

Note Méthodologique

Le Diagnostic Energie Emissions des Mobilités (DEEM)


Principes Méthodologiques n°1

Le DEEM résidents

2017

Version Provisoire

Damien Verry
Fabrice Hasiak
Arnaud Lannoy



Avant-propos

La démarche DEEM est une initiative portée conjointement par l'Ademe, l'Ifsttar et le Cerema débutée en 2011. Elle s'inscrit dans la suite de travaux scientifiques produits notamment par l'Inrets dans les années 1990 qui ont conduit l'Inrets et le Cete Nord-Picardie à réaliser un DEM (Diagnostic Environnemental de la Mobilité) pour le compte de la communauté urbaine de Lille en 2010.

La réussite de cette expérimentation a confirmé l'intérêt d'une approche standardisée pour ce type de démarche. Le présent rapport, volontairement succinct, est à destination des futurs utilisateurs des données produites dans le cadre de la démarche DEEM. Il est centré sur l'enrichissement des enquêtes ménages déplacements de données environnementales. Il a pour objectif de faciliter l'utilisation des données DEEM pour établir des diagnostics utiles à l'élaboration des politiques publiques dans le domaine des transports et de l'aménagement du territoire. Les personnes intéressées par les enjeux méthodologiques du DEEM ou par les analyses des résultats produits se reporteront aux références citées.

Remerciements

Ce document n'aurait pas existé sans la contribution de Laurent Hivert (Ifsttar) expert de cette thématique qu'il soit ici remercié de tout ce qu'il a pu nous apporter. Pierre Taillant a assuré pour l'Ademe le suivi de cette démarche, son soutien a rendu possible l'existence de cette expérimentation. Enfin Bernard Quetelard et Patrick Palmier (ex Cete Nord Picardie) sont à remercier pour tout le travail lié à l'exploitation des Enquêtes Ménages Déplacements (EMD), à la création du programme informatique lié à la démarche DEEM et la mise en place du programme d'enrichissement des distances dans les EMD.

Trois territoires pilotes avec des enquêtes mobilités récentes ont servi de terrains d'expérimentations: le département du Calvados, le Grand Amiénois et la région Grenobloise. Merci aux acteurs des enquêtes de ces territoires pour leur participation tout au long du processus de construction de la méthode.

Sommaire

1. La démarche DEEM		6
1.1 Objectifs	6	
1.2 Définitions	7	
1.3 Positionnement	8	
2. Estimation des consommations énergétiques et des émissions de polluants		9
2.1 Les données de mobilité	9	
2.2 L'estimation des distances et des vitesses des déplacements	11	
2.3 Les facteurs de consommation et d'émissions	13	
3. Les données produites par le DEEM résidents		26
3.1 La base enquête ménages enrichie	26	
3.2 L'exploitation standard DEEM résidents	27	
3.3 Tableau de synthèse	29	
4. Premières analyses produites sur les données DEEM		31
4.1 Donner du sens aux données par comparaison	31	
4.2 Identifier les enjeux d'un territoire : considérer les flux de déplacements	37	
4.3 Mobilité et disparités socio-économiques	39	
4.4 DEEM et données technologiques des véhicules	41	
5. Glossaire		49
6. Bibliographie		50
7. Annexes		51
7.1 Annexe 1 Introduction des distances dans les EMD. Méthode de calcul à partir de données SIG.	51	
7.2 Annexe 2 Les catégories de véhicules dans Copert 4	58	
7.3 Annexe 3 Impact de la vitesse moyenne sur les émissions unitaires des voitures particulières en fonction de la norme euro du véhicule.	60	
7.4 Annexe 4 Calculs des émissions et consommations des déplacements réalisés en Transports Collectifs Urbains en dehors du périmètre de l'enquête déplacement.	74	
7.5 Annexe 5 Tableaux sur le coût résidentiel sur Toulouse	88	
7.6 Annexe 6 Certificats de qualité de l'air et émissions unitaires	89	
7.7 Listes des figures	91	
7.8 Liste des tableaux	92	

1. La démarche DEEM

1.1 Objectifs

La démarche DEEM a pour objectif d'établir un diagnostic stratégique énergie émission d'un système de déplacements urbains. Initialement, le DEEM a été développé pour réaliser une partie du diagnostic environnemental préalable à l'élaboration d'un Plan de Déplacements Urbains (PDU). Le DEEM cherche à répondre à plusieurs questions: quelles sont les spécificités de mon territoire? Sur quels segments de mobilités doivent porter les réductions des consommations et émissions? Quels sont les bons leviers à utiliser pour atteindre les objectifs fixés? Quels impacts les évolutions technologiques peuvent avoir sur les émissions globales? Quels ménages seraient touchés par telle ou telle politique de déplacements ou projets d'aménagements? Le DEEM cherche à éclairer des décisions de moyen et long terme.

Il faut noter que le DEEM est une démarche visant à fournir des données utiles pour réaliser un état des lieux et un diagnostic. Il ne s'agit pas d'un outil spécifique fournissant directement un diagnostic. Suivant les contextes et les objectifs des politiques publiques locales, certaines données seront utilisées ou pas. Le DEEM n'implique pas de manière normative un modèle de diagnostic. Si une méthodologie commune d'enrichissement des données de mobilités est proposée, ce sont bien les acteurs locaux qui définissent et réalisent le diagnostic selon leurs besoins ou attentes.

Le niveau stratégique de l'outil s'explique notamment par son niveau spatial de pertinence. Les données produites n'ont ainsi pas de sens à un niveau spatial fin et ne peuvent être utilisés pour caractériser un quartier ou un projet local d'infrastructure. Un découpage en une dizaine de zones d'un territoire urbain est le seuil pertinent d'analyse.

D'un autre côté, les données estimées dans la démarche DEEM donnent rapidement des ordres de grandeurs propres aux territoires d'études aussi bien en situation actuelle qu'en prospective. Ces données ont l'avantage d'être reliées aux comportements individuels de mobilité. Cette approche en partie désagrégée permet des simulations rapides fondées sur les pratiques individuelles de mobilités révélées. L'hypothèse faite ici est que les actions et politiques visant à réduire ces impacts environnementaux seront d'autant plus efficaces et acceptées qu'elles s'appuieront sur une compréhension fine des mobilités individuelles. Comprendre pourquoi les individus se déplacent, qui se déplace et quand, quels modes ils choisissent, quels véhicules ils utilisent sont autant de questions qu'il faut considérer pour mener des actions pertinentes en matière d'amélioration de qualité de vie, de sobriété énergétique et de durabilité.

1.2 Définitions

Le Diagnostic Energie Emissions des Mobilités est une démarche qui vise notamment à partir des données d'enquêtes déplacements à établir un diagnostic des consommations énergétiques et des émissions de polluants liées aux mobilités de personnes et de marchandises sur un territoire d'études donné.

Les émissions de polluants concernent les émissions de polluants locaux réglementés et les émissions de gaz à effet de serre.

Le DEEM se décompose en deux démarches :

- un DEEM "résidents"
- un "DEEM "territoire".

Le "DEEM" résidents est centré sur la mobilité des résidents du territoire d'études. Il s'intéresse à l'ensemble de la mobilité réalisée par cette population que ce soit à l'intérieur du périmètre d'études ou à l'extérieur. Il ne concerne que la mobilité voyageurs.

Le "DEEM" territorial s'intéresse à l'ensemble des mobilités, voyageurs et marchandises, réalisés à l'intérieur du périmètre d'études par les résidents.

Les indicateurs retenus

Le DEEM vise à caractériser un système de déplacements à travers les indicateurs suivants:

- le nombre de déplacements
- les distances parcourues (km)
- les consommations énergétiques (tep)
- les polluants locaux précurseurs de l'ozone (g): le monoxyde de carbone CO, les composés organiques volatiles COV, les oxydes d'azote NO_x.
- les particules (Ps) (g): particules de diamètre aéroulque < 10 microns (PM₁₀), les particules liées à l'abrasion des pneus et aux freinages des véhicules particuliers.
- les gaz à effet de serre (GES) (g) : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote N₂O, et un équivalent CO₂ (CO_{2eq}).

Historiquement la démarche DEEM était uniquement constituée de sa partie "territoriale". Le territoire d'analyse renvoyait le plus souvent à un découpage administratif ou à un périmètre d'enquête. Ce choix de distinguer deux niveaux d'analyse (DEEM résident et DEEM territoire) résulte des retours d'expériences des premiers exercices réalisés et de la disponibilité des données sur la mobilité voyageurs. Les diagnostics de mobilités sont apparus très dépendants de la taille des périmètres d'études. Plus le périmètre d'enquête est important, plus les distances moyennes parcourues augmentent. Le fait dans le DEEM "résidents" de considérer l'ensemble des mobilités permet de limiter cet effet de taille de "périmètre". Par exemple si on

considère les résidents de deux villes, la comparaison des distances moyennes parcourues par jour renvoie à l'analyse de pratiques comparables, indépendamment du périmètre de l'enquête.

Dans ce document, les méthodes décrites concernent les estimations utilisées pour le DEEM "résidents" et la partie concernant la mobilité des résidents à l'intérieur du périmètre d'étude.

Pour réaliser un DEEM "territorial" complet, il est nécessaire de considérer les mobilités de marchandises et les mobilités de transit et d'échanges réalisées par les non-résidents. Dans ce premier guide méthodologique seules les émissions liées aux mobilités des résidents sont considérées.

1.3 Positionnement

Le DEEM se positionne comme une démarche complémentaire aux inventaires territoriaux des émissions atmosphériques estimées par les Associations de Surveillance de la Qualité de l'Air. Le DEEM n'a pas vocation à être un outil de suivi annuel des émissions liées aux mobilités ou un outil de mesure de la qualité de l'air. Les périmètres spatiaux et temporels de ces deux approches diffèrent et les données produites ne peuvent pas être directement comparées. Les données utilisées dans le DEEM représentent les déplacements moyens un jour de semaine des résidents, elles ne concernent pas les mobilités de vacances par exemple. Inversement, ces données sont basées sur des comportements observés et permettent des analyses fines sur les déterminants des émissions. Le DEEM a vocation à enrichir les diagnostics préalables à l'élaboration de politiques publiques.

La première partie du rapport décrit la méthode permettant de produire les données DEEM. La dimension désagrégée de la démarche, la volonté de reproductibilité des estimations dans l'espace et dans le temps expliquent les nombreuses hypothèses retenues pour dans les calculs des émissions et consommation. La deuxième partie présente les données in fine produites par le diagnostic. Ces données, des plus fines, les enquêtes de mobilité enrichies, aux plus agrégées, un tableau synthétique reprenant les résultats par territoire d'enquête, ont vocation à être utilisées par les acteurs locaux en charge d'éclairer les décisions en matière d'aménagement et de politique de transport.

La dernière partie fournit une première analyse des résultats obtenus sur 13 enquêtes différentes. Les données montrent comment les territoires se différencient au regard des comportements de mobilités et des impacts environnementaux liés. Une démarche décomposant les émissions selon les notions de mobilités, de proximité et d'efficacité environnementale a été proposée. Des propositions d'analyses sur les dépenses des ménages notamment énergétiques et sur l'impact de la technologie sur les émissions ont été amorcées. L'objectif ici est plus de montrer des exemples d'utilisation des données DEEM que de présenter des analyses finalisées.

2. Estimation des consommations énergétiques et des émissions de polluants

2.1 Les données de mobilité

Pour la mobilité des résidents, la principale source de données utilisée est la base des enquêtes ménages déplacements complétée par quelques éléments issus des bases de données sur les transports collectifs.

2.1.1 Les enquêtes ménages déplacements

Dans les années 70, le gouvernement français importe des États-Unis une méthodologie d'enquêtes destinée à relever les déplacements des habitants d'un territoire. De cette méthode américaine naissent les enquêtes ménages déplacements, dont la méthodologie est standardisée en 1976 pour fournir des données fiables et précises sur les habitudes des habitants d'un territoire quant à leur mobilité. Depuis cette date, plus de 160 enquêtes ont été menées sur plus de 90 territoires différents, couvrant ainsi 70 % de la population française.

Le principe de la méthode standard "Certu" est de recueillir tous les déplacements, sans restriction de mode, d'un échantillon aléatoire représentatif de la population du territoire enquêté afin de disposer d'une photographie des pratiques de mobilité un jour « moyen et normal de semaine ». Le respect de cette méthodologie garantit la comparabilité dans l'espace et dans le temps des données recueillies.

L'Enquête Ménages Déplacements (EMD) "historique", adaptée aux grandes agglomérations, consiste à interroger en face-à-face toutes les personnes âgées d'au moins 5 ans appartenant à un ménage aléatoirement tiré au sort. Après une description du logement et de la motorisation du ménage, les personnes sont questionnées sur leurs caractéristiques socio-démographiques et leurs habitudes de déplacements. Enfin, tous leurs déplacements de la veille sont recensés (origines et destinations, horaires, modes utilisés et motifs des déplacements). Au début des années 2000, cette méthode a été adaptée au contexte et aux problématiques des agglomérations moyennes, dont le pôle urbain compte moins de 100 000 habitants. Entièrement réalisée par téléphone, elle constitue une alternative allégée et moins coûteuse qu'une EMD, en réponse aux besoins des villes moyennes. Seuls un ou deux membres d'un ménage âgés de 11 ans et plus sont interrogés individuellement. L'Enquête Déplacements Villes Moyennes (EDVM) constitue ainsi un standard fiable et reconnu pour les agglomérations de petites ou moyennes tailles. Plus de trente enquêtes de ce type ont été réalisées à ce jour.

Par ailleurs, depuis la création de la méthode standard Certu, les territoires enquêtés s'élargissent et englobent de plus en plus des territoires hétérogènes mêlant aux pôles urbains des couronnes périurbaines voire des espaces ruraux. Afin d'apporter une réponse adaptée, le Certu (aujourd'hui Cerema Territoires et villes), avec l'appui des Cetes (Cerema direction territoriales), a standardisé une nouvelle méthode d'enquêtes : l'Enquête Déplacements Grand Territoire (EDGT). Le principe de ce type d'enquête consiste à étendre le périmètre d'une enquête ménages déplacé-

ments classique en réalisant une enquête téléphonique sur les territoires moins denses. Malgré des modes de recueil différents, les données sont en tous points comparables. En novembre 2011, le Certu a édité le complément méthodologique pour les territoires périurbains et ruraux.

L'un des atouts du standard Certu est de garantir la comparabilité des enquêtes dans le temps et dans l'espace. Néanmoins, les méthodes sont mises à jour chaque année, tout en veillant à ne pas engendrer une rupture dans la méthode. Il s'agit le plus souvent de modifications d'items dans le questionnaire ou d'enrichissement des annexes. Les modifications apportées sont issues la plupart du temps des retours d'expériences du terrain ainsi des changements de pratiques de mobilité dans la société. En 2015, le Cerema a lancé une démarche de rénovation plus importante de la méthodologie en lien avec ses partenaires (collectivités territoriales et agences d'urbanisme) afin d'adapter la méthodologie aux nouvelles attentes et contraintes des collectivités tout en mettant à profit les opportunités liées aux technologies numériques. La démarche d'actualisation du standard est effectuée de manière à garantir la comparabilité dans le temps et à laisser possible la réalisation d'un DEEM. Après des enquêtes pilotes en 2017, la publication de la nouvelle méthodologie est prévue pour l'année 2018.

Pour le calcul du DEEM, l'ensemble des données nécessaires sont présentes dans les trois types d'enquêtes et les estimations sont réalisées de la même manière. Dans la suite du document, le terme enquête ménages déplacements désignera de manière générique les trois types d'enquêtes. En matière de résultats, il faudra simplement penser à distinguer les EDVM basées uniquement sur les individus âgés de 11 ans et plus. L'intérêt des enquêtes récentes est de fournir la mobilité à l'intérieur du périmètre d'étude mais aussi à l'extérieur. La mobilité d'un individu est ainsi entièrement décrite.

Chaque année, l'ensemble des documents mis à jour relatifs aux enquêtes ménages déplacements (le "millésime") est publié sur le site du Cerema.

2.1.2 Les enquêtes sur les transports collectifs

La Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM) du ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (MEEM), l'association des Régions de France (ARF), le groupement des autorités responsables de transport (GART), l'Association des Départements de France (ADF), l'union des transports publics et ferroviaires (UTP), la fédération des Transports de Voyageurs (FNTV) mènent, en partenariat, et avec le concours du Cerema, plusieurs enquêtes annuelles sur les transports collectifs en Province. Ces enquêtes sont au nombre de trois : l'enquête sur les transports collectifs urbains, dite enquête TCU, l'enquête sur les transports collectifs départementaux, dite enquête TCD et l'enquête sur les transports collectifs régionaux, dite enquête TCR.

Ces enquêtes sont menées auprès des autorités organisatrices de transport (AOT) et leurs exploitants depuis plusieurs années pour l'urbain et le départemental, et depuis 2011 pour le régional. Les partenaires de l'enquête exploitent ces bases de données et les valorisent à travers des publications de type annuaire, panorama, fiches. Les principales publications sur ces bases se retrouvent sous forme d'annuaires statistiques disponibles sur le site internet du Cerema.

Pour le calcul du DEEM, ces enquêtes sont intéressantes puisque, en plus de fournir des données d'offre et d'usage des transports collectifs, elles fournissent les consommations énergétiques annuelles des réseaux.

Enquêtes Déplacements standard CERTU - édition 2015

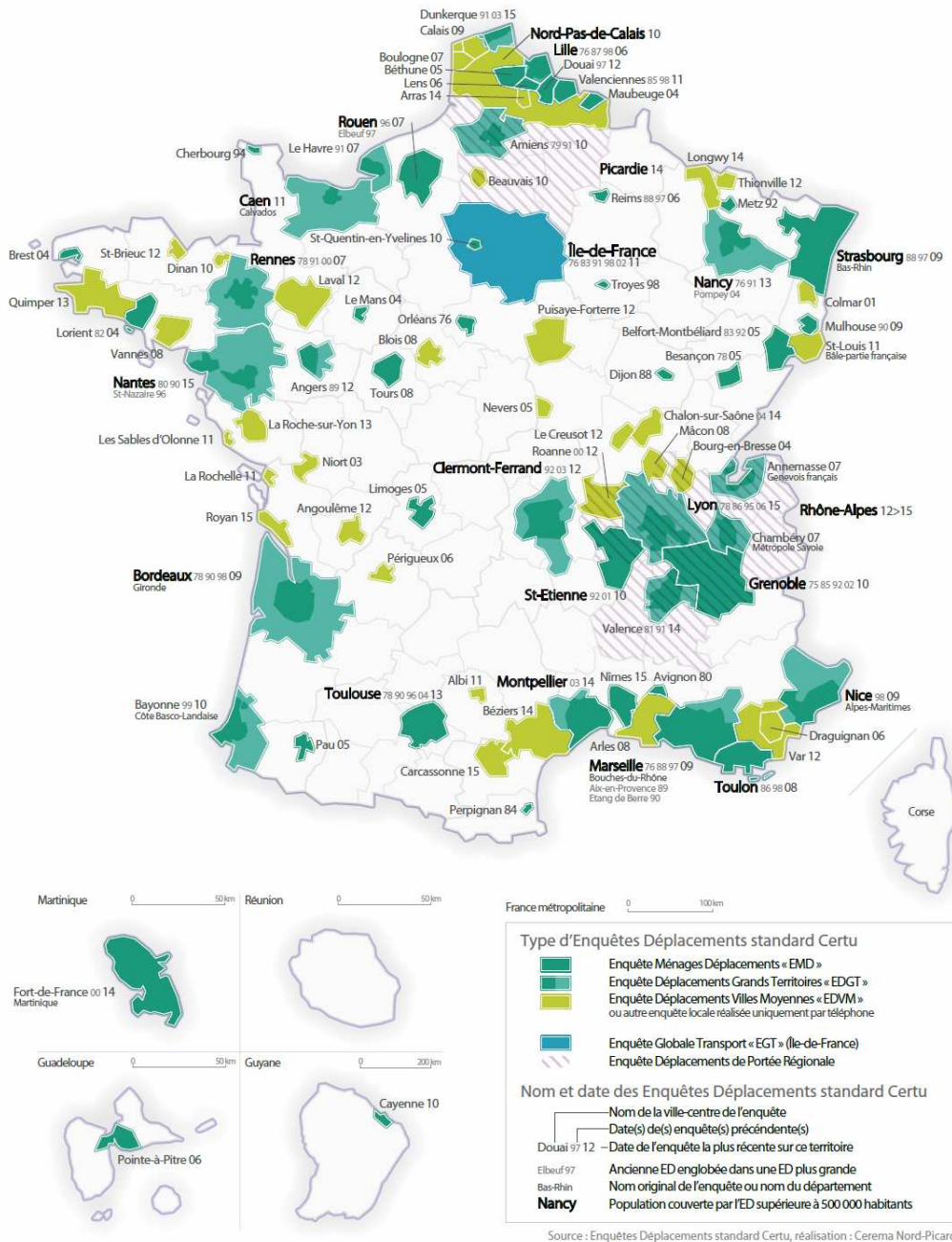


Figure 1 Couverture territoriale des enquêtes ménages déplacements standard "Certu"

2.2 L'estimation des distances et des vitesses des déplacements

Les enquêtes ménages déplacements ne fournissent pas directement les estimations des distances des trajets enquêtés. Celles-ci doivent être recalculées a posteriori à partir de la zone d'origine et de la zone de destination connues des trajets. Depuis 2012, et notamment dans la perspective du DEEM, un calcul sous SIG est

proposé pour certains trajets notamment pour les modes mécanisés (voir 7.1 Annexe 1 pour la description détaillée de la méthode). Nous reprenons ici les principes du calcul des distances et des vitesses utilisées dans le DEEM¹.

