <i>Umweltzone</i> de Berlin.....	67
Figure 47 : Localisation des différents cordons pour la mesure du trafic routier à Londres.	68
Figure 48 : Evolution du trafic des véhicules utilitaires (en milliers de véhicules/jour) à Londres	68
Figure 49 : Points de comptage du trafic dans le Grand Londres et alentours.....	69
Figure 50 : Evolutions relatives du trafic moyen annuel Poids Lourds à l'intérieur et à l'extérieur de la <i>Low Emission Zone</i> du Grand Londres.	69
Figure 51 : Evolutions relatives du trafic moyen annuel de Véhicules Utilitaires Légers à l'intérieur et à l'extérieur de la <i>Low Emission Zone</i> du Grand Londres.	70
Figure 52 : Evolutions relatives des trafics moyens annuels VUL, PL et VP à l'intérieur de la <i>Low Emission Zone</i> du Grand Londres.....	70
Figure 53 : Evolutions relatives des trafics moyens annuels VP, VUL et PL sur la M25.	70
Figure 54 : Evolution des tonnes de marchandises transportées par la route à Berlin et en Brandebourg.	71
Figure 55 : Evolution du trafic VP à l'intérieur et l'extérieur de l' <i>Umweltzone</i>	72
Figure 56 : Evolution du trafic VUL+PL à l'intérieur et l'extérieur de l' <i>Umweltzone</i>	72
Figure 57 : Evolution des trafics VP et VUL+PL sur Tempelhofer Damm.	73
Figure 58 : Evolution des trafics VP et VUL+PL sur Marienfelder Allee.	73
Figure 59 : Taux de respect de la réglementation de la LEZ londonienne - phases 3 (VUL Euro 3) et 4 (PL Euro IV). ..	74
Figure 60 : Evolution du taux de véhicules éligibles à la vignette verte dans l' <i>Umweltzone</i> de Berlin entre 2006 et 2011.	75
Figure 61 : Taux de respect des règles de la Miljözon de Göteborg - trafic intra-zone.	75
Figure 62 : Taux de respect des règles de la Miljözon de Göteborg - trafic autour de la zone.	75
Figure 63 : Le nombre d'entreprises du transport routier en fonction du nombre de salariés en Europe en 2007.	76

Figure 64 : Evolution du nombre d'entreprises de transport (marchandises et voyageurs) dans le Grand Londres, selon leur localisation.....	76
Figure 65 : Evolution du nombre d'entreprises de transport et logistique localisées dans Berlin et dans le Brandebourg entre 2005 et 2010.	77
Figure 66 : Evolution du nombre d'entreprises de transport routier de marchandises (0-9 salariés) à Berlin et dans le Brandebourg entre 2005 et 2010. <i>Source : les auteurs, données BfG</i>	78
Figure 67 : Evolution du nombre d'entreprises de transport routier de marchandises (10-49 salariés) à Berlin et dans le Brandebourg entre 2005 et 2010. <i>Source : les auteurs, données BfG</i>	78
Figure 68 : Evolution de la structure par taille des entreprises de transport de marchandises entre 2006 et 2010 à Berlin.	79
Figure 69 : Evolution de la structure par taille des entreprises de transport de marchandises entre 2006 et 2010 dans l'Etat du Brandebourg.....	80
Figure 70 : Evolution du nombre d'établissements et d'employés dans les établissements de transport et logistique de Berlin entre 2008 et 2011.	81
Figure 71 : Evolution de la répartition des véhicules par vignette sur la Frankfurter Allee de Berlin.....	83
Figure 72 : Les contours de la Zone à Basses Emissions de Paris.....	91
Figure 73 : Les délimitations de la métropole du Grand Paris et ses extensions possibles.	95
Figure 74 : Compétences des EPCI existants dans le périmètre de la future MGP.....	96
Figure 75 : Cartographie du risque de dépassement des 35 jours supérieurs à 50 µg/m ³ en PM ₁₀ sur le territoire de la Métropole du Grand Paris	97
Figure 76 : Nombre de livraisons et enlèvements hebdomadaires selon les secteurs d'activités en Île-de-France en 2011.....	99
Figure 77 : Répartition des opérations effectuées en Île-de-France durant une semaine en fonction du type de véhicule en 2011.....	99
Figure 78 : Les établissements du transport routier de marchandises en Ile-de-France en 2013.	100
Figure 79 : Répartition des établissements du transport routier de marchandises en fonction de leur taille et de leur département d'Ile-de-France en 2013.	100
Figure 80 : Les établissements du transport routier de marchandises n'ayant aucun salarié en Ile-de-France en 2013.	101
Figure 81 : Les établissements du transport routier de marchandises (1 à 9 salariés) en Ile-de-France en 2013.	101
Figure 82 : Les établissements du transport routier de marchandises (10 à 49 salariés) en Ile-de-France en 2013. ...	102
Figure 83 : Les établissements du transport routier de marchandises (plus de 50 salariés) en Ile-de-France en 2013.....	102
Figure 84 : Evolution des émissions de NO _x (mg/km) pour 4 types de véhicules selon leur norme Euro.....	111
Figure 85 : Evolution des émissions de PM ₁₀ (mg/km) pour 4 types de véhicules selon leur norme Euro.	111
Figure 86 : Evolution des émissions de CO ₂ (mg/km) pour 4 types de véhicules selon leur norme Euro.....	112
Figure 87 : Evolution des émissions de HAP (mg/km) pour 4 types de véhicules selon leur norme Euro.	112
Figure 88 : Extrait du fichier "dr" de CopCETE	113
Figure 89 : Répartition des émissions de NO _x et de PM en fonction de la catégorie du véhicule pour les deux zones étudiées	116
Figure 90 : Etude des coefficients de la loi de Weibull (beta=10), réalisé par les auteurs	117
Figure 91 : Etude des coefficients de la loi de Weibull (alpha=5), graphique réalisé par les auteurs	118
Figure 92 : Une infinité de couple alpha/beta.....	118
Figure 93 : Détermination du beta pour les VUL.....	119
Figure 94 : Détermination du beta pour les poids lourds	119
Figure 95 : Exemple de modifications dans la loi de survie : exemple d'un VUL immatriculé en 2008.....	122
Figure 96 : Lois de survie pour un VUL immatriculé en 2008 et pour chaque zone	123
Figure 97 : Lois de survie pour un poids lourd immatriculé en 2008 et pour chaque zone	123
Figure 98 : Proportion de VUL Euro 5, 6 ou électriques pour chaque scénario et chaque zone.....	124
Figure 99 : Proportion de PL Euro 5, 6 ou électriques pour chaque scénario et chaque zone	124
Figure 100 : Evolution relative de la proportion de VUL Euro 5, 6 ou électriques pour le scénario ZER par rapport au fil de l'eau	125
Figure 101 : Evolution relative de la proportion de PL Euro 5, 6 ou électriques pour le scénario ZER par rapport au fil de l'eau	125
Figure 102 : Evolution de la proportion des VUL Euro 6 par rapport aux véhicules Euro 5, 6 et électriques dans Paris, pour le scénario ZCR/ZER	126
Figure 103 : Evolution de la proportion des PL Euro 6 par rapport aux véhicules Euro 5, 6 et électriques dans Paris, pour le scénario ZCR/ZER	126
Figure 104 : Evolution des émissions de NO _x (g/vkm) pour un véhicule représentatif de chaque zone (y compris les VP) dans le scénario au fil de l'eau	128
Figure 105 : Evolution relative des émissions de NO _x pour le scénario ZCR par rapport au fil de l'eau.....	129