Pour les déplacements réalisés à pied, une vitesse moyenne de 4 km/h est considérée. La distance est alors obtenue en multipliant par le temps de déplacement déclaré par les personnes enquêtées.

Pour l'ensemble des autres déplacements, l'estimation des distances et des vitesses se fait au niveau des trajets.

Pour les trajets "intrazones" (origine et destination du trajet dans la même zone fine), la distance est prise égale à la moitié de racine carrée de la surface de la zone

Pour les trajets entre deux zones:

- pour les modes motorisés individuels (VP, VUL, 2RM, camions), un calcul de la distance réseau est effectué sous SIG entre les centroïdes des zones fines en considérant des vitesses moyennes théoriques en heure creuse et heure de pointe selon le type de route.

- pour les trajets en transports collectifs, la distance est prise égale à 1.5 fois la distance à vol d'oiseau.

- pour les trajets à vélo, un calcul de la distance réseau est effectué sous SIG entre les centroïdes des zones fines avec une vitesse moyenne de 15 km/h modulée selon la pente du trajet et en excluant le réseau routier dénivelé.

- pour les trajets en avion, une distance à vol d'oiseau entre aéroport est estimée.

Les déplacements ayant pour motifs "promenade" et "tourné" sont traités spécifiquement. Pour calculer leur distance, le point le plus éloigné de l'origine du déplacement est considéré comme le lieu de destination et le déplacement comme un aller-retour. Les distances de ce type de déplacement sont probablement sous-estimées, mais compte tenu de leur faible poids par rapport à l'ensemble des autres déplacements, « l'erreur » commise est très faible.

Pour chaque trajet, la distance parcourue est identifiée comme distance "interne" si le trajet est parcouru à l'intérieur du périmètre d'enquête ou comme une distance "externe" si le trajet est parcouru à l'extérieur du périmètre d'enquête. Un trajet peut être divisé en une distance interne et une distance externe dans les cas où le trajet se réalise à la fois dans et à l'extérieur du périmètre (les trajets d'échanges par exemple).

La vitesse utilisée dans le DEEM est systématiquement déduite des distances ainsi estimées et des temps déclarés par les enquêtés. Si des vitesses réseaux sont estimées, il a été décidé de garder les vitesses déduites des temps déclarés. La vitesse moyenne estimée ici intègre donc indirectement la congestion et la hausse des consommations et émissions liées: dans la gamme des vitesses urbaines, plus la vitesse moyenne est faible plus les niveaux de consommations et d'émissions unitaires sont élevés. Le mode déclaratif pour recueillir les temps de parcours induit probablement des biais (sur-estimation de certaines durées, des durées arron-

1

Pour garder la possibilité de comparaison dans le temps, notamment avec des anciennes enquêtes, des distances dites à vol d'oiseau sont estimées et conservées dans les fichiers. Des distances estimées comme intermédiaires de calcul, notamment les distances en heure creuse et en heure de pointe, ne sont pas gardées dans les fichiers.

dies...) mais il permet de prendre en compte les événements exceptionnels (travaux, condition météo, congestion exceptionnelle...). De plus, en faisant l'hypothèse que les biais sont similaires selon les enquêtes, il permet de garantir la comparabilité des estimations dans le temps et dans l'espace.

Il est à noter toutefois que les vitesses moyennes ainsi calculées ont été bornées pour respecter les plages préconisées dans la démarche Copert IV pour le calcul des émissions :

- pour les voitures particulières entre 10 et 130 km/h
- pour les fourgons, camionnettes entre 10 et 110 km/h
- pour les bus urbains entre 6 et 75 km/h
- pour les deux roues motorisées entre 10 et 130 km/h.

2.3 Les facteurs de consommation et d'émissions

L'objectif est de calculer pour chaque trajet renseigné dans les enquêtes ménages déplacements les consommations énergétiques et les émissions de polluants associés. S'il existe différents types de déplacements, déplacements internes, d'échanges et de transit, l'ensemble de l'information sur la mobilité est traduite en termes d'impact environnemental. Une approche par mode est privilégiée. Les principales hypothèses de calculs sont reprises ici. Le lecteur qui souhaiterait plus de détails ainsi qu'une analyse des enjeux méthodologiques liés à ces enrichissements de données de mobilités pourra se reporter au rapport Betti produit par l'Ifsttar [1].

2.3.1 Les documents de références

Pour établir les facteurs d'émissions de la démarche DEEM, plusieurs sources méthodologiques et de données ont été utilisées.

La principale référence est le guide méthodologique pour les inventaires nationaux des émissions de polluants atmosphériques de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) [2]. Ce guide a une partie consacrée aux transports et fournit plusieurs méthodes de calcul des émissions et consommations pour les voitures particulières, les poids lourds y compris les bus et car, les camionnettes et véhicules utilitaires légers et les deux roues motorisés. L'approche dite "Tiers 3" est privilégiée dans la démarche DEEM. Les estimations des émissions et des consommations sont basées sur la technologie des véhicules et leur activité. Pour chaque type de véhicule, le guide nous fournit des équations de consommation et d'émissions unitaires dépendant notamment de la vitesse moyenne du trajet et de la température extérieure. Ces équations sont celles contenues dans le logiciel COPERT 4 [3]. Pour la démarche DEEM il a été décidé de reprendre les équations fournies dans un format informatique compatible avec l'exploitation des enquêtes ménages déplacements², aucun logiciel à notre connaissance ne permettait facilement l'enrichissement des enquêtes. Les lecteurs souhaitant accéder aux équations pourront se référer au guide méthodologique édité par l'agence européenne de l'environnement.

2 Les calculs pour enrichir les EMD, EDGT et EDVM sont réalisés sous SAS, les exploitations standards sont faites sous LEXEM-SAS.

En plus de ces estimations issues de modèles produits dans le cadre de projet européens de recherche, plusieurs autres données ont été utilisées:

- les consommations énergétiques incluses dans la base TCU. Chaque réseau de transport collectif fournit annuellement ses consommations énergétiques en carburant (diesel, gaz et électricité). Il a semblé pertinent de repartir de ces données réelles plutôt que celles modélisées fournies par le guide de l'AEE.
- les valeurs de consommations et d'émissions de GES moyennes par mode de transports collectifs. Quand les données manquent dans la base TCU, les données moyennes utilisées sont fournies par le guide sur l'information CO2 des prestations de transport du ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie [4]³.
- les hypothèses de simplifications utilisées par le Citepa⁴ pour les émissions sur le ferroviaire [5]. Plus généralement, la démarche DEEM a tenté d'être la plus cohérente possible avec les principes des inventaires territoriaux [6].
- les données de la DGAC pour les émissions et consommations aériennes [7].
- les données du rapport Deloitte pour les émissions et consommations maritimes [8]

2.3.2 Calcul des émissions pour les véhicules motorisés individuels

Nous détaillons ici le calcul pour les trajets réalisés en voitures particulières. Pour les autres modes motorisés (deux roues motorisés, camionnette, camion) la démarche est identique, seules les valeurs des émissions diffèrent. Pour les taxis, un véhicule type par défaut est considéré (véhicule diesel de moins de 2 ans à forte cylindrée).

2.3.2.1 Identification des parcs

Pour estimer les consommations et émissions, il est nécessaire de caractériser les parcs selon les normes d'émissions réglementaires.

Pour les voitures particulières, les informations contenues dans les enquêtes ménages déplacements permettent d'identifier les véhicules selon les classes d'émissions de COPERT 4. Chaque véhicule est identifié par son âge, le type de carburant utilisé et sa puissance fiscale.

L'âge du véhicule permet ainsi de déterminer la classe EURO du véhicule (cf Tableau 1).

Tableau 1 Les normes euro pour les véhicules particuliers

Normes d'émissions véhicules à essence	
Normes européennes	Périodes correspondantes
Pre ECE	jusqu'à 1971
ECE 15 00 et 01	1972 - 1977

3

⁴ Citepa Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique <https://www.citepa.org>

ECE 15 02	1978 - 1980
ECE 15 03	1981 - 1985
ECE 15 04	1985 - 1992
EURO 1	1992 - 1995
EURO 2	1996 - 1999
EURO 3	2000 - 2005
EURO 4	2006 - 2010
EURO5	2011-2015
EURO6	>2015

Normes d'émissions véhicules diesels	
Normes européennes conventionnel	Périodes correspondantes
EURO 1	1992-1996
EURO 2	1997-2000
EURO 3	2000-2005
EURO 4	2006-2010
EURO5	2011-2015
EURO6	>2015

Le carburant du véhicule et sa puissance fiscale permettent ensuite d'obtenir la catégorie du véhicule utilisée pour le calcul des émissions (cf Annexe 2). Dans la démarche DEEM, ces catégories sont nommées classes "Copert". L'exploitation spécifique des enquêtes ménages permettent de décrire le parc automobile possédé par les résidents du territoire d'enquête en statique (distribution en nombre de véhicules) et en dynamique (distribution en véhicules-km) selon ces classes Copert.

2.3.2.2 Les consommations et émissions à chaud

Une fois les distances et les vitesses estimées, le parc de VP identifié, la consommation et les émissions à chaud unitaires sont calculées pour chacun des trajets enquêtés. Ces émissions à chaud proviennent de la combustion du carburant. Elles dépendent du type de véhicule, identifié dans l'enquête ménage en classe Copert, et de la vitesse moyenne du trajet. Les estimations utilisées proviennent du guide de l'Agence Européenne de l'Environnement et suivent la méthodologie la plus détaillée dite du "Tiers 3" [2]. De nombreux paramètres influençant ces consommations et ces émissions sont uniquement considérés à travers les résultats des mesures effectuées sur des parcs moyens. Des programmes de recherches coordonnés au niveau européen visent à déterminer de manière expérimentale des valeurs d'émissions et de consommations moyennes sur des échantillons de parcs représentatifs. Des instituts spécialisés, des laboratoires universitaires mesurent sur des cycles de conduites normés les émissions et consommations sur des parcs représentatifs des parcs européens. A partir des valeurs mesurées sur ces échantillons, des formules d'émissions sont déduites par type d'environnement en fonction d'une vitesse moyenne.

Certains paramètres influant sur les niveaux de consommation et d'émission sont donc pris de manière indirecte ou de façon parcellaire: usure et entretien du véhi-

cule, usage de la climatisation ou non, taux de charges des véhicules, comportement de conduite...

Pour chaque classe de véhicule Copert basée sur l'âge, le type de carburant et la cylindrée, une équation dépendant d'une vitesse moyenne est proposée pour estimer les émissions et consommations unitaires à chaud.

L'ensemble des équations utilisées, non reprises dans ce document, sont accessibles dans le guide méthodologique disponible en ligne sur le site de l'Agence Européenne de l'Environnement [2].

Pour illustrer l'impact de la vitesse sur les émissions unitaires liées à la combustion selon les normes euros, nous détaillons les résultats obtenus pour chaque trajet à partir des données de l'EMD de Toulouse de 2013 sous forme de graphiques (voir annexe 7.3).

2.3.2.3 Les surconsommations et surémissions à froid

Lorsqu'un véhicule démarre, la combustion interne, y compris dans le pot catalytique, ne s'effectue pas de manière optimale. Ce fonctionnement normal est atteint quand la température moteur atteint une certaine valeur qui dépend du type de véhicule. Cette période dégradée provoque des surconsommations et des surémissions que l'on désigne habituellement comme "à froid". Des travaux antérieurs menés au niveau européen [9] ont proposé une modélisation de ces phénomènes dont les principes sont repris dans le guide européen [2]. En matière d'estimation, ces surémissions se déduisent des émissions unitaires à chaud et dépendent à la fois du type de véhicule et de la température extérieure. Ces surémissions ne s'appliquent que sur une certaine distance. Cette proportion, notée β , qui dépend de la température extérieure et de la longueur du déplacement. De nombreuses simplifications sont faites dans le calcul mené sur ces surémissions à froid dans la démarche DEEM: la plus importante est que la part de la distance réalisée à froid est identique à température donnée. Or dans l'application développée nous considérons une température moyenne mensuelle par agglomération. Un déplacement effectué le matin ou à midi, avec un véhicule garé la nuit à l'extérieur ou dans un garage aura la même distance de surconsommation à froid quelle que soit la situation. Ces simplifications suivent les recommandations du guide européen.

Pour illustrer le poids de ces surconsommations et surémissions, nous distinguons les émissions à froid des émissions totales à partir des données issues de l'EMD de Toulouse.

Tableau 2 Part des surémissions à froid dans les mobilités quotidiennes, exemple EMD Toulouse 2013

	Consommation	Emissions CO	Emission CO2	Emission CO2eq	Emission COV	Emission NOX	Emission Particules
Émissions Totales (Tonnes)	1 646	29	4 768	4 838	2,86	15,34	0,85
Surémissions à Froid (Tonnes)	110	15	319	306	1,06	0,86	0,19
Part Surémissions à Froid	6,7%	51,2%	6,7%	6,3%	37,1%	5,6%	22,1%

Source: Traitement DEEM EMD Toulouse 2013, Champ: mobilité totale, un jour de semaine moyen

Le poids des surconsommations et émissions à froid est très important pour les émissions de CO, COV et dans une moindre mesure de particules. Pour les autres

polluants et les consommations, sa part représente environ 6% ce qui n'est pas négligeable. Logiquement plus la part des déplacements courts sera importante dans une agglomération, plus ce poids sera important.

2.3.2.4 Évaporation

Les émissions de COV liées aux transports routiers ne proviennent pas uniquement de la combustion mais aussi de l'évaporation des carburants. Ces évaporations sont de trois sortes: les évaporations diurnes (dues aux variations de températures journalières), les évaporations liées à l'usage du véhicule, les évaporations ayant lieu juste après l'utilisation du véhicule. En 2006, ces émissions représentaient 10,5 % des émissions de COV du transport routier non méthanique [2]. La méthode dite de "Tiers 2" a été utilisée pour estimer ces émissions dans la démarche DEEM. Plusieurs hypothèses simplificatrices ont été prises, en tenant compte de l'importance des émissions et de la faisabilité de l'estimation [1]:

- seules les évaporations dues aux véhicules à essence sont considérées;
- les évaporations diurnes ne sont pas considérées;
- le ratio β calculé précédemment est réutilisé (les évaporations dépendent de la température du moteur (froid/chaud) ;
- la proportion de véhicule équipé d'un carburateur est nécessaire au calcul. En Europe, la proportion de VP et VUL équipés d'un carburateur est d'environ 99% pour les véhicules pré-Euro 1 et de 0% pour les véhicules post-Euro 1. Pour les motos, cette fraction est de 100% pour les pré-Euro 1 et les véhicules Euro 1, 20% pour Euro 2 et 0% pour Euro 3.

Au final avec ces hypothèses, il ressort que l'évaporation est responsable d'environ 12% des émissions de COV liées aux mobilités quotidiennes.

Tableau 3 Part des émissions de COV liées aux évaporations dans les mobilités quotidiennes

	Emissions COV liées à l'évaporation (kg)	Part évaporation émission COV (%)
2RM	32,87	10,1%
Voiture	364,84	14,0%
Tous modes	397,71	12,2%

Source Traitement DEEM EMD Toulouse 2013, Champ: mobilité totale, un jour de semaine moyen

L'exemple sur Toulouse montre que 14 % des émissions de COV liées aux déplacements en voiture particulière sont dues aux évaporations. Avec l'entrée de normes de plus en plus strictes sur les émissions liées à la combustion de carburant, le poids de l'évaporation pourrait augmenter.

2.3.2.5 Emissions abrasives de particules

Les émissions de particules ne proviennent pas uniquement de la combustion de carburant. Les émissions liées à l'abrasion des pneus, des freins et des infrastructures routières sont aussi considérées dans la démarche DEEM. Ces particules émises sont de tailles différentes (on utilise le terme de particules totales en suspension notées usuellement TSP pour Total Suspended Particulates pour évaluer leur masse). Dans la démarche DEEM, ces émissions sont estimées de manière conjointe pour les voitures particulières, les deux roues motorisés, les véhicules utilitaires légers, les cars et les bus urbains.

La méthode dite du "Tiers 2" a été utilisée [2]. Plusieurs hypothèses ont été prises pour simplifier le calcul des émissions à partir des données disponibles:

- pour les bus et les cars, le taux de charge a été considéré uniformément à 30%.
- la vitesse moyenne utilisée dans le calcul des émissions est utilisée pour le calcul des correctifs de vitesse (les émissions liées aux freinages et à l'usure des pneus décroissent quand la vitesse augmente).
- la distinction entre bus standard et articulés (plus lourds et plus émetteurs) est donnée par la base TCU.

Pour illustrer le calcul, les équations utilisées pour évaluer les particules émises hors émissions (PMHE) dans le programme DEEM pour les voitures particulières sont reprises ici :

Si la Vitesse est inférieure à 40 km/h

$$PMHE = 1.39 \cdot 0.0107 + 1.67 \cdot 0.0075 + 0.015$$

Si la Vitesse est comprise entre 40 km/h et 90 km/h:

$$PMHE = (-0.00974 \cdot \text{Vitesse} + 1.78) \cdot 0.0107 + (-0.027 \cdot \text{Vitesse} + 2.75) \cdot 0.0075 + 0.015$$

Si la vitesse est supérieure à 90 km/h:

$$PMHE = 0.902 \cdot 0.0107 + 0.185 \cdot 0.0075 + 0.015;$$

avec PMHE: les émissions abrasives unitaires totales (g/km).

Le rapport méthodologique [2] propose une distribution en masse des particules émises par type d'abrasion. Il est donc possible d'estimer les émissions de particules selon leur taille ce qui n'est pas fait par défaut dans la démarche DEEM standard. La nature des particules diffère de la nature des particules produites par la combustion de carburant, elles ne peuvent donc pas être sommées directement. Lorsqu'il est fait référence aux émissions de particules, dans l'exploitation standard, ce sont les particules dues à la combustion qui sont considérées.

Tableau 4 Part des émissions de particules liées aux frottements dans les mobilités quotidiennes, exemple EMD Toulouse 2013

	Emissions Particules liées Frottements (kg)	Part du frottement émission particules (%)
2RM	6,7	61,6%
Voiture	741,1	52,9%
Bus	11,4	57,3%
Camion, VUL	41,4	60,0%
Tous modes	835,6	49,7%

Source Traitement DEEM EMD Toulouse 2013, Champ: mobilité totale, un jour de semaine moyen

L'exemple Toulousain indique que le poids de ces émissions abrasives représente près de 50% des émissions totales de particules. Pour les voitures particulières, elles sont même majoritaires.. Ce constat pose la question du potentiel de réduction des émissions liées à l'introduction de nouveaux types de motorisation (voitures électriques, hybrides, etc..).