Figure 106 : Evolution des émissions de PM (g/vkm) pour un véhicule représentatif de chaque zone (y compris les VP) dans le scénario au fil de l'eau	130
Figure 107 : Evolution relative des émissions de PM pour le scénario ZCR par rapport au fil de l'eau	131
Figure 108 : Evolution des émissions de HAP (mg/vkm) pour un véhicule représentatif (y compris les VP) de chaque zone dans le scénario au fil de l'eau	131
Figure 109 : Evolution des émissions de CO ₂ (g/vkm) pour un véhicule représentatif (y compris les VP) de chaque zone dans le scénario au fil de l'eau	132
Figure 110 : Evolution des émissions de PM (seulement émis par pot d'échappement en g/vkm) à Paris pour un véhicule moyen de chaque catégorie	132
Figure 111 : Evolution des émissions de PM totales (y compris hors échappement en g/vkm) à Paris pour un véhicule moyen de chaque catégorie	133
Figure 112 : Evolution des émissions de NO _x à Paris pour un véhicule moyen de chaque catégorie (en g/véhicule) ..	134
Figure 113 : Emissions de CO ₂ (tonnes/km sur les 4 heures d'enquête) par zone en 2025 selon le scénario	136
Figure 114 : Estimation des émissions de PM (kg/km de route) par zone en 2025 selon le scénario	137

Annexe

Annexe 1 : Types de véhicules dans le logiciel CopCETE	151
Annexe 2 : Caractéristiques de l'enquête plaques minéralogiques de la ville de Paris 2011	153
Annexe 3 : Qualité des données dans le calcul des émissions (EMEP/EEA, 2009 a,b)	154
Annexe 4 : Structures des parcs pour les différentes zones scénarios et années	157
Annexe 5 : Part des différentes catégories de véhicules dans les émissions selon les scénarios	162
Annexe 6 : Tableau de conversion des poids lourds Diesel en nombre de poids lourds électriques dans le deuxième scénario électrique	164
Annexe 7 : Localisation des établissements de messagerie en Ile-de-France en 2013	165

Sigles et acronymes

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
Cerema	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
IFSTTAR	Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux
LEZ	Low Emission Zone
NO_x	Oxydes d'azote
PL	Poids lourd (plus de 3,5 tonnes de poids total en charge)
PM	Particules (matières particulaires)
VUL	Véhicule utilitaire léger (3,5 tonnes et moins de 3,5 tonnes de poids total en charge)
ZCR	Zone à Circulation Restreinte
ZER	Zone à Emissions Réduites

Annexes

Annexe 1 : Types de véhicules dans le logiciel CopCETE

Sous-catégorie	Carburant	Cylindrée	Classe technologique
VEHICULE PARTICULIER (VP)	ESSENCE	< 1.4 l 1.4 l < <2 l > 2 l	Pré ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15-04 ECE 15-05 Euro 1 Euro 2 Euro 3 Euro 4 Euro 5 Euro 6
	DIESEL	< 2 l > 2 l	Conventionnel Euro 1 Euro 2 Euro 3 Euro 4 Euro 5 Euro 6
	GPL	Toutes	Euro 1 Euro 2 Euro 3 Euro 4 Euro 5 Euro 6
	HYBRIDE ESSENCE	Small Medium Big	Euro 3 Euro 4 Euro 5 Euro 6
	HYBRIDE DIESEL	Small Medium Big	Euro 5 Euro 6
VEHICULE UTILITAIRE LEGER (VUL)	ESSENCE	< 3.5 t	Conventionnel Euro 1 Euro 2 Euro 3 Euro 4 Euro 5 Euro 6
	DIESEL	< 3.5 t	Conventionnel Euro 1 Euro 2 Euro 3 Euro 4 Euro 5 Euro 6
	ELECTRIQUE	Toutes	Toutes

Annexe 2 : Caractéristiques de l'enquête plaques minéralogiques de la ville de Paris 2011