Arrivé à ce point de la démarche, les calculs des consommations et émissions unitaires des véhicules motorisés individuels sont terminés. Le passage aux émissions des trajets se fait en multipliant les facteurs obtenus par la distance parcourue totale du trajet, en gardant la possibilité de distinguer les émissions internes, d'échanges et extérieures.

2.3.3 Calcul des émissions pour les transports collectifs

Pour le calcul des émissions et consommations liées aux déplacements en transports collectifs à l'intérieur du périmètre d'enquête, les bases de données sur les transports collectifs urbains, départementaux et régionaux sont utilisées (base TCU, TCD et TCR [10] [11] [12]). Ces bases donnent notamment les consommations énergétiques annuelles des réseaux : diesel, électricité, gaz, biocarburant.

Elles permettent aussi d'obtenir l'offre de transport en nombre de voyages et en véhicule-km par type de véhicules: métro, tramway, bus, etc. sur l'ensemble du réseau enquêté. Les EMD donnent la longueur moyenne d'un trajet selon les différents modes de transports collectifs. Il est ainsi possible d'obtenir par réseau une estimation des voyageurs-km à partir du nombre de voyages.

En divisant les consommations énergétiques par les voyageurs-km il est possible d'obtenir la consommation d'énergie engendrée par kilomètre parcouru sur le réseau. Ces données moyennes obtenues sont ensuite réintroduites dans les EMD. Les émissions de CO2 et gaz à effet de serre sont déduites des consommations selon l'énergie considérée électricité, gasoil, gaz.

Tableau 5 Exemple de données de consommations énergétiques liées aux transports collectifs utilisées dans le calcul du DEEM

	Tx occupation car	Tx occupation train	Taux Diesel	TX occupation bus	Part bus standard	Part bus articulés	Part Bus Gaz	Conso Bus (gep/Vkm)	Conso électrique (gep/Vkm)
Arras 2014	25	71	0,8	16,2	1,0	0,0	0,0	22,0	0,0
Béziers 2014	11	80	0,22	20,8	1,0	0,0	0,0	15,0	0,0
Caen 2010	25	71	0,5	9,1	0,7	0,3	0,0	40,9	10,1
Chalon-sur-Saône 2015	22	78	0,42	17,0	0,9	0,0	0,0	18,0	0,0
Douai 2012	25	71	0,8	13,7	0,7	0,3	0,0	28,0	0,0
Dunkerque 2015	17	89	0,2	22,1	0,7	0,3	0,6	23,0	0,0
Longwy 2014	25	65	0,25	11,0	1,0	0,0	0,0	47,0	0,0
Lyon 2015	14	94	0,32	24,1	0,8	0,2	0,1	19,0	19,7
Montpellier 2014	11	80	0,22	7,4	1,0	0,0	0,8	72,0	5,1
Nancy 2013	25	65	0,25	7,7	1,0	0,0	0,9	92,0	10,3
Nantes 2015	39	71	0,3	22,8	0,8	0,2	0,8	22,0	2,4
Nîmes 2015	12	86	0,2	15,8	0,8	0,0	0,0	21,0	0,0
Royan 2015	39	56	0,7	9,0	0,8	0,0	0,0	23,0	0,0
Valence 2014	25	96	0,4	13,0	0,8	0,1	0,3	22,0	0,0
	Base TCD								
	Base TCR								
	Base TCU								

Cette approche "moyennée" par réseau a pour avantage de considérer l'ensemble des dépenses énergétiques des réseaux de transports collectifs (les haut-le-pied par exemple). Par contre, elle limite la prise en compte des variabilités des niveaux d'émissions unitaires qui existent entre les trajets: la congestion (variation de la vitesse moyenne), les différents modèles de bus, le taux de remplissage suivant les lignes, etc..... propres à chaque déplacement ne sont pas considérés pour l'estimation des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre.

Pour les émissions de polluants locaux, une structure moyenne nationale de parcs des bus urbains est utilisée. Pour chaque trajet la vitesse moyenne de déplacement (issue des données de l'EMD: distance/temps déclaré) est utilisée pour calculer les émissions à partir des données issues du guide européen [2]. Le choix de cette simplification forte s'explique notamment par la difficulté à obtenir la composition et l'utilisation dynamique du parc des bus urbains. Si localement des données plus précises sont disponibles, notamment en cas de fort renouvellement de la flotte de bus ou d'introduction de nouvelles technologies, il est peut être intéressant de chercher à estimer des facteurs d'émissions locaux.

Pour les déplacements effectués en transport collectif en dehors du périmètre d'enquête une estimation est proposée en annexe 7.4 .

2.3.4 Calcul des émissions pour le mode aérien

Le DEEM a pour objectif d'évaluer les consommations énergétiques et les émissions de polluants de l'ensemble des modes de déplacements. Il a été décidé de considérer le mode aérien pour avoir un inventaire complet même si les politiques de transports urbains (PDU) traitent très peu de ces sujets, en dehors de la question de l'accès aux aéroports.

2.3.4.1 Source de données

Pour estimer l'impact des trajets aériens, les données fournies par la DGAC basées sur l'année 2012 (DGAC, 2014) sont utilisées.

Ce rapport fournit les émissions gazeuses pour les aéroports français ayant plus d'un million de passagers par an. Ces émissions se composent en 2 parties: celles liées au cycle de décollage et d'atterrissage ("LTO" en anglais) et celles dites de croisières.

Les émissions de CO₂, CH₄ et N₂O sont considérées pour les émissions de GES.

Les émissions de CO, COV, COVNM, NO_x, SO₂ et Particules sont considérées pour les polluants locaux.

Par ailleurs, les données de consommation ne sont pas directement fournies, nous utilisons les données du Citepa pour passer des émissions de CO₂ aux consommations énergétiques [5].

Deux jeux de données sont ainsi obtenus (cf Tableau 6 et Tableau 7).

Tableau 6 Emissions et consommations unitaires moyennes des déplacements aériens aux départs des aéroports français (g/passager-km). Calcul sur l'ensemble du trajet: LTO+ croisière

	Pass-km 10 ⁹	CO ₂	Consom- mation	Co2 eq	CO	COV	NOx	Particules
Aéroport de Paris-Charles de Gaulle	106,20	117	39	118	0,06	0,02	0,28	0,02
Aéroport de Paris-Orly	25,36	96	32	97	0,06	0,01	0,23	0,02
Aéroport de Nice-Côte d'Azur	5,46	126	42	128	0,10	0,03	0,27	0,02
Aéroport de Lyon-Saint-Exupéry	3,39	150	50	151	0,11	0,04	0,31	0,02
Aéroport de Marseille-Provence	4,37	128	43	130	0,09	0,02	0,27	0,02
Aéroport de Toulouse-Blagnac	2,99	148	49	150	0,11	0,03	0,33	0,02
Aéroport de Bordeaux-Mérignac	1,65	144	48	145	0,12	0,04	0,30	0,02
Aéroport de Nantes-Atlantique	1,95	123	41	124	0,10	0,04	0,25	0,02
Aéroport de Strasbourg-Entzheim	0,39	184	61	185	0,17	0,09	0,33	0,03
Aéroport de Beauvais-Tillé	2,26	85	28	86	0,04	0,01	0,15	0,01
Aéroport de Montpellier-	0,46	145	48	147	0,11	0,03	0,31	0,02
Aéroport de Lille-Lesquin	0,81	114	38	115	0,09	0,04	0,21	0,02
Aéroport de Bâle-Mulhouse (F)	2,98	111	37	113	0,08	0,02	0,24	0,02
Moyenne		116	38	117	0,06	0,02	0,27	0,02

Source: calcul auteur à partir de DGAC, 2014 et Citepa 2014

Tableau 7 Emissions et consommations par passager pour le cycle LTO par aéroport

	Nombre passager 10 ⁶	CO ₂ kg	Consom- mation kgep	Co2eq kg	CO g	CO V g	Nox g	Particules g
Aéroport de Paris-Charles de Gaulle	30,8	27,2	9,0	27,5	97,2	11,0	132,9	4,3
Aéroport de Paris-Orly	13,6	20,1	6,7	20,4	66,6	7,2	84,8	3,2
Aéroport de Nice-Côte d'Azur	5,6	20,6	6,8	20,8	71,8	11,3	76,8	3,3
Aéroport de Lyon-Saint-Exupéry	4,3	20,9	6,9	21,2	63,1	8,3	77,0	3,3
Aéroport de Marseille-Provence	4,2	21,8	7,3	22,1	65,8	8,0	86,4	3,5
Aéroport de Toulouse-Blagnac	3,8	20,9	6,9	21,1	64,4	7,4	79,9	3,3
Aéroport de Bordeaux-Mérignac	2,2	20,4	6,8	20,6	61,5	7,2	81,6	3,2
Aéroport de Nantes-Atlantique	1,9	21,3	7,1	21,6	69,2	8,2	80,2	3,4
Aéroport de Strasbourg	0,6	23,9	7,9	24,2	69,8	8,0	81,4	3,7
Aéroport de Beauvais-Tillé	1,9	14,6	4,9	14,8	25,5	1,9	63,0	2,2
Aéroport de Montpellier	0,6	20,6	6,9	20,9	58,6	8,3	81,7	3,3
Aéroport de Lille-Lesquin	0,7	20,3	6,7	20,5	64,3	6,3	74,9	3,1
Aéroport de Bâle-Mulhouse (F)	2,7	20,5	6,8	20,8	67,9	9,7	74,0	3,2

Source calcul auteur d'après DGAC, 2014 et Citepa, 2014

2.3.4.2 Principes de calculs retenus

Pour le DEEM "résidents" qui s'intéresse à l'ensemble des mobilités des résidents, les émissions pour l'ensemble du trajet aérien sont considérées.

Les valeurs obtenues dépendent notamment des distances parcourues (plus la distance parcourue est importante plus l'émission unitaire est faible) et des taux de

remplissage (dépendant notamment des compagnies aériennes, des types de liaisons...).

Au vue des données à disposition et des contraintes liées à l'enrichissement des EMD, les valeurs moyennes unitaires suivantes sont utilisées.

Tableau 8 Emissions unitaires moyennes en g/pass.km pour les trajets aériens retenus pour le DEEM residents (périmètre: LTO+Croisière)

	CO2	Consommation	Co2eq	CO	COV	Nox	Particules
Vol > 1200 km	113	38	114	0,06	0,02	0,27	0,02
Vol < 1200 km	129	43	130	0,10	0,03	0,27	0,02

Source calcul auteur d'après DGAC, 2014 et Citepa, 2014

Pour le DEEM "territoire" qui s'intéresse aux émissions sur le territoire il est fait le choix de prendre directement les données du Tableau 7 si le territoire considéré contient un des 14 aéroports listés. Il suffit de connaître le nombre de passagers.

Si un autre aéroport est considéré, les valeurs moyennes suivantes sont utilisés.

Tableau 9 Emissions et consommation moyennes par passager liées au décollage et atterrissage (cycle "LTO") pour les aéroports français en 2012

	CO2 (kg)	Consommation (kg)	Co2eq (kg)	CO (g)	COV (g)	Nox (g)	Particules (g)
Emission /Passager	23,3	7,7	23,6	78,4	9,2	102,5	3,7

Source calcul auteur d'après DGAC, 2014 et Citepa, 2014

2.3.4.3 Estimation des distances aériennes

Comme pour tous les modes, il est nécessaire de renseigner les distances avant l'enrichissement DEEM. Plusieurs cas de figures se présentent. Dans tous les cas, un enrichissement "manuel" est nécessaire.

- Les deux aéroports du trajet aérien sont codifiés explicitement dans l'enquête ménages: on calcule une distance aérienne entre les deux points. En général, il suffit de faire tout au plus quelques requêtes sur les sites spécialisés⁵. En général, le nombre de déplacements en avion est faible dans les EMD et ils concernent souvent les même origine-destination. Par exemple sur l'EMD de Toulouse, sur les quelques 60 déplacements aériens recensés, plus de 40% des vols se font à destination de Paris (Orly, notamment) soit une distance d'environ 590 km.

- Pour les liaisons non renseignées on affectera une distance moyenne de trajet aérien suivant l'aéroport utilisé.

Tableau 10 Fréquentation et distances moyennes par aéroport en 2012

	Nombre pas- sager 10 ⁹	Distance moyenne km

5 Par exemple <http://calculerlesdistances.com> (consulté le 22/11/2016)

Aéroport de Paris-Charles de Gaulle	30,82	3447
Aéroport de Paris-Orly	13,6	1865
Aéroport de Nice-Côte d'Azur	5,6	976
Aéroport de Lyon-Saint-Exupéry	4,27	912
Aéroport de Marseille-Provence	4,21	1038
Aéroport de Toulouse-Blagnac	3,83	782
Aéroport de Bordeaux-Mérignac	2,24	740
Aéroport de Nantes-Atlantique	1,86	1048
Aéroport de Strasbourg-Entzheim	0,59	668
Aéroport de Beauvais-Tillé	1,93	1171
Aéroport de Montpellier-Méditerranée	0,64	716
Aéroport de Lille-Lesquin	0,7	1149
Aéroport de Bâle-Mulhouse (F)	2,68	1111

Source calcul auteur d'après DGAC, 2014 et Citepa, 2014

- Si on n'a pas de données sur l'origine ou destination du vol, on pourra prendre les valeurs suivantes par défaut (DGAC, 2013):
- vols intérieurs = 600 km;
- vols internationaux (départ ou passage par Paris)= 3300 km;
- vols internationaux (départ province)=1100 km;

2.3.4.4 Traitement des données manquantes

L'objectif de la démarche d'enrichissement des données est d'estimer une consommation et des émissions pour chaque trajet enquêté. Certaines données caractérisant ces trajets peuvent s'avérer manquantes, notamment les distances - certaines origines ou destinations peuvent être absentes ou mal codées. Dès lors des valeurs moyennes, calculées sur les trajets bien renseignés, sont utilisées pour que chaque trajet ait une consommation et des émissions.

Par exemple, pour un trajet dont la distance n'a pas pu être estimée, une vitesse moyenne spécifique du mode et propre à chaque enquête est utilisée et le temps déclaré permet de reconstituer une distance et donc une consommation et des émissions.

2.3.4.5 Précisions et sensibilité des estimations

Le calcul du DEEM résident nécessite de coupler de nombreuses bases de données et des facteurs d'émissions et de consommation provenant de sources différentes. De plus, les estimations produites ne peuvent pas être confrontées directement à des données physiques directement mesurables. Le fait de considérer l'ensemble des mobilités des seuls résidents, y compris celles effectuées hors du périmètre d'enquête, rend toute comparaison avec des trafics observés, des niveaux de pollutions mesurés ou de consommations énergétiques vendues inopérante. A l'in-

verse, des approches territoriales (intégrant l'ensemble des déplacements dont notamment ceux des non-résidents et des marchandises) facilitent ce type de bouclage statistique.

L'impact environnemental estimé n'est que le résultat d'une modélisation et doit s'interpréter en tant que tel. Les analyses fondées sur des valeurs relatives sont plus pertinentes que celle fondée sur les valeurs absolues. Les principaux résultats obtenus s'expriment par construction sur une journée moyenne de semaine de la période courant de novembre à avril (période de réalisation des EMD). Ces grandeurs ne peuvent pas directement être reliées à des données annuelles ou à des concentrations de polluants. Ce sont bien les comparaisons entre territoires, dans le temps, les approches par typologie (de territoires, d'individus, de déplacements...) et les simulations rendues possibles qui justifient l'intérêt de la démarche.

Néanmoins, la démarche se fonde principalement sur deux sources de données, les enquêtes ménages déplacements et le modèle d'émissions Copert IV dont les limites en termes de précision ont fait l'objet de nombreux travaux (voir par exemple [13]). Une des principales recommandations concernant l'usage des données DEEM réside dans la nécessité de s'assurer que les analyses conduites s'appuient sur les échantillons statistiques suffisamment conséquents pour être statistiquement valides. A titre d'exemple, nous déconseillons d'utiliser des échantillons inférieurs à 200 personnes pour analyser des données moyennes issues du DEEM.

Pour évaluer la sensibilité de la chaîne de calcul du DEEM résidents, l'impact de quatre paramètres a été testé (cf Tableau 11).

Le Tableau 11 montre l'impact de la variation des paramètres d'entrée sur le calcul des indicateurs globaux liés à la mobilité totale des résidents de l'agglomération de Toulouse. Les émissions de certains polluants locaux sont très sensibles à l'âge du parc automobile. Le test effectué montre que si les véhicules étaient tous plus récents de 2 ans (ce qui équivaldrait à faire passer l'âge moyen du parc d'environ 8 ans à 6 ans environ) et tout chose égale par ailleurs, les émissions de particules globales baisseraient de près d'un quart et les émissions de CO et de COV de plus de 30 %. Inversement, ce "rajeunissement" n'aurait qu'un impact limité sur les émissions de gaz à effet de serre. Les normes Euro ciblent les polluants locaux et non les niveaux de consommations et d'émissions de CO₂. La connaissance fine du parc statique et dynamique apparaît comme un des enjeux forts pour bien estimer les niveaux de pollution émise. Inversement, à un niveau global, la vitesse semble avoir un effet plus limité sur les niveaux d'émissions. Une baisse moyenne de la vitesse de 20%, n'entraînerait qu'une augmentation de plus de 5% des émissions de GES toute chose égale par ailleurs. Il faut se rappeler que dans le DEEM on considère uniquement la vitesse moyenne du trajet pour le calcul des émissions. Les variations de température ont sur certains polluants un effet important (CO, Particules) à travers la prise en compte des démarrages à froid. Cela signifie que des agglomérations avec des résidents ayant des mobilités totalement identiques peuvent avoir des diagnostics environnementaux différents si les températures moyennes mensuelles utilisées dans le DEEM sont distinctes. Au-delà de l'intérêt de tester la sensibilité du modèle de calcul d'émissions, ces tests rappellent les possibilités que donnent les données DEEM de pouvoir mener des simulations simples.

Tableau 11 Tests de sensibilité du DEEM sur les principaux indicateurs de sortie (Toulouse 2013)

	Distance	Consommation	CO	Co2 Eq	COV	NOX	Particules
T° - 2°							
VP	0,00%	+0,80%	+6,89%	+0,72%	+5,42%	+0,86%	+5,57%
Ensemble	0,00%	+0,61%	+6,40%	+0,59%	+4,29%	+0,68%	+4,40%
T° - 4°							
VP	0,00%	+1,63%	+13,36%	+1,48%	+10,76%	+1,76%	+11,46%
Ensemble	0,00%	+1,24%	+12,41%	+1,20%	+8,51%	+1,38%	+9,04%
Vitesse -10%							
VP	0,00%	+2,52%	-0,08%	+2,56%	+5,42%	+1,09%	+1,76%
Ensemble	0,00%	+2,04%	-0,04%	+2,22%	+4,64%	+1,24%	+1,39%
Vitesse -20%							
VP	0,00%	+5,94%	+1,08%	+6,00%	+12,05%	+3,26%	+4,49%
Ensemble	0,00%	+4,82%	+1,17%	+5,21%	+10,36%	+3,43%	+3,64%
Distance ⁶ +10%							
VP	+9,54%	+6,90%	+5,89%	+6,87%	+0,56%	+8,88%	+6,28%
Ensemble	+7,65%	+5,88%	+6,00%	+6,07%	+1,39%	+7,30%	+5,45%
Distance +20%							
VP	+19,08%	+16,21%	+15,20%	+16,18%	+9,38%	+18,40%	+15,55%
Ensemble	+15,30%	+13,67%	+15,14%	+14,21%	+9,59%	+15,40%	+13,21%
Age veh - 1 an							
VP	0,00%	-2,55%	-22,85%	-2,35%	-27,27%	-7,19%	-18,15%
Ensemble	0,00%	-2,01%	-21,18%	-1,98%	-21,75%	-6,25%	-15,37%
Age veh - 2 an							
VP	0,00%	-2,53%	-32,73%	-2,21%	-38,24%	-11,62%	-28,49%
Ensemble	0,00%	-1,99%	-30,35%	-1,88%	-30,37%	-9,66%	-23,43%

Source Traitement DEEM EMD Toulouse 2013, Champ: mobilité totale, un jour de semaine moyen

6 Pour le test sur les distances seules les distances calculées à partir des données réseaux sont augmentées, les trajets à vélo, marche et TCSP (métro, Tramway) ne sont pas concernés.

3. Les données produites par le DEEM résidents

Les données produites sont diffusées selon trois niveaux: la base de données d'enquête enrichie, l'exploitation standard DEEM et le tableau de synthèse récapitulant les résultats sur l'ensemble des enquêtes déjà enrichies.

3.1 La base enquête ménages enrichie

Les enquêtes ménages déplacements (EMD, EDVM et EDGT), standardisées "Certu" sont enrichies systématiquement par le Cerema Nord Picardie des données DEEM. Ces bases sont transmises aux maîtrises d'ouvrages des enquêtes par le Cerema (Direction Territoriale locale) après vérification des fichiers. En plus de la base enrichie des indicateurs environnementaux, l'application Lexem⁷ de l'enquête est jointe à l'envoi.

Sur cette base standard, il a été décidé de ne laisser que les indicateurs finaux, les différentes variables intermédiaires ne sont pas conservées pour ne pas complexifier les fichiers.

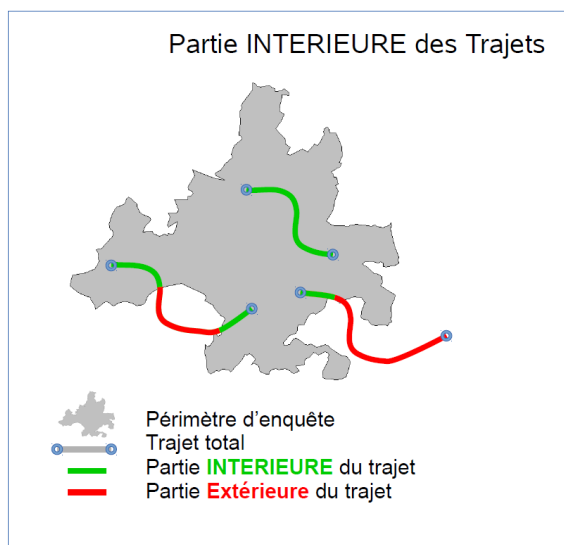
En plus des variables classiques des enquêtes, les variables suivantes sont rajoutées:

- Distance totale parcourue du trajet (TDIS) qui correspond à la distance estimée pour le calcul du DEEM (cf Annexe 1 pour l'explication) en mètres
- Consommation énergétique totale liée au trajet (CONT) en g
- Emission totale de monoxyde de carbone liée au trajet (COT) en g
- Emission totale des composés organiques volatils liés au trajet (COVT) en g
- Emission totale de dioxyde de carbone liée au trajet (CO2T) en g
- Emission totale de GES liée au trajet (EC2T) en g
- Emission totale d'hydroxyde d'azote liée au trajet (NOxT) en g
- Emission totale de Particules liée au trajet (PMT) en g

Ces indicateurs sont ensuite déclinés par rapport à la partie du trajet faite uniquement à l'intérieur du périmètre d'enquête.

7 Application Lexem de l'enquête : fichiers d'enquête mis dans un certain format pour une exploitation facilitée à l'aide du logiciel Lexem (Logiciel d'EXploitation des Enquêtes Ménages), interface utilisant en tâche de fond le logiciel Sas ou R.

Figure 2 Définition des parties intérieure et extérieure des trajets



Source: Cerema Nord Picardie

Les émissions et consommations internes sont calculées sur les distances réalisées à l'intérieur du périmètre. Ces indicateurs peuvent être estimés au niveau du déplacement, de l'individu et du ménage, la base de données enrichie donne la possibilité d'effectuer de très nombreuses analyses.

Plusieurs simplifications ont conduit à ce choix d'indicateurs:

- pour les émissions de GES, les émissions de CH₄ et N₂O, émises notamment par évaporation des carburants, ont été intégrées à l'indicateur de Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) intitulé CO₂ équivalent.
- pour les émissions de particules, l'indicateur final ne concerne que les émissions liées à l'utilisation des carburants.
- les émissions et consommations dans la base contiennent les émissions à chaud et les surémissions et surconsommation à froid.
- les paramètres de calculs (température, vitesse, consommations et émissions unitaires) n'ont pas été gardés dans la table finale.

L'ensemble de ces données sont toutefois conservées et disponibles sur demande.

3.2 L'exploitation standard DEEM résidents

En plus de la base d'enquête enrichie, une exploitation standard DEEM résident est fournie par le Cerema aux maîtres d'ouvrage de l'enquête. Cette exploitation est constituée de tableaux de tri à plat identiques pour toutes les enquêtes. La première série de tableaux concerne l'ensemble des personnes et des déplacements enquêtés. Ces données de cadrage caractérisent l'enquête analysée. Les volumes globaux de consommation et d'émissions liés aux déplacements un jour de semaine moyen, ainsi que les consommations et émissions à l'intérieur du périmètre dans ces premiers tableaux sont les valeurs de référence.

Les tableaux suivants reprennent les analyses classiques liées à la compréhension de la mobilité individuelle. Les consommations et émissions de polluants sont estimées en fonction des déterminants de la demande de transports: caractéristiques sociodémographiques des résidents et localisation résidentielle et des caractéristiques des déplacements. Il faut noter, pour la localisation, que le standard intègre deux découpages, le D2 et le D10. Le premier découpage renvoie à une segmentation selon le modèle urbain monocentrique: ville centre, banlieue, périurbain, le second découpage en une dizaine de zones spécifiques à chaque agglomération. Il apparaît difficile de descendre à un niveau d'analyse spatial plus fin que celui proposé sans dépasser les limites de la significativité statistique. Pour chacun des tableaux proposés, le champ d'analyse est systématiquement défini: population et type de déplacements considérés. La plupart du temps il a été fait le choix de se concentrer sur les **déplacements internes** au périmètre d'enquête et par suite de considérer uniquement **les habitants qui réalisent l'ensemble de leur déplacement dans ce périmètre** (Personnes Mobiles ne réalisant que des Déplacements Internes: PMDI). Cette limitation volontaire aux déplacements internes s'explique par le fait de privilégier l'analyse des mobilités où les politiques publiques locales ont le plus de leviers. Ces différences de périmètres expliquent que les niveaux d'émissions et de consommations puissent différer selon les analyses.

Figure 3 Liste des tableaux de l'exploitation standard DEEM(fevrier 2016)

CADRAGE		DDEEM2	D10
Données de cadrage DEEM			
DEEM_D01	Population totale, Population 5 ans et +, Population Personnes MDI	X	X
	Consommation et émissions totales des déplacements		
	Consommation et émissions à l'intérieur du périmètre (déplacements)		
	Consommation et émissions totales des trajets		
	Consommation et émissions à l'intérieur du périmètre (trajets)		
PERSONNES MOBILES NE REALISANT QUE DES DEPLACEMENTS INTERNES (PMDI) : 5 ans et plus (EMD et EDGT) ou 11 ans et plus (EDVM)		DDEEM2	D10
Budgets consommation et émissions moyens par personne selon la zone de résidence et			
DEEM_P01	le sexe	X	X
DEEM_P02	l'âge	X	X
DEEM_P03	l'occupation principale	X	X
DEEM_P04	le lien avec la personne de référence	X	X
DEEM_P05	le niveau d'études	X	X
DEEM_P06	la PCS	X	X
DEEM_P07	le nombre de voitures du ménage	X	X
DEPLACEMENTS		DDEEM2	D10
Consommation et émissions selon le mode et la zone de résidence (déplacements internes)			
DEEM_D01	Consommation et émissions moyennes par déplacement (Nb déplacements, durée moyenne des déplacements en mn, distance internes parcourues moyennes en m, consommation moyennes des déplacements en GEP, Emissions moyennes de CO, de CO2, en équivalent CO2, de COV, de NOX, de particules en grammes) selon le mode (VP, 2RM, TCU, Autre TC, Autre et MAP)	X	X
DEEM_D02	Consommation et émissions totales des déplacements selon le mode (VP, 2RM, TCU, Autre TC, Autre et MAP)	X	X
Consommation et émissions selon le motif combiné et la zone de résidence (déplacements internes)			
DEEM_D03	Consommation et émissions moyennes par déplacement selon le motif combiné (Domicile-Travail habituel, domicile-école, domicile-université, domicile-achats, domicile-visites, domicile-accompagnement, domicile-autre, secondaire)	X	X
DEEM_D04	Consommation et émissions totales des déplacements selon le motif combiné (Domicile-Travail habituel, domicile-école, domicile-université, domicile-achats, domicile-visites, domicile-accompagnement, domicile-autre, secondaire)	X	X
Consommation et émissions selon l'heure de départ et la zone de résidence (déplacements internes)			
DEEM_D07	Consommation et émissions totales des déplacements selon l'heure de départ	X	
Consommation et émissions selon la longueur du déplacement et la zone de résidence (déplacements internes)			
DEEM_D08	Consommation et émissions moyennes par déplacement selon la longueur du déplacement (moins de 1km, de 1 à 2km, de 2 à 5km, de 5 à 10 km, de 10 à 20 km, plus de 20km)	X	
DEEM_D09	Consommation et émissions totales des déplacements selon la longueur du déplacement (moins de 1km, de 1 à 2km, de 2 à 5km, de 5 à 10 km, de 10 à 20 km, plus de 20km)	X	
Matrice OD		DDEEM2	D10
Matrice OD			
DEEM_MATOD00	déplacements	X	
DEEM_MATOD01	des consommations et émissions totales	X	
VEHICULE		DDEEM2	D10
Consommation (en litre) VPC selon le type de motorisation			
DEEM_V01	Sans Plomb, super, diesel, gaz, électrique, autre.....		
DEEM_V02	Consommation et émissions TOTALES des trajets selon la classe du véhicule (VP)		
DEEM_V03	Nombre de véhicules selon la classe du VP	X	
DEEM_V04	Consommation et émissions totales des déplacements selon l'origine et la destination et la classe du VP	X	
DEEM_V05	Age moyen et puissance moyenne du véhicule selon le type d'énergie du vp et la zone de résidence	X	

Source: Cerema Nord Picardie

3.3 Tableau de synthèse

Le troisième niveau de diffusions se fait par un tableau de synthèse (cf Tableau 12) qui est disponible sur le site internet du Cerema⁸ et mis à jour à chaque fois qu'une nouvelle enquête est enrichie. Les résultats portent sur des données agrégées ramenées à la personne et représentant un jour de semaine moyenne. Il faut noter que les résultats concernent aussi bien les mobilités issues des EMD que celles des EDGT et EDVM même si les populations enquêtées ne sont pas les mêmes.

8 <http://www.territoires-ville.cerema.fr/deem-diagnostic-energie-emissions-des-mobilites-a903.html>

Tableau 12 Extrait du tableau de synthèse des résultats globaux du DEEM résident sur la mobilité totale (interne et externe)

Ville principale / Nom de l'enquête	Type enquête	Année	Population	Distance moyenne parcourue par habitant par jour (km)	Consommations moyennes par habitant par jour (gep)	Emissions moyennes par habitant par jour de CO (g)	Emissions moyennes par habitant par jour de CO2 (g)	Emissions moyennes par habitant par jour de équiv CO2 (g)	Emissions moyennes par habitant par jour de COV (g)	Emissions moyennes par habitant par jour de NOX (g)	Emissions moyennes par habitant par jour de particules (g)
Arras	EDVM	2014	99473	30,4	1370	10,1	4261	4342	2,4	15,0	1,0
Béziers	EDVM	2014	283367	33,0	1325	14,5	4134	4188	2,4	12,9	0,6
Carcassonne	EDVM	2015	108831	30,1	1553	9,8	4848	4920	2,4	14,9	0,8
Chalon-sur-Saône	EDVM	2014	112182	38,7	1808	19,8	5642	5717	3,6	17,5	0,9
Dunkerque	EDGT	2015	262616	30,3	1211	7,2	3793	3847	1,6	11,6	0,6
Longwy (Nord 54)	EDVM	2014	175775	37,2	1783	17,2	5564	5627	2,2	15,1	0,8
Lyon	EDGT	2015	2292068	30,2	1223	8,2	3800	3856	1,5	11,3	0,6
Montpellier	EDGT	2014	745756	29,1	1282	11,4	3996	4055	2,2	12,7	0,7
Nancy (Sud 54)	EDGT	2013	557219	34,1	1367	14,0	4262	4327	2,8	13,8	1,1
Nantes	EDGT	2015	1375881	34,4	1403	10,9	4386	4452	2,2	12,9	0,7
Nîmes	EMD	2015	268795	27,1	1242	8,4	3876	3928	1,7	12,0	0,6
Royan	EDVM	2015	77778	30,2	1287	9,2	4010	4070	2,1	12,9	0,7
Toulouse	EMD	2013	1071242	33,5	1536	13,3	4473	4538	2,7	14,3	0,8
Valence	EDGT	2014	344980	32,1	1360	11,2	4253	4323	2,4	13,5	0,8

Source : base de données DEEM-Cerema, champs: mobilité totale. Individus 5 ans et + pour EMD et EDGT, 11 ans et + pour les EDVM. Lecture : les moyennes individuelles sont calculées par rapport à la population totale.

4. Premières analyses produites sur les données DEEM

Les données issues de la démarche du DEEM sont assez récentes. Une quinzaine d'enquêtes ont été enrichies de manière systématique depuis 2014 en plus des trois enquêtes pilotes ayant servi à la standardisation de la méthode et des travaux de recherche et d'expérimentation antérieurs. Des premières analyses ont été menées, un premier bilan de ces travaux est proposé ici selon cinq thématiques.

4.1 Donner du sens aux données par comparaison

Les principales données issues du DEEM sont par nature des données assez "abstraites" et ne renvoient pas à des ordres de grandeurs connus : 1500 gep consommés par jour, 1 g de PM10 émis, 5 kg de CO2 équivalent produit.... Une des premières questions qui vient naturellement lorsque ces données sont traitées est de savoir si sur certains territoires, la mobilité des résidents génèrent moins d'émissions de polluants que sur certains autres et si oui pourquoi. Ces impacts environnementaux prennent plus de sens quand ils sont comparés. La valeur relative des niveaux d'émissions est davantage porteuse d'intérêt que la valeur absolue des niveaux d'émissions dans la démarche DEEM, les émissions n'étant pas reliées aux concentrations de polluants: pour ce faire il faudrait localiser l'émission et utiliser un modèle de dispersion des polluants, ce qui n'est pas fait dans le DEEM. Ces analyses par comparaison cherchent à savoir s'il existe des configurations spatiales, des organisations urbaines qui seraient plus vertueuses que d'autres. A ce stade de la démarche, aucune comparaison systématique n'a été entreprise et aucune conclusion n'a pu être avancée. Les comparaisons pour être valides nécessitent des cadres d'analyses précis. Néanmoins plusieurs recommandations sur l'utilisation des comparaisons pour mettre en perspective les résultats du DEEM et les réflexions qui y sont liées sont décrites ici. Les données produites sur ces premières enquêtes doivent faciliter le positionnement des enquêtes qui seront enrichies ultérieurement.

4.1.1 Des données comparables

Dans les EDVM seules les personnes de 11 ans et plus sont interrogées contrairement aux autres enquêtes (EMD, EDVM). Pour analyser les résultats simultanément sur l'ensemble des territoires, il est nécessaire de sélectionner une population comparable

Tableau 13 Résultats DEEM par individus de plus de 11 ans sur 13 enquêtes sur la période 2013-2015 classées par ordre croissant du niveau d'émission moyen de GES..

Ville principale de l'enquête	Mobilité	Budget distance totale (km)	Budget temps (min)	Consommation énergie (kep)	Emission CO2eq (kg)	Emission NOx (g)	Emission PM (g)
Lyon	3,61	34,6	77,2	1,4	4,5	13,2	0,7
Dunkerque	4,3	34,4	69,6	1,4	4,5	13,5	0,7
Royan	4,26	33,3	70,7	1,4	4,5	14,1	0,8
Nîmes	3,5	30,7	70,9	1,5	4,6	14	0,7
Montpellier	4,02	32,5	80,4	1,5	4,6	14,5	0,8
Béziers	3,97	36,5	80,1	1,5	4,8	14,6	0,7
Nancy	3,69	37,8	74,5	1,6	4,9	15,7	1,3
Arras	4,16	35,2	73,2	1,6	5	17,5	1,2
Valence	3,95	35,8	73,1	1,6	5	15,7	0,9

Toulouse	3,92	37,8	79,5	1,8	5,2	16,5	0,9
Nantes	4,04	39,4	74,4	1,7	5,2	15,2	0,8
Carcassonne	4,02	34,8	66,3	1,8	5,7	17,2	0,9
Longwy	3,85	42,9	77,4	2,1	6,5	17,4	0,9
Chalon-sur-Saône	4,11	44,6	75,3	2,1	6,6	20,2	1,1

Source : Base de données DEEM Cerema. Champs : Mobilité totale (interne et externe) des 11 ans et plus. Lecture: un habitant de plus de 11 ans résidant dans le périmètre de l'enquête d'Arras émet en moyen 5 kg de CO2 équivalent par jour moyen de semaine.

L'analyse se concentre sur un nombre réduit d'indicateurs ramenés à l'individu : la mobilité, les distances parcourues, la consommation énergétique, les émissions de gaz à effet de serre et les émissions de particules et de NOx, deux des polluants locaux qui posent actuellement le plus de problèmes en matière de santé publique. Le fait de raisonner par individu permet de comparer des territoires avec des populations de taille très différentes. Le premier constat qui s'impose est une certaine variabilité des principaux indicateurs sélectionnés. L'écart entre les territoires est de l'ordre de 50% entre les valeurs minimales et maximales pour la majorité des indicateurs à l'image du budget distances individuelles, un peu moins concernant la mobilité, de l'ordre de 20 % et plus de 80% pour les émissions de particules.

Cette variabilité laisse supposer des pratiques de mobilité et des impacts différenciés selon les terrains d'enquêtes. Ce résultat en soi n'est pas a priori surprenant au vue des différences de territoires et populations enquêtées (cf Tableau 26). Ce qui est plus intéressant, c'est de constater que les territoires sont classés indépendamment de leur taille ou de leur densité. Des territoires englobant des villes de tailles moyennes vont avoir des distances moyennes par individus supérieures à celles estimées dans des territoires englobant des métropoles régionales. Inversement des territoires avec des populations plus petites vont avoir des niveaux de distances parcourues supérieures à la moyenne. De plus, aucun lien entre la densité de population, mesurée sur le périmètre d'enquête, et les émissions de gaz à effet de serre n'est constaté lorsque les comparaisons se font au niveau global de l'enquête (cf Figure 26).

L'autre constat tient dans la variabilité des niveaux d'émissions et consommations individuels observés au sein des territoires enquêtés. Un jour moyen de semaine, une part non négligeable d'individus ne se déplacent pas ou avec des modes non polluants. Par conséquent, les émissions moyennes calculées s'expliquent par le comportement d'un "petit" nombre d'individus. Ainsi, par exemple, sur l'enquête de Lyon 20% des individus émettent 80% des émissions de GES (cf Figure 28) et si on considère les émissions de particules, 10% des individus sont responsables de 90% des émissions. La variabilité des niveaux individuels d'émissions est plus importante au sein d'un même territoire qu'entre deux territoires. Lorsque l'on compare la distribution des indicateurs individuels, des similitudes apparaissent (cf Figure 27). Une part importante de la population, relativement identique, n'émet pas. A l'opposé, le niveau d'émissions des personnes émettant beaucoup varie selon les territoires. Ce constat, qui est en parti lié aux modalités d'enquêtes basées sur la description fine d'une seule journée de mobilité, amène à considérer les comparaisons entre territoire avec beaucoup de précautions. En effet, il suffit par exemple que le découpage spatial d'une enquête intègre plus ou moins ces "grands" émetteurs pour que les valeurs moyennes changent, les grands émetteurs étant a priori plus nombreux dans les zones éloignées des centre villes.