1. En semaine de 8h à 10h et de 14h à 16 h (les 22 - 23 et 28 juin)

Site	Nombre d'enquêteurs nécessaires
1. test de faisabilité	Réalisée le 10 mai 2011 sur A1 et A4 (1h creuse et 1h pleine)
2. Autoroutes A1, A4 et A13	30 enquêteurs (un enquêteur par file pour les VP + un enquêteur par sens pour les PL).
3. BP au niveau des portes Orléans - Bagnolet et Auteuil	26 enquêteurs (un enquêteur par file pour les VP + un enquêteur par sens pour les PL).
4. Voie sur berge rive gauche (sortie après Pont de l'Alma)	3 enquêteurs (un enquêteur par file pour les VP et les VL et un enquêteur pour les 2RM)
5. Paris intra-muros - Avenue Jean Jaurès (2 fois 2 files) - Bd Saint Jacques (2 files) - Bd Auguste Blanqui (2 files) - Bd Lefebvre (2 fois 2 files) - Bd Bessières (2 fois 2 files) - Rue du 4 septembre (2 files) - Bd Saint-Martin (3 files)	30 enquêteurs (un enquêteur par file pour les VP et les VL et un enquêteur par sens pour les 2RM) (NB : on ne peut relever les 2RM sur le site Bd Saint Martin où il y a 3 files + 1 couloir bus)
6. Reconnaissance terrain	3 zones

2. un dimanche de 16 h à 18 h (le 19 juin)

7. BP au niveau des portes Orléans - Bagnolet et Auteuil	20 enquêteurs (un enquêteur par file pour les VP)
---	--

Annexe 3 : Qualité des données dans le calcul des émissions (EMEP/EEA, 2009 a,b)

1. Emissions à chaud

Catégorie de véhicule	Polluant							
	NO _x	CO	COV	CH ₄	PM	N ₂ O	NH ₃	CO ₂
VL essence								
Avec catalyseur	A	A	A	A	-	C	C	A
Sans catalyseur	A	A	A	A	-	A	A	A
VL Diesel	A	A	A	A	A	B	B	A
VL GPL								
Avec catalyseur	A	A	A	A	D	C	C	A
Sans catalyseur	D	D	D	D	D	D	D	A
VL 2-temps	B	B	B	D	-	D	D	B
VUL								
Essence	B	B	B	C	-	B	B	A
Diesel	B	B	B	C	A	B	B	A
PL + Bus								
Essence	D	D	D	D	-	D	D	D
Diesel	A	A	A	B	A	B	B	A
Deux-roues								
< 50 cm ³	A	A	A	B	-	B	B	A
> 50 cm ³ 2-temps	A	A	A	B	-	B	B	A
> 50 cm ³ 4-temps	A	A	A	B	-	B	B	A

2. Emissions à froid

Catégorie de véhicule	Polluant							
	NO _x	CO	COV	CH ₄	PM	N ₂ O	NH ₃	CO ₂
VL essence								
Conventionnel	B	B	B	-	-	-	-	B
Euro I et après	B	B	B	A	-	-	-	A
VL Diesel								
Conventionnel	C	C	C	-	C	-	-	B
Euro I et après	A	A	A	A	A	-	-	A
VL GPL								
	C	C	C	-	-	-	-	B
VUL								
Essence	D	D	D	-	-	-	-	D
Diesel	D	D	D	-	D	-	-	D

3. Evaporations

Catégorie de véhicule	Polluant
	COV
VL	
Conventionnel	B
Equipés d'un système de contrôle (POST-Euro I)	A
VUL	
Conventionnel	D
Equipés d'un système de contrôle (POST-Euro I)	D
Deux-roues	
Conventionnel	B
Equipés d'un système de contrôle (POST-Euro I)	B

4. Autres émissions

Catégorie de véhicule	Polluant		
	TSP	TSP	TSP
	(pneus)	(freins)	(resusp.)
VL	B	D	C-D
VUL	B	B	C-D
PL	B	B	C-D
Deux-roues	B-C	B-C	C-D

Annexe 4 : Structures des parcs pour les différentes zones scénarios et années

1. Parc VUL Paris

	PARIS FIL DE L'EAU				PARIS SCENARIO ZER			
	2011	2014	2018	2021	2011	2014	2018	2021
VUL								
LCV petrol conv	13,04%	7,60%	2,85%	1,27%	13,04%	7,60%	0,04%	0,00%
LCV petrol Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
LCV petrol Euro-2	21,91%	16,25%	8,45%	4,81%	21,91%	16,25%	1,10%	0,00%
LCV petrol Euro-3	9,99%	8,37%	3,85%	2,45%	9,99%	8,37%	1,61%	0,01%
LCV petrol Euro-4	50,42%	47,89%	35,13%	26,04%	50,42%	47,89%	20,65%	1,18%
LCV petrol Euro-5	0,00%	19,90%	13,73%	11,44%	0,00%	19,90%	11,53%	2,84%
LCV petrol Euro-6	0,00%	0,00%	35,99%	54,00%	0,00%	0,00%	65,07%	95,98%
Sous tot LCV petrol	2,83%	2,71%	2,83%	2,83%	2,83%	2,71%	2,83%	2,83%
LCV diesel conv	2,05%	1,14%	0,45%	0,20%	2,05%	1,14%	0,01%	0,00%
LCV diesel Euro-1	1,41%	0,90%	0,42%	0,22%	1,41%	0,90%	0,02%	0,00%
LCV diesel Euro-2	8,88%	6,28%	3,43%	1,95%	8,88%	6,28%	0,45%	0,00%
LCV diesel Euro-3	21,85%	17,47%	11,29%	7,33%	21,85%	17,47%	3,53%	0,03%
LCV diesel Euro-4	64,07%	58,03%	44,63%	33,09%	64,07%	58,03%	26,24%	1,49%
LCV diesel Euro-5	1,73%	16,19%	12,04%	10,03%	1,73%	16,19%	10,12%	2,49%
LCV diesel Euro-6	0,00%	0,00%	27,73%	47,19%	0,00%	0,00%	59,64%	95,99%
Sous tot LCV diesel	96,90%	97,03%	96,90%	96,90%	96,90%	97,03%	96,90%	96,90%
LCV electric	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%
Total vul	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