Ce double constat sur la variabilité des indicateurs et sur la difficulté à expliciter les différences simplement amène à proposer une décomposition des indicateurs à analyser et une segmentation des enquêtes.

4.1.2 Une analyse systématique des composants des niveaux d'émissions

Un indicateur d'émission de polluants ou de consommation énergétique est divisé ici en trois composants renvoyant aux notions d'activités, de proximité et d'efficacité environnementale.

La notion d'activité renvoie aux pratiques socio-économiques des habitants. Les gens se déplacent pour travailler, faire des achats, voir leur proches, pour des loisirs... Cette activité est mesurée via la mobilité, soit le nombre de déplacements par jour et par habitant.

La notion de proximité renvoie à la distance moyenne parcourue pour réaliser une activité. Cette valeur est à relier à l'organisation spatiale des territoires, la localisation des logements et celle des aménités urbaines et aux choix de localisation des ménages. Elle est mesurée en kilomètres parcourus par déplacement.

La notion d'efficacité environnementale renvoie à la quantité d'émissions ou d'énergie produites ou consommées pour parcourir un kilomètre. De nombreux facteurs expliquent cette efficacité environnementale: le choix modal, la technologie du mode, le taux de remplissage, la vitesse du déplacement, les facteurs météorologiques. Elle est mesurée en grammes ou gramme équivalent pétrole par km.

Pour illustrer cette segmentation, les émissions moyennes par jour de CO₂éq par habitant résidant sur le territoire d'enquête s'écrira de la manière suivante:

$$\text{CO}_2 \text{ éq (g/hab)} = \text{Mobilité (Nombre déplacements/ habitants)} * \text{Proximité (km/ déplacement)} * \text{Efficacité environnementale (gCO}_2\text{éq/km)}$$

Tableau 14 Caractéristiques des niveaux d'émissions estimés à partir de 13 enquêtes classées par niveaux croissants des distances moyennes par déplacement

Ville principale Enquête	Mobilité	Distance moyenne déplacement (km)	Durée moyenne d'un déplacement (min)	Emissions unitaire CO ₂ g/km	Emissions unitaires Nox g/km	Emissions unitaires PM g/km	Part distance interne (%)	Vitesse (km/h)
Royan	4,3	7,8	16,6	135	0,42	0,023	59%	28,2
Dunkerque	4,3	8	16,2	130	0,39	0,02	67%	29,6
Montpellier	4	8,1	20	142	0,45	0,024	77%	24,3
Arras	4,2	8,5	17,6	143	0,5	0,033	42%	28,9
Carcassonne	4	8,7	16,5	163	0,49	0,027	59%	31,5
Nîmes	3,5	8,8	20,3	149	0,46	0,022	63%	25,9
Valence	4	9,1	18,5	140	0,44	0,025	71%	29,4
Béziers	4	9,2	20,2	131	0,4	0,02	63%	27,4
Lyon	3,6	9,6	21,4	130	0,38	0,021	77%	26,9
Toulouse	3,9	9,7	20,3	138	0,44	0,024	71%	28,5
Nantes	4	9,8	18,4	133	0,39	0,02	83%	31,8
Nancy	3,7	10,2	20,2	131	0,42	0,033	71%	30,5
Chalon-sur-Saône	4,1	10,8	18,3	147	0,45	0,024	45%	35,5
Longwy	3,9	11,1	20,1	151	0,41	0,021	45%	33,2

Source: traitement Cerema base de données DEEM. Champs: Mobilité globale (interne et externe) des 11 ans et plus un jour moyen de semaine. Lecture: un enquêté de l'EDVM de Royan fait en moyenne 4.3 déplacements par jour, chacun de ses déplacements fait 7.8 km et dure 16.6 min. Il se déplace en moyenne à 28.2 km/h et parcourt 59% de sa distance quotidienne à l'intérieur du périmètre d'enquête. Par km parcouru il émet 135g de CO₂éq, 0,42 g de NOx et 0.023 g de PM10.

Cette décomposition montre que la composante qui varie la plus entre les agglomérations est la distance moyenne d'un déplacement (cf Tableau 14). C'est bien la notion de "proximité" qui semble avoir le plus impact sur les niveaux individuels moyens d'émissions et de consommations mesurées à un niveau global. Évidemment les niveaux des émissions unitaires

res jouent aussi un rôle. Il est intéressant de constater que des territoires aussi différents que ceux centrés autour des agglomérations de Lyon, Dunkerque, Béziers, Nancy et Nantes ont des niveaux d'efficacité environnementale très proches. Là encore il apparaît difficile de relier des paramètres telles que la taille de la ville centre, la densité voire l'offre de transport en TCSP avec le niveau des émissions unitaires estimés. Il est possible de faire l'hypothèse que dans certaines villes les transports collectifs sont plus utilisés, que dans d'autres les modes actifs sont plus présents, que le parc automobile diffère un peu selon les territoires mais à ce niveau d'analyse il est difficile d'aller plus loin. Un des autres paramètres qui ressort de ces comparaisons est celui concernant la part des kilomètres fait à l'intérieur de la zone d'enquête. Cet indicateur mesure indirectement la part de la distance faite par les habitants en dehors du périmètre de l'enquête et donc la capacité de maintenir les résidents pour y réaliser leurs activités. Cette donnée met en avant des territoires comme ceux de Longwy, Chalon-sur-Saône et Arras. Dans ces territoires, plus de la moitié des distances parcourues par les habitants se fait en dehors du périmètre d'enquête. Cette donnée explique notamment les niveaux élevés d'émissions de GES estimés sur les territoires de Chalon-sur-Saône et Longwy (Tableau 13). Les territoires frontaliers (par exemple Longwy) dont une partie de la population va travailler de l'autre côté de la frontière sont représentatifs de cette situation. Il faut constater que si les émissions individuelles de polluants sont sensiblement supérieures aux autres territoires, les budgets temps restent proches de la moyenne, ce constat s'expliquant notamment par des vitesses de déplacements supérieures. Cet indicateur d'attractivité du territoire est un des premiers à analyser lorsque l'on souhaite comparer plusieurs territoires. Concernant le niveau d'activités, les indicateurs moyens varient moins, les deux territoires dans lesquels les déplacements sont les plus courts en distances parcourues sont aussi ceux où la mobilité est relativement la plus importante. Le niveau de mobilité semble peu lié aux niveaux d'émissions globales des territoires sur l'échantillon considéré. Il reste qu'à ce niveau d'analyse, il est difficile de distinguer ce qui peut s'expliquer par des questions de territoires et par conséquent de taille d'enquête, de type de population et ce qui renverrait à questions de politiques de transports.

4.1.3 Des territoires et des populations différents

La littérature scientifique consacrée aux facteurs explicatifs de niveaux d'émissions individuels liés aux mobilités quotidiennes insistent notamment sur deux paramètres, le statut d'activité et la localisation. Les actifs, du fait de mobilités contraintes plus importantes notamment, émettent davantage que les personnes sans emploi. De nombreux travaux ont montré que le lieu de résidence avait un impact sur le niveau d'émissions: dans les zones centrales, plus denses, plus mixtes et mieux desservies par les modes alternatifs à la voiture particulière les habitants ont des niveaux d'émissions inférieurs. Ces paramètres structurent le niveau individuel de consommation et d'émissions lié aux mobilités du quotidien. Bien entendu d'autres facteurs individuels comme la composition du ménage, les niveaux de revenus, la localisation de l'emploi, les capacités de mobilité des individus, les habitudes, les valeurs, etc., expliquent ces niveaux d'émissions. Il n'en reste pas moins que la localisation et l'activité apparaissent déterminants. Dès lors, la comparaison des résultats du DEEM résidents doit intégrer ces paramètres pour fonder une analyse plus pertinente.

Dans le Tableau 27 en annexe, les principaux résultats du DEEM sur les 13 territoires sont présentés en fonction:

- de la localisation de la commune de résidence selon le découpage géographique de l'Insee⁹. Les communes sont classées en Ville Centre, Banlieue, Périurbain ou Autres, la catégorie "Autres" regroupant les communes rurales ou les communes multipolarisées

9

Voir www.insee.fr données de 2015, découpage en aire urbaine de 2010

- du niveau d'activité de la personne enquêtée: Actif (temps plein ou temps partiel) et Non Actif (y compris chômeur et étudiants).

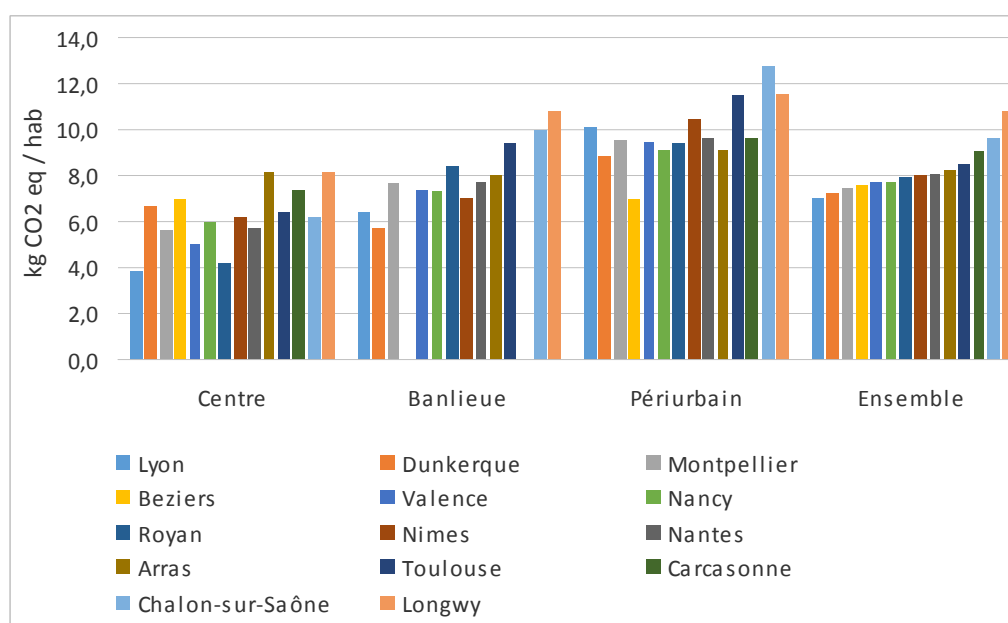
Le premier constat est que la segmentation différencie des groupes avec des niveaux d'émissions et de consommations bien distincts. Ainsi, sur les treize territoires étudiés, le rapport des émissions de GES des actifs sur celles des non actifs est l'ordre de 3.7. Dans le même ordre d'idée, les habitants de zones périurbaines émettent près de deux fois plus de GES que les habitants des villes centres. Il faut noter que dans beaucoup d'études, des rapports entre les niveaux d'émissions individuels encore plus importants sont trouvés entre les habitants du périurbain et les zones centrales. Plusieurs raisons expliquent cet écart. Dans les données DEEM, la mobilité à longue distance de semaine est considérée, cette distance est beaucoup moins sensible à la localisation que la distance réalisée à l'intérieur du périmètre. Pour certains territoires (Arras, Béziers, Nancy, Nantes, Toulouse...) ce sont les habitants des villes centres qui réalisent les plus longues distances en dehors du périmètre d'enquête. En considérant cette mobilité, les émissions des résidents des villes centres augmentent. D'autres travaux se limitent aux actifs et aux mobilités domicile-travail. Ces déplacements sont très sensibles à la localisation, les mobilités des non actifs moins.

A la vue des différences de niveaux d'émissions, il apparaît judicieux de distinguer ces populations et territoires pour distinguer les effets des taux d'activités et de répartitions de populations qui diffèrent selon les terrains d'enquêtes.

Pour ce faire dans les Figure 4 et Figure 5, les émissions de GES sont analysées pour les actifs puis les non actifs en distinguant les localisations de résidence en trois classes: Ville Centre, Banlieue et Périurbain en classant les territoires par niveaux d'émissions.

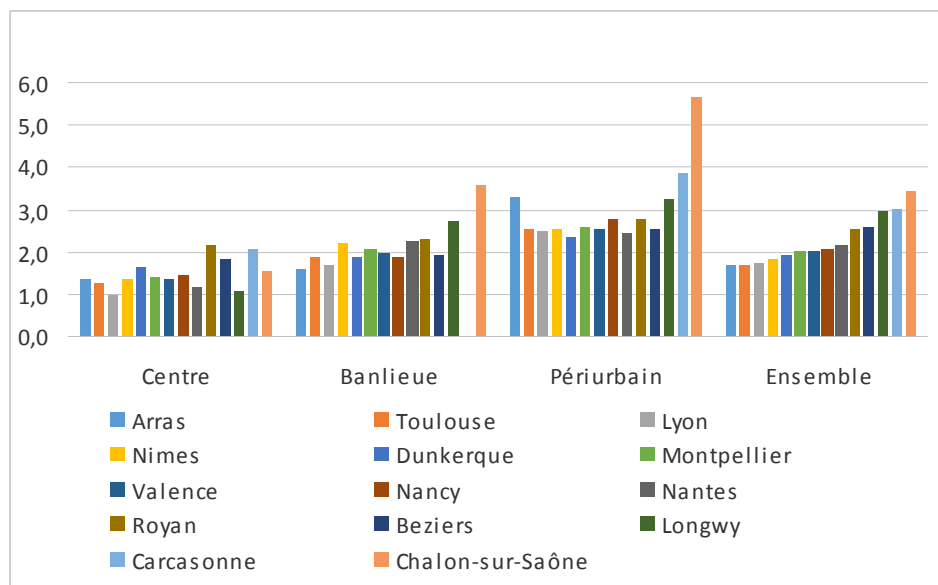
Il est intéressant de constater que les niveaux d'émissions ne sont pas ordonnés dans le même sens pour les actifs et les non actifs. Cela renvoie notamment au fait que pour les actifs dans certaines villes ont des distances moyennes de déplacements supérieures à la moyenne alors que pour les non actifs présentent des moyennes de déplacements inférieures. La notion de proximité n'est pas vécue de la même manière si l'on est actif ou non.

Figure 4 Emissions de gaz à effet de serre des actifs selon le lieu de résidence classés par ordre croissant d'émissions sur l'ensemble du périmètre d'enquête¹⁰



10 Si certaines valeurs ne sont pas représentées, les émissions en banlieue de Beziers et Carcassonne par exemple, c'est que l'effectif enquêté n'est pas suffisant

Source: traitement Cerema base de données DEEM. Champs: Mobilité globale des 11 ans et plus un jour moyen de semaine.
 Figure 5 Emissions de gaz à effet de serre des non actifs selon le lieu de résidence classés par ordre croissant d'émissions sur l'ensemble du périmètre d'enquête



Source: traitement Cerema base de données DEEM. Champs: Mobilité globale des 11 ans et plus un jour moyen de semaine

Ce qui marque aussi c'est que la variabilité des niveaux d'émissions au sein d'une même classe reste importante avec cette segmentation. Des différences semblent exister entre les territoires. Par exemple, les résidents des villes centres de Lyon et Royan vont avoir des niveaux d'émissions relativement plus faibles que les autres pour les actifs. Pour Royan, cela s'explique par des distances moyennes de déplacements faibles alors que pour Lyon une grande efficacité environnementale et une mobilité moindre sont à mettre en avant. Pour les résidents de banlieue, Dunkerque arrive à cumuler des distances moyennes de déplacements faibles et une bonne efficacité environnementale. Pour les zones périurbaines, les résultats sont plus homogènes à l'exception des territoires des enquêtes de Longwy et Chalons-sur-Saône qui se démarquent particulièrement. Cela s'explique notamment par le fait que 55% des distances parcourues par les habitants se font en dehors du périmètre d'enquête, d'autres zones étant plus attractives que la ville centre. Il faut noter que pour ces deux territoires plus de la moitié des distances sont réalisées à l'extérieur du périmètre d'enquête. Les performances des territoires sont à analyser en tenant compte de ces critères d'attractivité. Des questions de taille d'aire d'enquête mais aussi des indicateurs socio-économiques tels que le niveau de vie, la composition de ménages, la part d'étudiant et de forme urbaine telles que la densité, la taille des villes centres, etc. expliquent sûrement une partie de ces écarts. Il apparaît néanmoins plausible de penser que des facteurs propres à la question des déplacements interviennent. L'analyse de l'efficacité environnementale, mesurée ici par les émissions par km renforce cette hypothèse. Dans les villes centres, des communes comme Nantes et Lyon apparaissent avec les émissions unitaires des résidents les plus basses aussi bien pour les actifs que pour les non actifs ce qui n'est pas le cas pour d'autres communes de taille similaire. L'offre importante en transport collectif, les actions de régulation de la mobilité automobile incluses dans les PDU pourraient expliquer ces niveaux d'émissions moindres. Cette relative bonne performance en termes d'efficacité environnementale reste vraie pour les habitants de banlieue et du périurbain sur Lyon et Nantes mais la distance moyenne a tendance à croître limitant de fait les avantages d'un partage modal plus favorable aux transports collectifs. Plus globalement, il faut constater que c'est dans les grandes villes de l'échantillon que les écarts entre villes centres et le périurbain sont les plus importants. Pour les villes moyennes, les écarts sont moins forts. Dans notre échantillon, peu de territoires, pris dans leur ensemble semblent concilier proximité et efficacité environnementale, seule configuration permettant des différences significatives. Si on rajoute en plus le niveau d'acti-

vités des individus et en considérant que la réalisation de nombreuses activités est à juger positivement, ce sont des territoires comme ceux de Dunkerque et Royan qui apparaissent les plus vertueux (au sens où le coût carbone pour réaliser une activité, soit des kg par déplacement, est le plus faible).

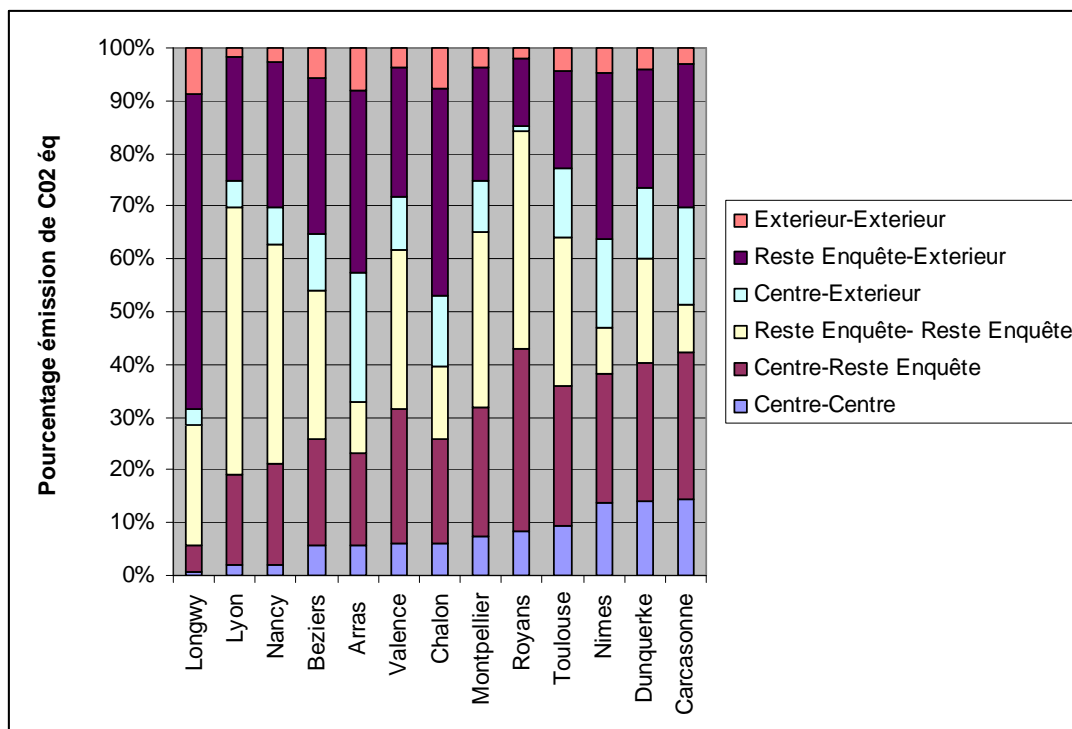
Les simples analyses descriptives ne permettent pas d'aller plus loin dans cet exercice de comparaison visant à déterminer si sur certains territoires les résidents ont des émissions de polluants inférieures aux autres. La base de données produites laissera néanmoins aux enquêtes qui seront enrichies ultérieurement la possibilité de se situer. La variabilité des résultats du DEEM résident obtenue avec une méthode standardisée et donc comparable pousse à mener des analyses complémentaires qui pourront faire l'objet de publication ultérieures.