2. Parc VUL périphérique

	PERIPHERIQUE FIL DE L'EAU				PERIPHERIQUE SCENARIO ZER			
	2011	2014	2018	2021	2011	2014	2018	2021
VUL								
LCV petrol conv	18,74%	10,41%	4,10%	1,82%	18,74%	10,41%	0,17%	0,00%
LCV petrol Euro-1	10,27%	6,54%	3,10%	1,58%	10,27%	6,54%	0,35%	0,00%
LCV petrol Euro-2	17,75%	12,56%	6,85%	3,90%	17,75%	12,56%	1,49%	0,01%
LCV petrol Euro-3	19,98%	15,97%	7,71%	4,91%	19,98%	15,97%	4,31%	0,19%
LCV petrol Euro-4	31,45%	28,48%	21,91%	16,24%	31,45%	28,48%	14,72%	2,37%
LCV petrol Euro-5	1,80%	26,04%	18,44%	15,36%	1,80%	26,04%	16,18%	6,71%
LCV petrol Euro-6	0,00%	0,00%	37,90%	56,19%	0,00%	0,00%	62,78%	90,72%
Sous tot LCV petrol	1,87%	1,87%	1,87%	1,87%	1,87%	1,87%	1,87%	1,87%
LCV diesel conv	2,19%	1,22%	0,48%	0,21%	2,19%	1,22%	0,02%	0,00%
LCV diesel Euro-1	2,18%	1,39%	0,66%	0,33%	2,18%	1,39%	0,07%	0,00%
LCV diesel Euro-2	7,78%	5,50%	3,00%	1,71%	7,78%	5,50%	0,65%	0,01%
LCV diesel Euro-3	20,87%	16,67%	10,79%	7,00%	20,87%	16,67%	4,50%	0,20%
LCV diesel Euro-4	64,21%	58,11%	44,73%	33,16%	64,21%	58,11%	30,05%	4,84%
LCV diesel Euro-5	2,83%	17,11%	13,69%	11,41%	2,83%	17,11%	12,02%	4,98%
LCV diesel Euro-6	0,00%	0,00%	26,65%	46,18%	0,00%	0,00%	52,69%	89,97%
Sous tot LCV diesel	98,07%	98,07%	98,07%	98,07%	98,07%	98,07%	98,07%	98,07%
LCV electric	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%
Total vul	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

3. Parc VUL intra A86

	INTRA A86 FIL DE L'EAU				INTRA A86 SCENARIO ZER			
	2013	2014	2018	2021	2013	2014	2018	2021
VUL								
LCV petrol conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
LCV petrol Euro-1	27,22%	23,18%	10,97%	5,60%	27,22%	23,18%	4,36%	0,01%
LCV petrol Euro-2	15,04%	13,26%	7,24%	4,12%	15,04%	13,26%	3,80%	0,04%
LCV petrol Euro-3	16,19%	14,88%	7,19%	4,58%	16,19%	14,88%	6,64%	0,34%
LCV petrol Euro-4	24,35%	23,34%	17,96%	13,31%	24,35%	23,34%	15,17%	2,75%
LCV petrol Euro-5	17,20%	25,33%	15,21%	12,67%	17,20%	25,33%	19,21%	3,70%
LCV petrol Euro-6	0,00%	0,00%	41,45%	59,73%	0,00%	0,00%	50,81%	93,17%
Sous tot LCV petrol	1,88%	1,88%	1,88%	1,88%	1,88%	1,88%	1,88%	1,88%
LCV diesel conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
LCV diesel Euro-1	3,80%	3,23%	1,53%	0,78%	3,80%	3,23%	0,61%	0,00%
LCV diesel Euro-2	5,31%	4,68%	2,55%	1,45%	5,31%	4,68%	1,34%	0,01%
LCV diesel Euro-3	18,28%	16,81%	10,87%	7,05%	18,28%	16,81%	7,50%	0,38%
LCV diesel Euro-4	41,38%	39,68%	30,52%	22,63%	41,38%	39,68%	25,79%	4,67%
LCV diesel Euro-5	31,23%	35,60%	27,61%	23,00%	31,23%	35,60%	26,12%	5,03%
LCV diesel Euro-6	0,00%	0,00%	26,92%	45,09%	0,00%	0,00%	38,64%	89,90%
Sous tot LCV diesel	97,75%	97,75%	97,75%	97,75%	97,75%	97,75%	97,75%	97,75%
LCV electric	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%
Total vul	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

4. Parc VUL A86

	A86 FIL DE L'EAU				A86 SCENARIO ZER			
	2013	2014	2018	2021	2013	2014	2018	2021
VUL								
LCV petrol conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
LCV petrol Euro-1	27,22%	23,18%	10,97%	5,60%	27,22%	23,18%	4,41%	0,12%
LCV petrol Euro-2	15,04%	13,26%	7,24%	4,12%	15,04%	13,26%	3,83%	0,24%
LCV petrol Euro-3	16,19%	14,88%	7,19%	4,58%	16,19%	14,88%	6,67%	1,09%
LCV petrol Euro-4	24,35%	23,34%	17,96%	13,31%	24,35%	23,34%	15,20%	5,19%
LCV petrol Euro-5	17,20%	25,33%	15,21%	12,67%	17,20%	25,33%	19,23%	3,72%
LCV petrol Euro-6	0,00%	0,00%	41,45%	59,73%	0,00%	0,00%	50,67%	89,64%
Sous tot LCV petrol	2,96%	2,96%	2,96%	2,96%	2,96%	2,96%	2,96%	2,96%
LCV diesel conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
LCV diesel Euro-1	3,80%	3,23%	1,53%	0,78%	3,80%	3,23%	0,61%	0,02%
LCV diesel Euro-2	5,31%	4,68%	2,55%	1,45%	5,31%	4,68%	1,35%	0,09%
LCV diesel Euro-3	18,28%	16,81%	10,87%	7,05%	18,28%	16,81%	7,53%	1,23%
LCV diesel Euro-4	41,38%	39,68%	30,52%	22,63%	41,38%	39,68%	25,84%	8,83%
LCV diesel Euro-5	31,23%	35,60%	27,61%	23,00%	31,23%	35,60%	26,14%	5,06%
LCV diesel Euro-6	0,00%	0,00%	26,92%	45,09%	0,00%	0,00%	38,53%	84,78%
Sous tot LCV diesel	96,47%	96,47%	96,47%	96,47%	96,47%	96,47%	96,47%	96,47%
LCV electric	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%
Total vul	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

5. Parc PL Paris

	PARIS FIL DE L'EAU				PARIS SCENARIO ZER			
PARIS PL	2011	2014	2018	2021	2011	2014	2018	2021
RT <=7.5t conv	1,31%	0,55%	0,11%	0,02%	1,31%	0,55%	0,02%	0,00%
RT <=7.5t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT <=7.5t Euro-2	0,78%	0,56%	0,28%	0,13%	0,78%	0,56%	0,16%	0,00%
RT <=7.5t Euro-3	0,77%	0,68%	0,48%	0,31%	0,77%	0,68%	0,38%	0,00%
RT <=7.5t Euro-4	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT <=7.5t Euro-5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT <=7.5t Euro-6	0,00%	1,08%	2,00%	2,41%	0,00%	1,08%	2,31%	2,86%
RT >7,5-12t conv	0,67%	0,28%	0,06%	0,01%	0,67%	0,28%	0,01%	0,00%
RT >7,5-12t Euro-1	1,69%	0,94%	0,30%	0,09%	1,69%	0,94%	0,10%	0,00%
RT >7,5-12t Euro-2	3,62%	2,61%	1,28%	0,58%	3,62%	2,61%	0,72%	0,00%
RT >7,5-12t Euro-3	4,77%	4,19%	2,97%	1,91%	4,77%	4,19%	2,36%	0,00%
RT >7,5-12t Euro-4	6,79%	6,53%	5,60%	4,41%	6,79%	6,53%	5,14%	0,07%
RT >7,5-12t Euro-5	7,62%	9,49%	9,06%	8,19%	7,62%	9,49%	8,87%	2,21%
RT >7,5-12t Euro-6	0,00%	1,12%	5,90%	9,97%	0,00%	1,12%	7,96%	22,88%
RT >12-14t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >12-14t Euro-1	0,49%	0,28%	0,09%	0,03%	0,49%	0,28%	0,03%	0,00%
RT >12-14t Euro-2	1,28%	0,92%	0,45%	0,21%	1,28%	0,92%	0,26%	0,00%
RT >12-14t Euro-3	4,49%	3,95%	2,79%	1,80%	4,49%	3,95%	2,22%	0,00%
RT >12-14t Euro-4	0,98%	0,95%	0,81%	0,64%	0,98%	0,95%	0,75%	0,01%
RT >12-14t Euro-5	2,47%	3,07%	2,93%	2,65%	2,47%	3,07%	2,87%	0,72%
RT >12-14t Euro-6	1,27%	1,83%	3,91%	5,67%	1,27%	1,83%	4,87%	10,26%
RT >14-20t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >14-20t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >14-20t Euro-2	5,12%	3,68%	1,81%	0,82%	5,12%	3,68%	1,02%	0,00%
RT >14-20t Euro-3	8,04%	7,06%	5,00%	3,22%	8,04%	7,06%	3,97%	0,00%
RT >14-20t Euro-4	4,83%	4,64%	3,98%	3,14%	4,83%	4,64%	3,66%	0,05%
RT >14-20t Euro-5	6,88%	8,56%	8,17%	7,39%	6,88%	8,56%	8,00%	1,99%
RT >14-20t Euro-6	0,00%	0,91%	5,90%	10,29%	0,00%	0,91%	8,21%	22,81%
RT >20-26t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >20-26t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >20-26t Euro-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >20-26t Euro-3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >20-26t Euro-4	0,85%	0,82%	0,70%	0,55%	0,85%	0,82%	0,65%	0,01%
RT >20-26t Euro-5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >20-26t Euro-6	0,28%	0,31%	0,43%	0,58%	0,28%	0,31%	0,48%	1,12%
RT >26-28t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >26-28t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >26-28t Euro-2	0,83%	0,60%	0,30%	0,13%	0,83%	0,60%	0,17%	0,00%
RT >26-28t Euro-3	3,44%	3,02%	2,14%	1,38%	3,44%	3,02%	1,70%	0,00%
RT >26-28t Euro-4	2,02%	1,94%	1,67%	1,31%	2,02%	1,94%	1,53%	0,02%
RT >26-28t Euro-5	4,10%	4,08%	3,90%	3,52%	4,10%	4,08%	3,82%	0,95%
RT >26-28t Euro-6	0,00%	0,75%	2,40%	4,05%	0,00%	0,75%	3,19%	9,42%
RT >28-32t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >28-32t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >28-32t Euro-2	1,20%	0,86%	0,42%	0,19%	1,20%	0,86%	0,24%	0,00%
RT >28-32t Euro-3	1,35%	1,19%	0,84%	0,54%	1,35%	1,19%	0,67%	0,00%
RT >28-32t Euro-4	2,95%	2,83%	2,43%	1,92%	2,95%	2,83%	2,23%	0,03%
RT >28-32t Euro-5	0,67%	0,83%	0,79%	0,72%	0,67%	0,83%	0,78%	0,19%
RT >28-32t Euro-6	0,00%	0,45%	1,67%	2,79%	0,00%	0,45%	2,25%	5,93%
RT >32t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >32t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >32t Euro-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >32t Euro-3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >32t Euro-4	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >32t Euro-5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >32t Euro-6	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >14-20t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >14-20t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >14-20t Euro-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