4.2 Identifier les enjeux d'un territoire : considérer les flux de déplacements

Les premières analyses menées ont concerné le comportement de mobilité des personnes avec des indicateurs le plus souvent ramenés au lieu de localisation. Une autre représentation des résultats concernent les flux enquêtés renvoyant plus directement à la dimension physique et géographique de la mobilité.

Un premier moyen de représenter les flux estimés dans le DEEM résidents est de caractériser les déplacements et leurs impacts par leur origine-destination.

Figure 6 Répartition des émissions de GES selon l'Origine Destination des déplacements par enquêtes classées selon l'ordre croissant de la proportion des flux centre-centre



Source: traitement Cerema base de données DEEM. Champs: Mobilité globale un jour moyen de semaine

La Figure 6 s'appuie sur un découpage des terrains d'enquête en trois zones: la ville centre, le reste de l'enquête et le monde extérieur. Les flux de déplacements sont quantifiés selon 6 liaisons dépendant des origine-destination des déplacements. Sur cette représentation, les émissions de GES sont considérées mais d'autres indicateurs d'émissions, de consommation ou de distances auraient pu être utilisés.

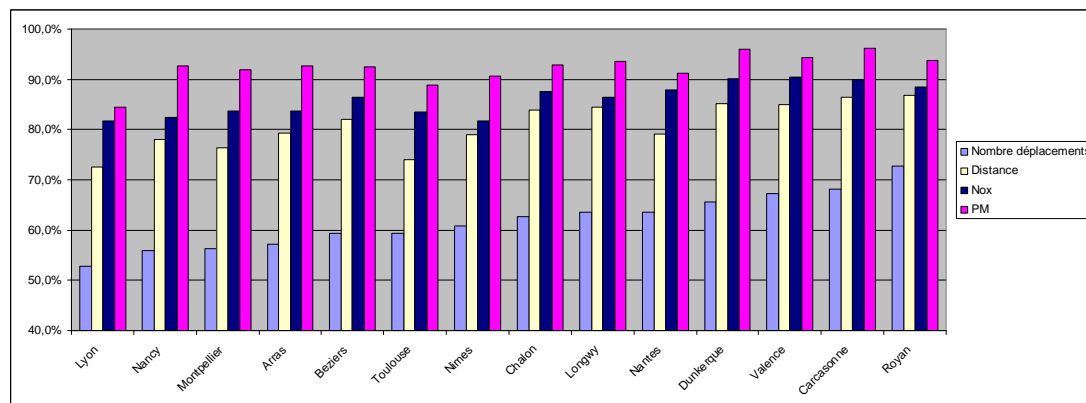
Le graphique permet de déterminer pour chaque territoire enquêté quel type de flux explique le plus les émissions de CO2 équivalent. Bien entendu, l'étendue de l'enquête va directement influencer cette proportion et les résultats obtenus doivent s'interpréter au regard du périmètre choisi pour l'enquête.

Au delà de cette remarque, cette représentation souligne le poids limité des déplacements ayant pour origine et destination les villes centres puisque il représente systématiquement moins de 15% des émissions de GES jusqu'à moins de 2% des émissions pour des territoires comme Longwy et Lyon. Il est évident que les politiques publiques de planification de la mobilité en ville centre sont légitimes (qualité de vie, pollutions locales, sécurité...) mais il faut avoir conscience de leur impact limité sur les questions de réchauffement climatique. Inversement, les émissions liées aux déplacements faits uniquement à l'extérieur des périmètres d'enquêtes sont relativement faibles. La mobilité quotidienne, réalisée un jour de semaine, reste centrée sur le lieu du domicile. Les enjeux en termes d'émissions de GES concernent les déplacements entre le centre et les zones périphériques, internes aux zones périphériques et les déplacements entre les zones périphériques et l'extérieur. Il ressort cependant que pour la plupart des territoires les flux radiaux (Centre-Périphérie ou Centre-zones extérieures) restent importants et dans une logique de planification des réseaux de transports collectifs peuvent apparaître comme des cibles potentielles pour des réductions d'émissions. Selon les territoires, le poids de ces différents flux va varier et faire ressortir des enjeux spécifiques. Évidemment des découpages géographiques plus fins et propres à chaque géographies seront encore plus pertinents pour hiérarchiser les enjeux et potentiels de réductions

Une autre représentation des flux passe par la description des modes utilisés.

Le DEEM met en avant à travers ses principaux indicateurs le poids prédominant des déplacements réalisés en voiture particulière. Alors que la part modale de la voiture, mesurée habituellement en nombre de déplacement varie entre 53 et 73%, son poids en distances parcourues varie de 73 à 87 % et si on considère les émissions de PM10 de 85 à 96%.

Figure 7 Poids des déplacements VP dans les données DEEM sur 13 territoires ordonnés par part modale de la VP croissante



Source : traitement Cerema base de données DEEM. Champs: Mobilité interne un jour moyen de semaine

Les déplacements en TCU ont un impact non négligeable sur les émissions de NOx, entre 10 et 15% des émissions sur Arras, Nîmes et Nancy notamment.

Lorsque l'on compare les émissions et consommations unitaires moyennes par mode, la voiture apparaît comme le mode ayant la moins bonne efficacité environnementale. Selon les polluants et les territoires considérés, l'efficacité des modes alternatifs à la voiture particulière varie fortement.

Tableau 15 Comparaisons relatives des émissions et consommations unitaires des modes motorisés à Lyon.

	Consommation	CO	CO2	CO2eq	COV	Nox	PM
VP/VP	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
VP/2RM	1,7	0,2	1,8	1,8	0,1	3,8	2,4
VP/TCU	3,4	4,8	4,2	4,1	3,4	1,8	2,2
VP/AUTR E TC	2,2	3,1	2,2	2,2	1,9	1,0	1,0
VP/AUTR E	1,2	2,2	1,2	1,2	3,1	1,1	2,4

Source base DEEM Cerema, EMD Lyon 2016. Champs mobilité interne 5 ans et +, tables des déplacements, émissions et consommations unitaires mesurées en g par voy-km. Lecture: la consommation unitaire des déplacements en VP est 3.4 plus importante que celle des déplacements liés aux TCU.

Cette variabilité s'explique par de nombreux facteurs inclus dans les données fournies par le DEEM:

- le type de TCU: part des trajets électriques ou thermiques
- les taux de remplissages des VP et des TCU
- les distances moyennes des déplacements (les émissions unitaires décroissent avec la distance du fait notamment des surémissions à froid)
- des vitesses de déplacements

Sur certains territoires et pour certains polluants, en fonction de ces paramètres, il est possible que l'efficacité environnementale des déplacements en voiture particulière soit meilleure que celle des transports collectifs.

4.3 Mobilité et disparités socio-économiques

La mobilité représente une dépense importante pour les ménages. La base de données produites dans le cadre du DEEM peut servir à donner une mesure de cette contrainte budgétaire. En fournissant les taux de motorisations des ménages, les pratiques de mobilités y compris les dépenses en carburant et les modalités de stationnement, il est possible d'estimer des dépenses par ménages.

Un travail récent [14] a utilisé les données du DEEM de l'EMD Toulouse pour estimer le coût résidentiel des ménages enquêtés. Ce coût représente les sommes dépensées par les ménages pour se déplacer et se loger. Les principaux résultats sont repris ici succinctement.

En combinant l'EMD de Toulouse, enrichie des données DEEM et de questions complémentaires sur le logement, et l'Enquête Budget des Familles de 2011, l'auteur a estimé le coût résidentiel des ménages à travers leurs dépenses de logements et de transports (cf Tableau 16).

Tableau 16 Liste des postes de dépenses pour le logement et pour le transport retenus dans le calcul du coût résidentiel

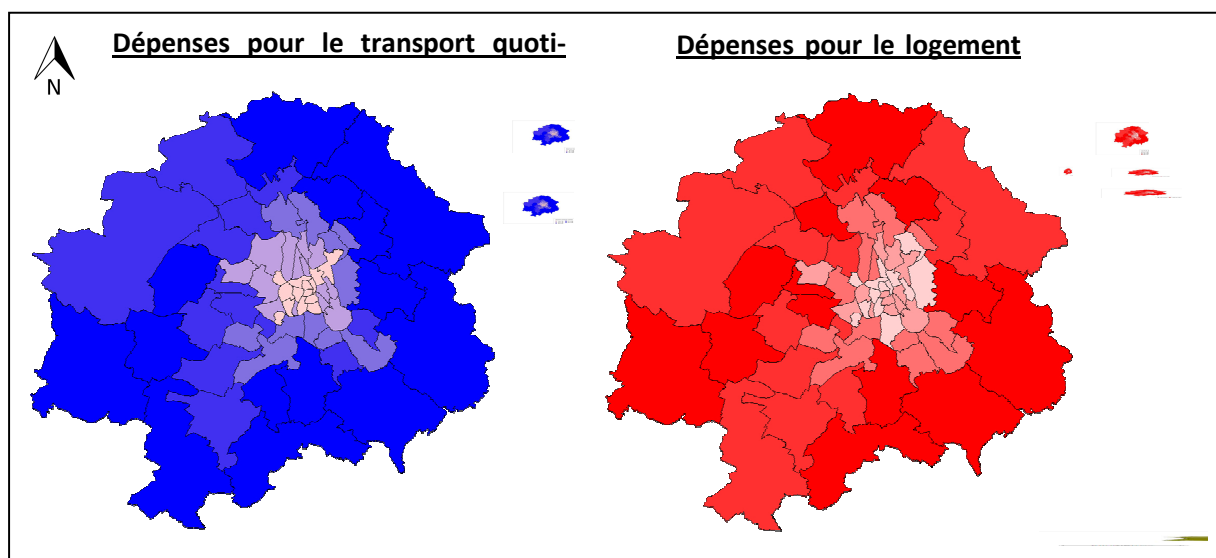
Logement	Transport
<ul style="list-style-type: none"> • Loyer ou mensualités de remboursement d'emprunt(s) immobiliers • Taxe d'habitation et taxe foncière • Services relatifs au logement : redevance d'enlèvement des ordures, services d'assainissement, factures d'eau, charges collectives • Travaux d'entretien, de réparation, et de rénovation • Energie : électricité, gaz, achats de combustibles, énergie thermique • Assurance habitation 	<ul style="list-style-type: none"> • Amortissement de l'acquisition du/des voiture(s) ou d'un/des autre(s) véhicule(s) (moto, vélo) du ménage • Energie : carburant, électricité, huiles, etc. • Entretien et réparations du/des véhicule(s) • Services de location d'un local, frais de parking, frais de garage • Taxes automobiles (carte grise, contravention) • Assurance du/des véhicule(s) • Autres services liés à l'utilisation de véhicules personnels (péages, auto-école, location véhicule) • Services de transport collectif de voyageurs (bus, car scolaire, train, avion,

Source: Cori, 2016.

A l'aide d'hypothèses s'appuyant notamment sur des moyennes nationales lorsque les données locales n'étaient pas accessibles, un calcul pour tous ces composants est mené. Les résultats moyens sont alors estimés et le coût résidentiel est alors estimé à 888 euros par ménage et par mois, dont 208 euros pour le transport du quotidien.

Au-delà des résultats globaux ou par modes disponibles en annexe, le fait d'utiliser des données désagrégées issues de la base DEEM permet d'analyser les différents niveaux de dépenses selon des critères socio-économiques

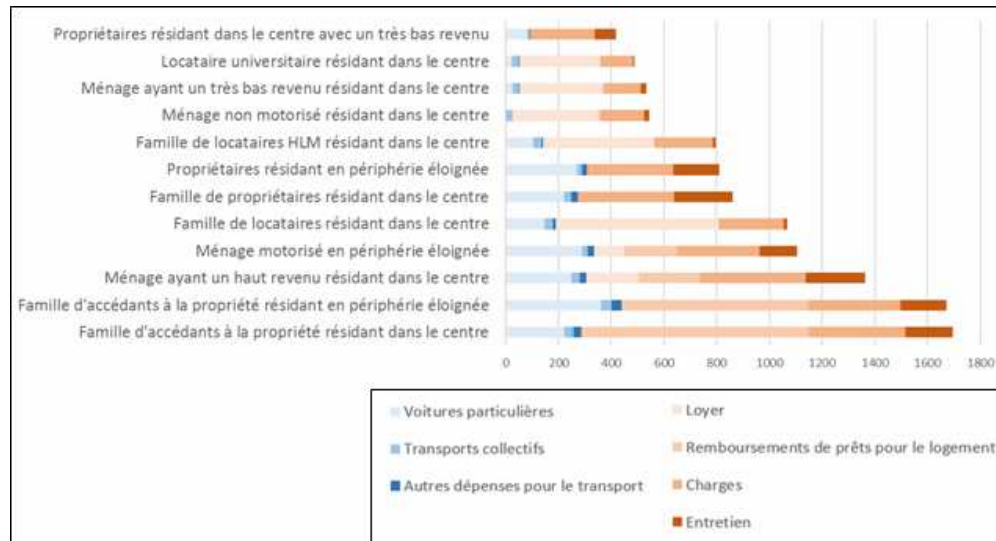
Figure 8: Dépense pour le transport quotidien et pour le logement des ménages selon leur localisation résidentielle, EMD Toulouse (euros/ménage)



Source: Cori 2016

Les cartes montrent que les ménages dépensent beaucoup plus pour se déplacer lorsqu'ils habitent en périphérie qu'en centre-ville. L'intérêt de la démarche est de pouvoir estimer cet écart et de relier aux caractéristiques des ménages ces dépenses.

Figure 9 Coût résidentiel selon plusieurs types de ménages, EMD Toulouse 2013 (euros/ménage/mois)



Source: Cori 2016

Les données produites confirment et quantifient les effets de compositions de ménages, de statut d'occupation sur les niveaux de dépenses dans le logement et les transports. Les familles accédant à la propriété sont les ménages dépensant le plus dans les dépenses contraintes que sont le logement et le transport du quotidien. Le poste budgétaire le plus important est celui du logement. Il ressort que pour certains ménages les dépenses moyennes en transports du quotidien dépassent plus de 400 euros/mois.

Le type de données produites ici ne s'obtiennent pas directement avec les données du DEEM résidents, il est nécessaire de faire des calculs supplémentaires. Mais sous conditions d'avoir enquêté le revenu, elles peuvent être relativement simples à estimer. Par la suite des taux d'efforts budgétaires peuvent être estimés et ouvrent la possibilité de mener de diagnostics en lien avec les enjeux de vulnérabilité énergétiques.

4.4 DEEM et données technologiques des véhicules

Les données issues du DEEM apportent des éléments de connaissance sur les parcs automobiles possédés par les ménages originaux et utiles à l'élaboration des politiques publiques de régulations des mobilités. En reliant les types de véhicules aux comportements de mobilités, les données DEEM permettent d'apporter une connaissance fine des parcs roulants (ou parc dynamique). Les informations recueillies dans les EMD permettent d'estimer les émissions et consommations liés aux mobilités selon les normes euros et mesurer ainsi localement l'impact de la régulation technologique. Enfin, en considérant simultanément les flux de déplacements selon les types de véhicules, il est possible de mesurer le poids dans les émissions de certains véhicules fortement émetteurs pour par exemple simuler l'impact d'une zone de circulation restreinte qui limiterait l'accès à certains types de véhicules.

4.4.1 Des parcs statiques aux parcs dynamiques

Les parcs automobiles possédés par les ménages sont identifiés dans les EMD par leur âge (la date de première mise en circulation), le type de carburant utilisé et leur puissance fiscale (mesurée en chevaux fiscaux).

En considérant les données agrégées sur quelques agglomérations, des différences apparaissent notamment sur l'âge moyen du parc possédé et le taux de diésélisation (cf Tableau 17).

Tableau 17 Caractéristiques des parcs automobiles possédés par les ménages

	Carcassonne	Chalon	Dunkerque	Lyon	Nantes	Nîmes	Royan	Toulouse
Age moyen (années)	8,7	7,7	9,2	8,8	9,6	9,8	8,5	9
Puissance moyenne (CV)	5,7	6,2	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	6
Taux de véhicules diesel (%)	72%	67%	67%	59%	64%	66%	64%	64%

Source: Base DEEM Cerema. Champs: Ensemble des véhicules renseignés par les ménages

Ces différences ne sont pas directement explicables à ce niveau d'analyse et avec les données disponibles. Les revenus des ménages ne sont pas systématiquement enquêtés, or ce niveau de richesse explique notamment le type de véhicule possédé. Par ailleurs, le type de véhicules tend à changer selon le nombre de voitures possédées. Les troisièmes, voir les quatrièmes voitures du ménage sont en moyenne plus âgées que les autres par exemple. Le niveau de motorisation joue donc sur le type de parc possédé. Ce niveau est par ailleurs directement lié aux données démographiques, de formes urbaines qui dépendent du périmètre d'enquête choisi.

L'intérêt du DEEM est de relier le parc statique aux comportements de mobilité. Ainsi, il est possible d'estimer les kilomètres parcourus pour chaque type de véhicule. Il est ainsi possible de considérer les catégories fournies par le ministère de l'environnement pour les "certificats qualité de l'air" appliqués aux véhicules particuliers (cf Tableau 18).

Tableau 18 Distribution des distances parcourues selon la classe des véhicules possédés par les ménages¹¹ dans quelques agglomérations

	Carcassonne	Chalon	Dunkerque	Lyon	Nantes	Nîmes	Royan	Toulouse
01-Classe VP 1	5,8%	4,5%	4,3%	7,4%	6,1%	6,1%	5,2%	3,2%
02-Classe VP 2	25,6%	24,3%	32,6%	32,7%	28,5%	25,4%	29,9%	20,0%
03-Classe VP 3	38,2%	43,6%	37,5%	36,7%	37,1%	38,8%	36,0%	43,8%
04-Classe VP 4	18,9%	15,7%	15,7%	14,0%	16,9%	17,3%	16,9%	18,6%
05-Classe VP 5	4,4%	5,3%	5,4%	4,7%	5,5%	7,1%	4,6%	6,2%
06-Classe VP 6 (non classés)	6,8%	6,5%	4,5%	4,3%	5,9%	5,3%	7,2%	7,9%
07-Classe VP 7 (VP électrique)	0,3%	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%	0,2%	0,1%	0,2%

Source: Base DEEM Cerema. Champs: Mobilité interne un jour moyen de semaine. Lecture 7.4% des kilomètres réalisées par les ménages Lyonnais au sein du périmètre d'enquête sont le fait de véhicules classés en catégorie 1 (soit des véhicules à essence mise en circulation après 2011).