TT/AT >14-20t Euro-3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >14-20t Euro-4	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >14-20t Euro-5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >14-20t Euro-6	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >20-28t conv	1,35%	0,34%	0,02%	0,00%	1,35%	0,34%	0,00%	0,00%
TT/AT >20-28t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >20-28t Euro-2	2,12%	1,49%	0,59%	0,18%	2,12%	1,49%	0,25%	0,00%
TT/AT >20-28t Euro-3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >20-28t Euro-4	1,35%	1,33%	1,20%	0,97%	1,35%	1,33%	1,12%	0,00%
TT/AT >20-28t Euro-5	1,35%	1,69%	1,65%	1,55%	1,35%	1,69%	1,63%	0,35%
TT/AT >20-28t Euro-6	0,00%	1,32%	2,70%	3,47%	0,00%	1,32%	3,16%	5,81%
TT/AT >28-34t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >28-34t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >28-34t Euro-2	0,93%	0,65%	0,26%	0,08%	0,93%	0,65%	0,11%	0,00%
TT/AT >28-34t Euro-3	2,58%	2,36%	1,69%	1,00%	2,58%	2,36%	1,29%	0,00%
TT/AT >28-34t Euro-4	1,78%	1,75%	1,58%	1,27%	1,78%	1,75%	1,47%	0,00%
TT/AT >28-34t Euro-5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >28-34t Euro-6	0,00%	0,53%	1,76%	2,94%	0,00%	0,53%	2,41%	5,28%
TT/AT >34-40t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >34-40t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >34-40t Euro-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >34-40t Euro-3	1,13%	1,03%	0,74%	0,44%	1,13%	1,03%	0,57%	0,00%
TT/AT >34-40t Euro-4	2,36%	2,32%	2,10%	1,69%	2,36%	2,32%	1,95%	0,00%
TT/AT >34-40t Euro-5	1,35%	1,35%	1,32%	1,24%	1,35%	1,35%	1,31%	0,28%
TT/AT >34-40t Euro-6	0,00%	0,14%	0,68%	1,48%	0,00%	0,14%	1,02%	4,56%
TT/AT >40-50t 80ties	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >40-50t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >40-50t Euro-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >40-50t Euro-3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >40-50t Euro-4	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >40-50t Euro-5	0,46%	0,46%	0,46%	0,43%	0,46%	0,46%	0,45%	0,10%
TT/AT >40-50t Euro-6	0,00%	0,00%	0,01%	0,04%	0,00%	0,00%	0,02%	0,37%
TT/AT >50-60t 80ties	1,17%	0,29%	0,02%	0,00%	1,17%	0,29%	0,00%	0,00%
TT/AT >50-60t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >50-60t Euro-2	0,25%	0,18%	0,07%	0,02%	0,25%	0,18%	0,03%	0,00%
TT/AT >50-60t Euro-3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >50-60t Euro-4	0,25%	0,25%	0,23%	0,18%	0,25%	0,25%	0,21%	0,00%
TT/AT >50-60t Euro-5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TT/AT >50-60t Euro-6	0,00%	0,95%	1,36%	1,47%	0,00%	0,95%	1,43%	1,68%
Total PL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

6. Parc PL périphérique

Paris PL	PARIS FIL DE L'EAU				PARIS SCENARIO ZER			
	2011	2014	VUL	2011	2014	VUL	2011	2014
RT <=7.5t conv	0,39%	0,17%	0,03%	0,01%	0,39%	0,17%	0,01%	0,00%
RT <=7.5t Euro-1	0,08%	0,05%	0,02%	0,00%	0,08%	0,05%	0,01%	0,00%
RT <=7.5t Euro-2	0,08%	0,06%	0,03%	0,01%	0,08%	0,06%	0,02%	0,00%
RT <=7.5t Euro-3	0,39%	0,35%	0,24%	0,16%	0,39%	0,35%	0,21%	0,03%
RT <=7.5t Euro-4	0,14%	0,13%	0,12%	0,09%	0,14%	0,13%	0,11%	0,04%
RT <=7.5t Euro-5	0,15%	0,18%	0,18%	0,16%	0,15%	0,18%	0,17%	0,04%
RT <=7.5t Euro-6	0,02%	0,33%	0,65%	0,84%	0,02%	0,33%	0,74%	1,15%
RT >7,5-12t conv	0,89%	0,37%	0,07%	0,02%	0,89%	0,37%	0,02%	0,00%
RT >7,5-12t Euro-1	0,90%	0,51%	0,16%	0,05%	0,90%	0,51%	0,07%	0,00%
RT >7,5-12t Euro-2	2,95%	2,13%	1,04%	0,47%	2,95%	2,13%	0,69%	0,02%
RT >7,5-12t Euro-3	3,96%	3,48%	2,46%	1,59%	3,96%	3,48%	2,08%	0,33%
RT >7,5-12t Euro-4	2,84%	2,73%	2,34%	1,85%	2,84%	2,73%	2,20%	0,88%
RT >7,5-12t Euro-5	3,03%	3,77%	3,60%	3,26%	3,03%	3,77%	3,55%	0,74%
RT >7,5-12t Euro-6	0,02%	1,61%	4,91%	7,37%	0,02%	1,61%	5,98%	12,64%
RT >12-14t conv	0,57%	0,24%	0,05%	0,01%	0,57%	0,24%	0,01%	0,00%
RT >12-14t Euro-1	0,67%	0,38%	0,12%	0,04%	0,67%	0,38%	0,05%	0,00%
RT >12-14t Euro-2	1,56%	1,12%	0,55%	0,25%	1,56%	1,12%	0,36%	0,01%
RT >12-14t Euro-3	2,31%	2,03%	1,44%	0,93%	2,31%	2,03%	1,22%	0,19%
RT >12-14t Euro-4	0,69%	0,67%	0,57%	0,45%	0,69%	0,67%	0,54%	0,21%
RT >12-14t Euro-5	0,39%	0,48%	0,46%	0,42%	0,39%	0,48%	0,45%	0,09%
RT >12-14t Euro-6	0,02%	1,30%	3,03%	4,12%	0,02%	1,30%	3,58%	5,70%
RT >14-20t conv	0,94%	0,39%	0,08%	0,02%	0,94%	0,39%	0,02%	0,00%
RT >14-20t Euro-1	0,96%	0,54%	0,17%	0,05%	0,96%	0,54%	0,08%	0,00%
RT >14-20t Euro-2	4,23%	3,05%	1,50%	0,68%	4,23%	3,05%	0,99%	0,02%
RT >14-20t Euro-3	10,57%	9,29%	6,57%	4,24%	10,57%	9,29%	5,56%	0,88%
RT >14-20t Euro-4	8,41%	8,09%	6,94%	5,47%	8,41%	8,09%	6,52%	2,60%
RT >14-20t Euro-5	7,57%	9,41%	8,99%	8,12%	7,57%	9,41%	8,85%	1,84%
RT >14-20t Euro-6	0,02%	1,94%	8,46%	14,13%	0,02%	1,94%	10,69%	27,36%
RT >20-26t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >20-26t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >20-26t Euro-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >20-26t Euro-3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >20-26t Euro-4	0,28%	0,27%	0,23%	0,18%	0,28%	0,27%	0,22%	0,09%
RT >20-26t Euro-5	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >20-26t Euro-6	0,02%	0,00%	0,07%	0,12%	0,02%	0,03%	0,09%	0,22%
RT >26-28t conv	0,40%	0,17%	0,03%	0,01%	0,40%	0,17%	0,01%	0,00%
RT >26-28t Euro-1	0,25%	0,14%	0,04%	0,01%	0,25%	0,14%	0,02%	0,00%
RT >26-28t Euro-2	1,03%	0,74%	0,36%	0,17%	1,03%	0,74%	0,24%	0,01%
RT >26-28t Euro-3	3,48%	3,06%	2,16%	1,40%	3,48%	3,06%	1,83%	0,29%
RT >26-28t Euro-4	2,20%	2,12%	1,82%	1,43%	2,20%	2,12%	1,71%	0,68%
RT >26-28t Euro-5	3,08%	3,06%	2,93%	2,64%	3,08%	3,06%	2,88%	0,60%
RT >26-28t Euro-6	0,02%	1,18%	3,12%	4,81%	0,02%	1,18%	3,78%	8,89%
RT >28-32t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >28-32t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >28-32t Euro-2	0,32%	0,23%	0,11%	0,05%	0,32%	0,23%	0,07%	0,00%
RT >28-32t Euro-3	1,48%	1,30%	0,92%	0,59%	1,48%	1,30%	0,78%	0,12%
RT >28-32t Euro-4	2,26%	2,17%	1,86%	1,47%	2,26%	2,17%	1,75%	0,70%
RT >28-32t Euro-5	1,14%	1,42%	1,36%	1,23%	1,14%	1,42%	1,34%	0,28%
RT >28-32t Euro-6	0,02%	0,10%	0,97%	1,88%	0,02%	0,10%	1,28%	4,12%
RT >32t conv	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >32t Euro-1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >32t Euro-2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RT >32t Euro-3	0,15%	0,13%	0,09%	0,06%	0,15%	0,13%	0,08%	0,01%
RT >32t Euro-4	0,06%	0,06%	0,05%	0,04%	0,06%	0,06%	0,05%	0,02%
RT >32t Euro-5	0,29%	0,29%	0,27%	0,25%	0,29%	0,32%	0,30%	0,06%
RT >32t Euro-6	0,02%	0,05%	0,11%	0,18%	0,02%	0,01%	0,10%	0,43%

Annexe 5 : Part des différentes catégories de véhicules dans les émissions selon les scénarios

Part des émissions de PM du transport routier à Paris par catégorie de véhicule

PM PARIS	Scénario FIL DE L'EAU			Scénario ZCR	
Année	2014	2018	2021	2018	2021
PL	16%	17%	18%	18%	19%
VUL	26%	25%	24%	21%	18%
Ensemble utilitaire	42%	42%	42%	39%	37%
VP	58%	58%	58%	61%	63%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Parts des émissions de PM du transport routier du périphérique par catégorie de véhicule

PM PERIPHERIQUE	Scénario FIL DE L'EAU			Scénario ZCR	
Année	2014	2018	2021	2018	2021
PL	47%	49%	50%	49%	51%
VUL	14%	13%	13%	12%	10%
Ensemble utilitaire	61%	62%	63%	61%	61%
VP	39%	38%	37%	39%	39%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Parts des émissions de PM du transport routier de l'intra A86 par catégorie de véhicule

PM INTRA A86	Scénario FIL DE L'EAU			Scénario ZC	
Année	2014	2018	2021	2018	2021
PL	36%	38%	39%	38%	39%
VUL	14%	13%	13%	13%	12%
Ensemble utilitaire	50%	51%	52%	51%	51%
VP	50%	49%	48%	49%	49%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Part des émissions de NOx du transport routier à Paris par catégorie de véhicules

NOx PARIS	Scénario FIL DE L'EAU			Scénario ZCR	
Année	2014	2018	2021	2018	2021
PL	20%	19%	18%	15%	9%
VUL	26%	26%	27%	22%	18%
Ensemble utilitaire	46%	45%	45%	37%	27%
VP	54%	55%	55%	63%	73%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Part des émissions de NOx du transport routier du périphérique par catégorie de véhicules

NOx PERIPHERIQUE	Scénario FIL DE L'EAU			Scénario ZER	
Année	2014	2018	2021	2018	2021
PL	47%	46%	43%	39%	25%
VUL	17%	17%	18%	17%	16%
Ensemble utilitaire	64%	63%	61%	56%	41%
VP	36%	37%	39%	44%	59%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Origine des émissions de NOx du transport routier de l'intra A86 par catégorie de véhicule