Avec ces catégories de véhicules et en considérant les différentes années d'enquêtes, les distributions des kilomètres parcourus apparaissent assez proches entre les différents territoires. Les voitures de catégorie 1 (voitures à essence Euro 5 et Euro 6) sont davantage utilisées par les résidents de villes de taille importante et plus globalement dans les zones les plus denses. Néanmoins, même si elles émettent moins de particules et oxydes d'azote, elles restent relativement minoritaires en termes de distances parcourues. Par ailleurs, les données confirment le très faible poids aujourd'hui des véhicules électriques ou hydrogènes

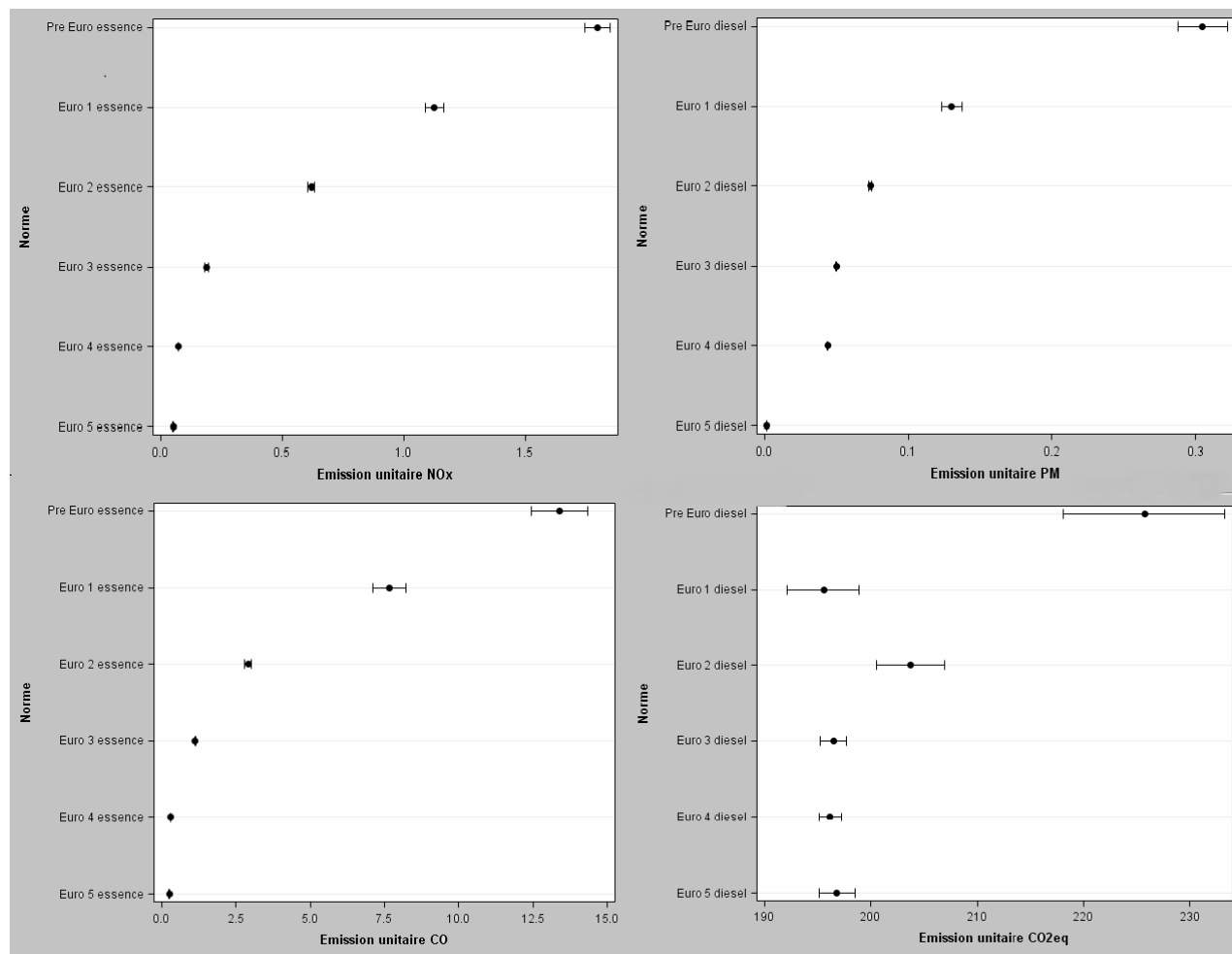
11 Cette description dynamique du parc est réalisée selon des catégories de certificat de qualité de l'air cf . A noter que dans ces données, les véhicules non ou mal renseignés n'ont pas été considérés.

dans les kilomètres parcourus. L'analyse de ces distributions rappelle l'inertie importante dans le renouvellement des parcs automobile: les nouveaux modèles mettent du temps à se diffuser et à représenter un poids important dans les kilomètres parcourus. Un des effets indirects de la baisse l'usage des véhicules particuliers en zone urbaine et dense est l'allongement possible des durées de renouvellement du parc: une voiture qui roule moins sera moins rapidement renouvelée.

4.4.2 L'impact des normes Euro : vers un plafonnement des gains technologiques?

Les données du DEEM permettent d'estimer les émissions unitaires en fonction des normes Euro des véhicules. Ces émissions unitaires moyennes calculées a posteriori intègrent bien entendu les valeurs fournies par l'Agence Européenne de l'Environnement mais aussi les conditions spécifiques de chaque déplacement (vitesse, distance, température). La moyenne de ces paramètres caractérise les territoires enquêtés. Il est ainsi possible de suivre l'évolution des émissions unitaires moyennes selon les normes en situation de mobilité "réelle", c'est à dire dans les conditions d'utilisations révélées par les comportements de mobilités enquêtés. Les données issues de l'enquête ménage de Toulouse (2013) sont utilisées pour illustrer ces évolutions (cf Tableau 30). L'introduction de normes technologiques contenant des valeurs d'émissions limites apparaissent avoir des effets très importants sur l'émissions de certains polluants réglementés, CO et COV, et importants sur d'autres, NOx et PM. Les consommations et émissions de GES qui ne sont pas considérées par les normes Euro restent relativement stables, voire augmentent dans certains cas.

Figure 10 Exemple d'émissions unitaires moyennes (en g/km) selon les normes des véhicules possédés par les ménages de l'EMD de Toulouse¹²

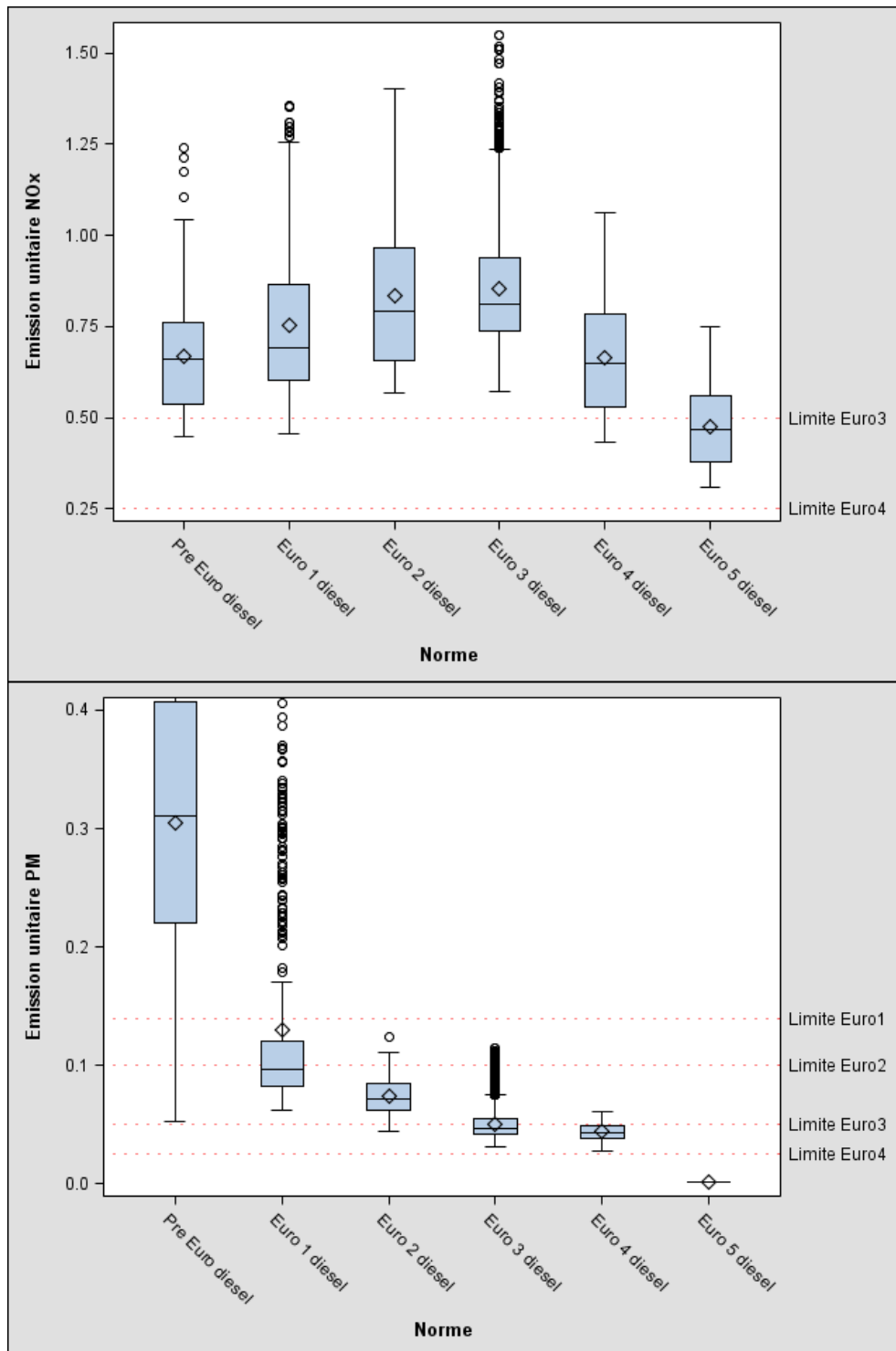


Source: base DEEM Cerema, Champs: EMD Toulouse 2013, mobilité globale un jour moyen de semaine. Lecture: les émissions unitaires moyennes de CO2 éq pour un véhicule moyen en Euro diesel valent 204 g/km, l'intervalle de confiance varie de 201 à 207 g/km.

L'introduction de normes Euro a eu des effets très marqués et notamment entre les véhicules mises en service avant l'introduction des normes Euro et les véhicules respectant les normes Euro 2. Les gains semblent moins importants par la suite. Et lorsque que l'on s'intéresse aux distributions des émissions unitaires trajets par trajets, on constate les limites de l'introduction des nouvelles normes dès les véhicules classés en Euro 3. Ainsi, avec les conditions de températures, de distances et de vitesses enquêtés sur le territoire de l'EMD de Toulouse, aucun trajet réalisé avec un véhicule diesel Euro 3 ne respecte les limites d'émissions sur les oxydes d'azote fixées par la norme Euro 3 (cf Figure 11).

12 Les intervalles sur la Figure 10 correspondent à des intervalles de confiance uniquement liés à la taille des échantillons de l'EMD de Toulouse. Les incertitudes de calcul des émissions ne sont pas considérées. Ils représentent l'intervalle dans lequel il y a 95% de chance que la moyenne des émissions unitaires se situe.

Figure 11 Distributions des émissions unitaires de PM et NOx (g/km) selon les normes Euro des véhicules particuliers à Toulouse



Source: base DEEM, Cerema, EMD Toulouse 2013. Champs: trajets réalisés en VP, mobilité globale un jour moyen de semaine. Lecture: la moyenne des émissions unitaires de PM d'un véhicule diesel Euro 3 est de 0.05 g/km, plus d'un quart des trajets ont des émissions supérieures à la limite fixée par la norme Euro 3.

moins de 25% des trajets réalisés avec des véhicules Euro 4 respectent la norme Euro 3 en NOx, seuls les véhicules de classe Euro 5 arriveraient¹³ en moyenne à respecter cette

13 Pour les véhicules Euro 5, les équations d'émissions ne sont pas obtenues à partir de données empiriques mais résultent d'un abattement forfaitaire à partir des normes antérieures.

norme pour certains trajets. Ce non-respect se retrouve aussi pour les émissions de particules pour les véhicules diesels à partir de la norme Euro 4. Ces difficultés interrogent sur la capacité des normes Euro, dans leur définition et fonctionnement actuels, à permettre des réductions significatives d'émissions de polluants dans le futur. Dans les conditions de la mobilité quotidienne, ici majoritairement urbaine, les nouvelles normes introduites amènent des potentiels de réduction moins importants qu'espérés par les valeurs théoriques affichées. Pour les 10 prochaines années, des gains importants sont tout de même à attendre avec la disparition progressive des kilomètres parcourus par des véhicules classés dans des normes pré Euro, Euro 1 et Euro 2. Les données DEEM peuvent permettre de simuler ces gains à comportement de mobilité constant en distinguant chaque territoire.

4.4.3 Le poids des vieux véhicules dans les émissions de polluants : vers une simulation des Zones de Circulations Restreintes ?

Les données issues du DEEM donnent une estimation des poids dans les émissions des véhicules classés selon les certificats de qualité de l'air. Par exemple sur le périmètre de l'EDGT de Lyon (2015), les véhicules non classés représentent plus de 50% des émissions de COV et près de 40% de CO (cf Tableau 19). Pour ces deux polluants réglementés, une limitation de circulation aurait des impacts significatifs en matière de réductions d'émissions.

Tableau 19 Poids des émissions de polluants émises par les véhicules particuliers selon les classes de certificat de l'air sur le périmètre de l'EDGT de Lyon (2015)

Classe VP	Consommation	Emissions de CO	Emissions de CO2 eq	Emissions COV	Emissions NOx	Emissions PM
01-Classe VP 1	8,0%	5,8%	8,0%	2,0%	0,8%	0,3%
02-Classe VP 2	32,5%	11,9%	32,6%	8,0%	22,4%	1,8%
03-Classe VP 3	36,7%	37,3%	36,7%	30,7%	37,7%	45,0%
04-Classe VP 4	13,7%	3,4%	13,7%	5,5%	23,4%	25,8%
05-Classe VP 5	4,7%	3,8%	4,7%	3,6%	7,2%	12,8%
06-Classe VP 6 (non classés)	4,4%	37,9%	4,3%	50,3%	8,6%	14,3%
07-Classe VP 7 (VP électrique)	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Ensemble	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Source: Base DEEM Cerema, EDGT Lyon 2015. Champs: Mobilité interne des VP possédées par les ménages un jour moyen de semaine.

A l'inverse pour les polluants locaux qui posent actuellement le plus de difficultés pour les enjeux de santé publique, les gains potentiels seraient moindres, respectivement 8.6% pour les émissions de NOx et 14.3% pour les émissions de particules. En plus, pour pouvoir simuler une éventuelle restriction de circulation sur certains véhicules il faut anticiper comment se feront les déplacements auparavant effectués avec un véhicule ancien. Suivant les hypothèses retenues: changement de véhicule, report modal, disparition de trafic, les impacts ne seront pas les mêmes. Il s'agit plus ici d'estimer un potentiel maximum de réduction d'émissions.

L'intérêt des données DEEM est aussi de pouvoir estimer le poids des émissions selon les OD des déplacements. Pour poursuivre l'exemple sur Lyon, on peut ainsi estimer la part des émissions de particules émises dans la ville centre par les véhicules mis en service avant 1997. En considérant les flux internes à Lyon et ceux dont soit l'origine soit la destination sont dans la ville centre (voir le tableau DEEM VO4 des exploitations standards), on peut estimer que ces émissions tournent autour de 10% des émissions totales émises par les véhicules particuliers. Le niveau de données produites par le DEEM apparaît suffisant pour rapidement estimer l'impact de limitation d'accès de certains véhicules à certaines zones. Bien

entendu, ce niveau stratégique de diagnostic ne remplace pas les études nécessaires en cas de mise en place opérationnelle de telles mesures.

L'objectif de cette partie était de donner des exemples d'utilisations simples des données produites. Les données issues du DEEM résidents peuvent avoir d'autres applications basées sur des analyses plus approfondies qui n'ont pas été présentées ici:

- analyse des déterminants explicatifs des niveaux d'émissions (modèles explicatifs)
- comparaisons temporelles sur un même territoire
- simulation de projets ou de politiques publiques
- prospective des émissions

Ces travaux feront l'objet de publications ultérieures.

5. Glossaire

AEE: Agence Européenne de l'Environnement

CITEPA: Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

DEEM: Diagnostic Energie Emission des Mobilités

DTER: Direction Territoriale (Cerema)

EMD: Enquête Ménages Déplacements

EDGT: Enquête Déplacements Grand Territoire

EDVM: Enquête Déplacements Ville Moyenne

PDU: Plan de Déplacements Urbains

TCD: Transports Collectifs Départementaux

TCR : Transports Collectifs Régionaux

TCU: Transports Collectifs Urbains

VP: Voiture Particulière

VUL: Véhicule Utilitaire Léger

2RM: Deux roues motorisés

6. Bibliographie

- [1] L. Hivert, A. Dupont, et C. PAPAIX, « Betti : 1er rapport intermédiaire. Rapport méthodologique : questions soulevées par la réalisation de diagnostics environnementaux à l'échelle d'une région urbaine », Ifsttar, 2015.
- [2] E. / E. European Environment Agency, « Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, technical guidance to prepare national emission inventories », Technical Report N°9, mise à jour mai 2012 2009.
- [3] D. Gkatzoflias, C. Kouridis, L. Ntziachristos, et Z. Samaras, « COPERT 4 Computer Programme to calculate emission from road transport; User manual (version 9.0) », Emisia, 2012.
- [4] Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie et Ademe, « Information CO2 des prestations de transport : guide méthodologique Application de l'article L1431-3 du Code des Transports », 2012.
- [5] CITEPA, « Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques en France (OMINEA) », 11^{ème} édition, 2014.
- [6] Pole nationale de Coordination des Inventaires, « Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques (polluants de l'air et gaz à effet de serre). », Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2012.
- [7] DGAC, « Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2012 », MEDDE, 2014.
- [8] Ademe, « Efficacité énergétique, émissions de CO2 et autres émissions gazeuses spécifiques des modes de transport », 2008.
- [9] E. C. D.-G. Transport, *Meet: methodology for calculating transport emissions and energy consumption*. Office for Official Publications of the European Communities, 1999.
- [10] CEREMA , DGITM, GART, UTP, « Transports collectifs urbains TCU- Base de données 1995-2014 de l'annuaire statistique », 2016.
- [11] CEREMA, « Base sur les transports collectifs régionaux (DGITM-CEREMA-ARF-GART) », 2015.
- [12] CEREMA, « Transports collectifs départementaux 2009-2014. Annuaire Statistique », 2016.
- [13] C. Kouridis *et al.*, *Uncertainty estimates and guidance for road transport emission calculations*. Luxembourg: Publications Office, 2010.
- [14] M. CORI, « Mesurer l'impact du choix de localisation résidentielle des ménages sur leur niveau de dépenses : la notion de coût résidentiel », Travail de fin d'études, 2016.
- [15] J.-P. Nicolas, D. Verry, et Z. Longuar, « Évolutions récentes des émissions de CO2 liées à la mobilité des Français : analyser les dynamiques à l'œuvre grâce aux enquêtes nationales Transports de 1994 et 2008 », *Economie et statistique*, vol. 457, n° 1, p. 161-183, 2012.

7. Annexes

7.1 Annexe 1 Introduction des distances dans les EMD. Méthode de calcul à partir de données SIG.

Note méthodologique rédigée par le Cerema Nord Picardie, Patrick Palmier, Fabrice Hasiak, 2012

7.1.1 État des lieux

Les distances de déplacements ne font pas partie du questionnaire standard défini par le guide CERTU sur la méthodologie des enquêtes ménages déplacements. Toutefois, si elles ne sont pas explicitement demandées aux personnes interrogées lors de l'entretien, elles sont néanmoins introduites dans les fichiers standards depuis 15 ans environ.

Les distances disponibles dans les fichiers d'EMD récentes ont été estimées a posteriori. Le détail de la méthode, « Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements », mise à jour en février 2009, est disponible sur le site du CERTU à l'adresse suivante.

<http://www.certu-catalogue.fr/calcul-a-posteriori-des-distances-dans-les-enquetes-menages-deplacements.html>

D'une façon simplifiée, le calcul des distances s'effectue par mode de déplacement de manière forfaitaire. Les distances effectuées à pied sont déterminées à partir des temps déclarés par l'enquêté en leur appliquant une vitesse moyenne de marche. Les distances relatives aux autres modes de transports sont estimées à partir de la distance à vol d'oiseau, entre les zones origine et destination de chaque trajet, pondérée par mode.

7.1.2 Objectif

L'utilisation des distances de déplacements introduites dans les enquêtes ménages déplacements est grandissante. Si, à l'origine, il s'agissait de mesurer principalement la portée des déplacements, et l'évolution des distances examinée au prisme de l'urbanisme et au travers des problématiques de périurbanisation et métropolisation, aujourd'hui cette donnée constitue un élément central pour mesurer l'impact des politiques publiques non seulement sur la mobilité mais également sur d'autres thèmes qui y sont en rapport, tels que l'environnement et la sécurité routière.

En particulier, la connaissance des distances de déplacement permet d'alimenter les DEEM (Diagnostic Énergie Environnement Mobilité) et les réflexions en cours sur les risques d'accidents en milieu urbain. La nouvelle méthode de calcul des distances dans les EMD vise à améliorer la précision du calcul des distances en utilisant un système d'informations géographiques couplé à des procédures de calcul d'itinéraire basé sur le de plus court chemin en temps de parcours..

7.1.3 Données nécessaires

L'utilisation de cette méthode nécessite de disposer dans un SIG du fichier du découpage en zone fines de l'enquête correspondante. Le découpage doit être exhaustif et intégrer les zones fines de l'aire d'enquête, les générateurs ponctuels ainsi que les zones externes.

Il faut notamment veiller à pouvoir géolocaliser l'ensemble des codes de zones fines origine et destination présentes dans les fichiers « trajet » et « déplacement » de l'EMD.

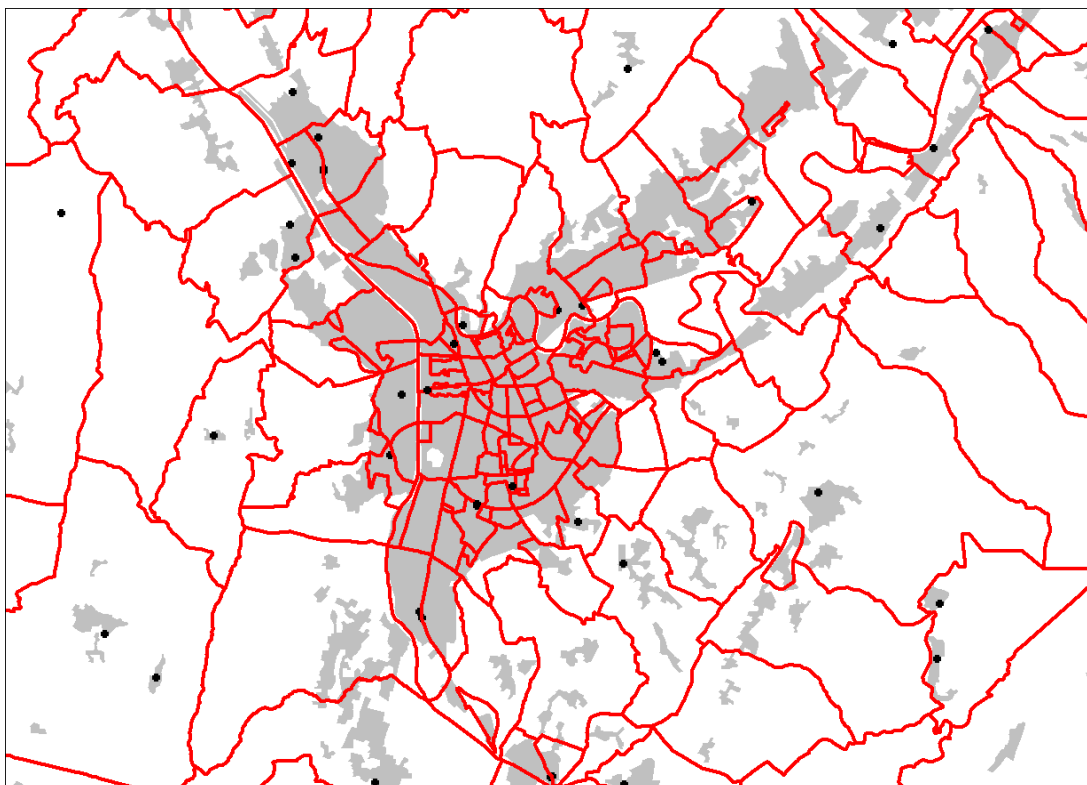


Figure 12 Illustration découpage fin de l'EMD Grenoble (2010)

7.1.3.1 Référentiels de l'offre transport

Le calcul de distances basé sur l'utilisation de SIG nécessite de disposer de référentiels d'offre de transport.

Concernant le réseau routier, deux grandes options se présentent ;

Un référentiel du catalogue de l'IGN (BDTOPO, BDCARTO,...)

Un référentiel privé utilisé pour la navigation GPS (Multinet, Navteq)

La méthodologie des Enquêtes Ménages Déplacements étant nationale et élaborée par le CERTU, le référentiel routier retenu doit être uniforme sur le territoire national pour que les distances calculées soient cohérentes d'une enquête à l'autre.

Depuis 2011, le référentiel à grande échelle de l'IGN est mis à disposition gratuitement. A ce titre, les autorités organisatrices de transports urbains, maîtres d'ouvrages des EMD ont accès à ces données gratuitement.

Il a donc été convenu d'utiliser le RGE (Référentiel à Grande Echelle) de l'IGN pour le calcul des distances.

Le RGE est constitué de 4 composantes :

La composante topographique (BD TOPO) qui contient notamment le réseau routier qui contient l'exhaustivité des voies

La composante orthophotographique (BD ORTHO)

La composante parcellaire (BD PARCELLAIRE)

La composante adresse (BD ADRESSE)

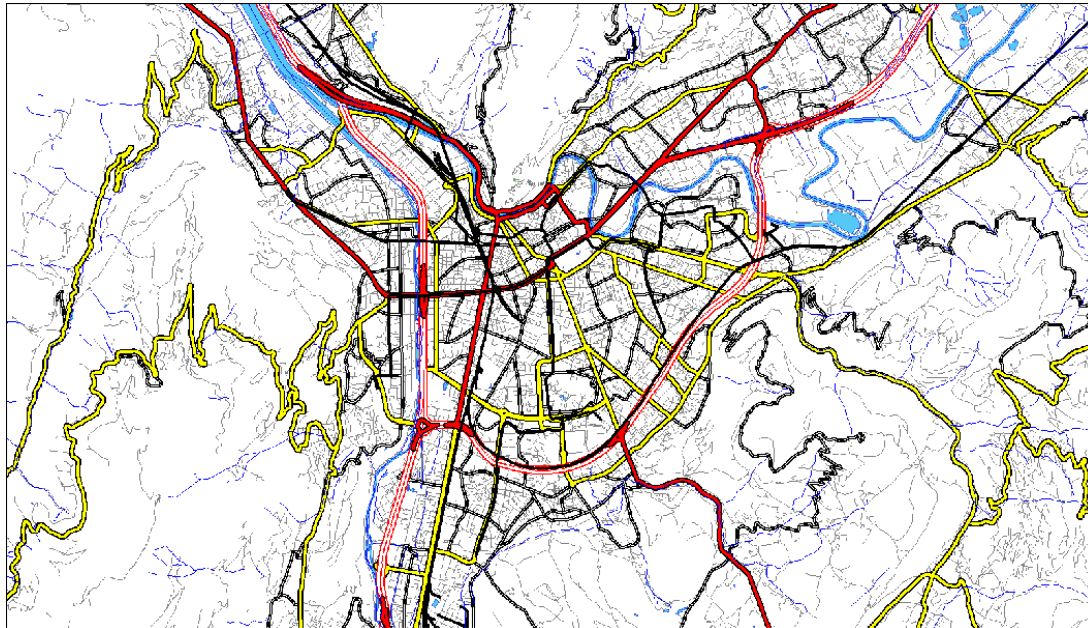


Figure 13 Illustration BD TOPO sur l'agglomération de Grenoble

7.1.4 Méthode de calcul des distances

7.1.4.1 Positionnement des centroïdes

La position du centroïde de chacune des zones de l'EMD est définie à partir de la couche des bâtiments de la BD TOPO. Sa position est déterminée par le barycentre pondéré. La pondération utilisée est la suivante:

Bâtiment courant :	1
Église :	2
Mairie :	5

Les centroïdes sont ensuite connectés au réseau à la route à 1 chaussée ou à 2 chaussées la plus proche dans un rayon d'1km.

7.1.4.2 Construction du réseau de référence

Le réseau de référence est construit à partir du réseau primaire BD TOPO (importance = 1 ou importance= 2) sur l'ensemble du territoire national à l'exception du/des départements de l'aire d'enquête dans lequel, on insère le réseau BD TOPO complet du/des départements de l'aire d'enquête.

Le réseau étranger est constitué d'un réseau Michelin qui a été connecté manuellement au réseau BD TOPO à la frontière.

7.1.4.3 Distances intra-zones

La méthode reste inchangée par rapport au guide précédent.

Pour les Modes mécanisés:

$$d=\sqrt{S}/2$$

où S est la surface de la zone.

Pour la Marche:

Durée déclarée multipliée par la vitesse d'un piéton prise à 4km/h

7.1.4.4 Description des distances calculées

Quatre distances sont calculées avec cette méthode:

- Distance totale en heure creuse. Calculée à partir du plus court chemin en temps et des vitesses en heures creuses.
- Distance totale en heure de pointe. Calculée à partir du plus court chemin en temps et des vitesses en heures de pointe.
- Distance totale en heure creuse effectuée dans l'aire d'étude.
- Distance totale en heure de pointe effectuée dans l'aire d'étude.

En fonction des heures de déplacements déclarées, on enrichit les fichiers d'enquête avec les distances correspondantes (heure de pointe ou heure creuse).

La distance à vol d'oiseau est aussi intégrée aux fichiers.

En voiture

Les vitesses en rase campagne et en milieu urbain en heures creuses sont définies à partir des attributs « nature » et du « nombre de voies ». Concernant les routes en milieu urbain, une vitesse de 25km/h est appliquée pour les agglomérations de plus de 10 000 habitants. Elle est prise à 35km/h pour celles de moins de 10 000 habitants.

Tableau 20 Vitesses prises en compte en fonction du milieu traversé et du type de voie

Nature	Nb voies	Nb	V_RC	V_URB	
Autoroute		0	18	120	90
Autoroute		1	20	90	60
Autoroute		2	840	120	90
Autoroute		3	278	120	90
Autoroute		4	13	120	90
Bretelle		0	22	50	50
Bretelle		1	500	50	50
Bretelle		2	115	60	50
Chemin		0	48573	0	0
Escalier		0	301	0	0
Piste cyclable		0	770	0	0
Quasi-autoroute		2	68	100	80
Quasi-autoroute		3	2	100	80
Route à 1 chaussée		0	591	70	25 ou 35
Route à 1 chaussée		1	40636	60	25 ou 35
Route à 1 chaussée		2	104874	70	25 ou 35
Route à 1 chaussée		3	398	80	25 ou 35
Route à 1 chaussée		4	91	90	25 ou 35
Route à 2 chaussées		0	7	90	25 ou 35
Route à 2 chaussées		1	1002	90	25 ou 35
Route à 2 chaussées		2	1065	110	25 ou 35
Route à 2 chaussées		3	52	110	25 ou 35
Route à 2 chaussées		4	5	110	25 ou 35
Route empierrée		0	18740	0	0
Sentier		0	22915	0	0

Concernant les vitesses prises à l'heure de pointe, elles sont définies à partir de celles définies aux heures creuses, en s'inspirant de la méthode utilisée par le CETE Normandie Centre. La vitesse dépend de l'importance de la voie et de la taille de l'aire urbaine. On applique à la vitesse heure creuse définie ci-dessus le ratio entre la vitesse de la voie selon le type d'espace dans laquelle elle se situe (commune centre, espace aggloméré, hors tâches urbaine) en heure de pointe et celle en heure creuse (tableau ci-dessus). La taille de l'aire urbaine détermine la vitesse heure de pointe à prendre en compte.

Concrètement, il s'agit de mettre à jour la couche « tronçon » des arcs routiers avec les champs suivants :

« AU99 » : nom de l'aire urbaine 1999 à laquelle appartient le tronçon

« zone_urbaine » : attribut indiquant si le tronçon est à l'intérieur de la tâche urbaine

« pôle_urbain » : attribut indiquant si le tronçon appartient au pôle urbain

Les valeurs de ces 3 derniers champs sont récupérées par superposition des couches au99, occupation du sol de « route500 » pour la tâche urbaine; et pôles seuls).

Aires Urbaines dont le pôle urbain est					< 80000 hab	entre 80000 et 200000	> 200 000 hab
	Vocation	Code	Vitesse HC	CF	20%	40%	50%
Commune Centre	Autoroutier	1	65	0,00	53	41	35
	Principal	2	30	0,00	25	19	16
	Régional	3	25	0,00	20	16	14
	Local	4	20	0,00	16	13	11
Espace aggloméré hors commune centre	Autoroutier	5	70	0,60	64	57	53
	Principal	6	40	0,50	36	31	28
	Régional	7	30	0,30	26	21	19
	Local	8	20	0,15	17	13	12
Hors tâche urbaine	Autoroutier	9	130	0,67	126	121	118
	Principal	10	85	0,60	82	78	76
	Régional	11	70	0,55	67	64	62
	Local	12	60	0,50	57	54	52
Bretelles		13	60	0,50	54	47	42
Bacs		14	1	1	1	1	1

En vélo

La BDTPOPO dispose de deux informations sur l'altitude du arc, celle du début de du tronçon et celle de fin. Il est alors possible de calculer un pourcentage de pente moyen

$$p = (z_d - z_o) / d$$

où p est le pourcentage, z_d et z_o les altitudes du tronçon, d la distance du tronçon.

La vitesse cycliste est prise par défaut à 15km/h et est modulée avec la pente :

$$v = v_o (1 + p)$$

où v_0 est la vitesse du cycliste sur le plat et p le pourcentage de la pente.

Le réseau utilisable pour les cyclistes est le réseau automobile à l'exception des autoroutes et voies rapides, auquel ont été rajoutés les chemins et les pistes cyclables. De plus, les sens interdits sont paramétrés comme autorisés aux cyclistes.

Les vitesses à vélo en heure de pointe et en heure creuse sont considérées comme étant identiques.

A pied

La méthode utilisée reste identique à celle mis en œuvre jusqu'à présent. La distance est calculée à partir de la durée déclarée du déplacement et d'une vitesse de marche prise égale à 4km/h

En transports collectifs

Pour l'instant aucune méthode satisfaisante n'a été trouvée pour estimer les déplacements effectués en transports collectifs à partir de SIG.

Pour rappel, la méthode actuelle consiste, à estimer la distance réelle à partir de celle à vol d'oiseau en appliquant un facteur de 1.5 à celle de chaque trajet constituant le déplacement.

Pour affiner la méthode, il faudrait disposer, soit de l'intégralité de l'offre en transports collectifs de l'aire d'étude dans un SIG, soit d'un modèle de déplacement TC, qui doit être construit à partir des données d'offre. Le développement de l'Open Data pourrait peut-être à plus ou moins court terme, permettre de disposer de telles données.

La piste MOVIKEN pourrait également être étudiée. Cela nécessiterait une étude sur la faisabilité de l'utilisation de la base à cet effet, à savoir:

La base est-elle adaptée et permet-elle d'estimer les distances TC ?

La base est-elle suffisamment à jour ?

La base est-elle homogène sur l'ensemble du territoire ?

Les informations présentes sont-elles suffisamment fiables ?

Pour l'instant, la méthode existante reste préconisée.

Tableau 21 Synthèse des hypothèses de calcul des distances a posteriori dans les EMD pour chaque mode

Cas	Fichier	condition	Type d'OD	Mode (ou Mode principal)	Distance Réelle (DT) en mètres	Distance Vol d'Oiseau (VO) en mètres	Distance réelle dans périmètre (DP) en mètres	commentaires
1	Trajet	si Trajet OD décrit (O et D dans le fichier Trajet)	INTRA zone (O=D)	VP	(racine carrée de la surface de la zone) / 2 = DT	déduit de DT => DT / 1.8	DP = DT ou zéro (fonction de la localisation de la zone)	
2				TC	(racine carrée de la surface de la zone) / 2 = DT	déduit de DT => DT / 1.8	DP = DT ou zéro (fonction de la localisation de la zone)	
3				vélo	(racine carrée de la surface de la zone) / 2 = DT	déduit de DT => DT / 1.8	DP = DT ou zéro (fonction de la localisation de la zone)	
4			INTER zone (O diff de D)	VP	Transcad (HP ou HC)	vol d'oiseau centroïde à centroïde	calculé avec Transcad	
5				TC	déduit de VO = VO x 1.5	vol d'oiseau centroïde à centroïde	utilisation des ratios (VP) issus de Transcad	
6				Vélo	Transcad	vol d'oiseau centroïde à centroïde	calculé avec Transcad	
7	Déplacement	si Marche à pied uniquement	INTRA et INTER zone	MAP	(temps(min) / 60) x 4 (km/h) x 1000 (=résultat en m)	déduite de DT => DT / 1.15	Si O ou D dans le périmètre alors DP=DT Sinon DP=zéro	cas particulier des déplacements faits à pieds uniquement
8		si Trajets OD existent dans le fichier Trajets	INTRA zone (O = D)	VP	somme des (DT) de chaque trajet composant le déplacement	déduit de DT => DT / 1.8	Somme des (DP) de chaque trajet composant le déplacement	
9				TC	somme des (DT) de chaque trajet composant le déplacement	déduit de DT => DT / 1.8	Somme des (DP) de chaque trajet composant le déplacement	
10				Vélo	somme des (DT) de chaque trajet composant le déplacement	déduit de DT => DT / 1.8	Somme des (DP) de chaque trajet composant le déplacement	
11			INTER zone (O diff. de D)	VP	somme (DT) de chaque trajet composant le déplacement	vol d'oiseau centroïde à centroïde (zone OD du déplacement)	Somme des (DP) de chaque trajet composant le déplacement	
12				TC	somme (DT) de chaque trajet composant le déplacement	vol d'oiseau centroïde à centroïde (zone OD du déplacement)	Somme des (DP) de chaque trajet composant le déplacement	
13				Vélo	somme (DT) de chaque trajet composant le déplacement	vol d'oiseau centroïde à centroïde (zone OD du déplacement)	Somme des (DP) de chaque trajet composant le déplacement	
14		Pas de trajets dans fichiers trajets (cas possibles dans EDGT) >>> on affecte alors l'OD du déplacement dans le fichier Trajet) + si 1 seul mode	INTRA zone (O=D)	VP	(racine carrée de la surface de la zone) / 2 = DT	déduit de DT => DT / 1.8	DP = DT ou zéro (fonction de la localisation de la zone)	
15				TC	(racine carrée de la surface de la zone) / 2 = DT	déduit de DT => DT / 1.8	DP = DT ou zéro (fonction de la localisation de la zone)	
16				Vélo	(racine carrée de la surface de la zone) / 2 = DT	déduit de DT => DT / 1.8	DP = DT ou zéro (fonction de la localisation de la zone)	
17			INTER zone (O diff de D)	VP	Transcad (HP ou HC)	vol d'oiseau centroïde à centroïde	calculé avec Transcad	
18				TC	déduit de VO = VO x 1.5	vol d'oiseau centroïde à centroïde	utilisation des ratios (VP) issus de Transcad	
19				Vélo	Transcad	vol d'oiseau centroïde à centroïde	calculé avec Transcad	
20	Pas de trajets dans fichiers trajets (cas possibles dans EDGT) >>> on affecte alors l'OD du déplacement dans le fichier Trajet) + si Plusieurs modes utilisés		INTRA zone (O=D)	VP+TC, TC+TC, VP+TC+TC...	(racine carrée de la surface de la zone) / 2 x