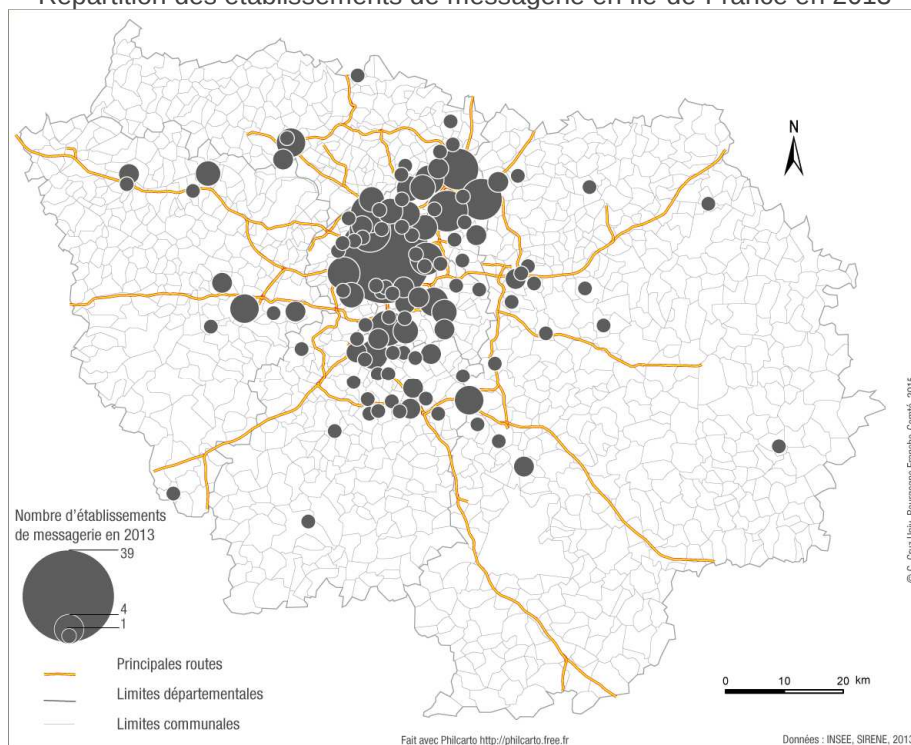
NOx INTRA A86	Scénario FIL DE L'EAU			Scénario ZER	
Année	2014	2018	2021	2018	2021
PL	32%	30%	28%	31%	16%
VUL	18%	20%	21%	18%	16%
Ensemble utilitaire	50%	50%	49%	49%	32%
VP	50%	50%	51%	51%	68%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Annexe 6 : Tableau de conversion des poids lourds Diesel en nombre de poids lourds électriques dans le deuxième scénario électrique

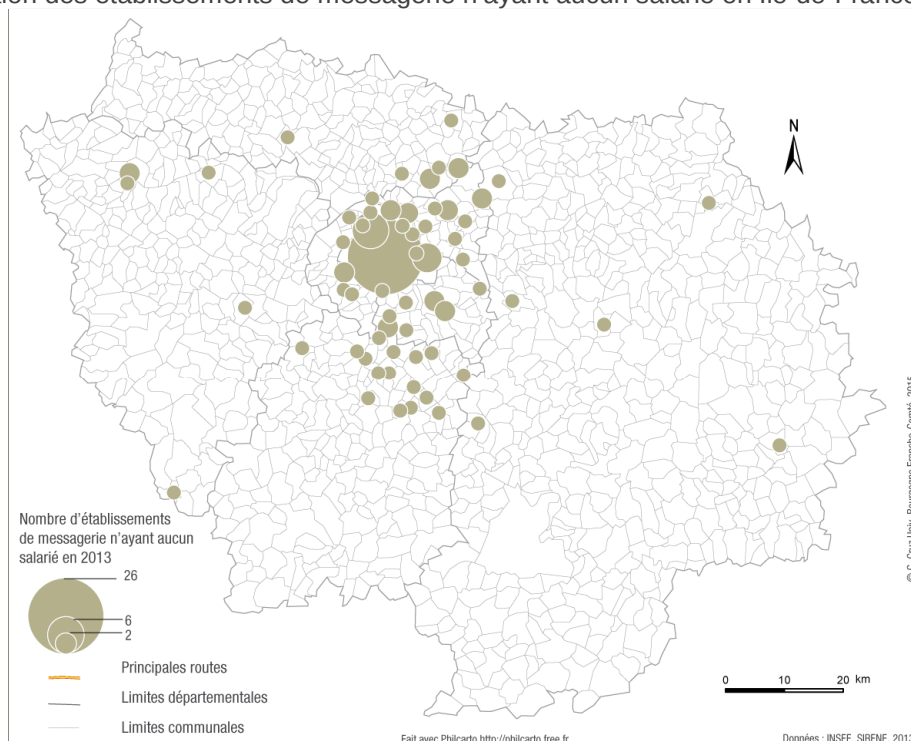
Tableau de conversion de poids lourds de différents tonnages en poids lourds électrique de charge utile de 5t et de 2t		
	Electrique >7,5-12t CU 5 t.	Electrique <=7,5t CU 2t.
RT <=7.5t	0	1
RT >7,5-12t	1	0
RT >12-14t	2	0
RT >14-20t	2	1
RT >20-26t	3	0
RT >26-28t	3	1
RT >28-32t	3	1
RT >32t	4	0
TT/AT >14-20t	2	0
TT/AT >20-28t	4	0
TT/AT >28-34t	4	1
TT/AT >34-40t	6	0
TT/AT >40-50t	7	0
TT/AT >50-60t	9	0

Annexe 7 : Localisation des établissements de messagerie en Ile-de-France en 2013

Répartition des établissements de messagerie en Ile-de-France en 2013



Répartition des établissements de messagerie n'ayant aucun salarié en Ile-de-France en 2013



L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr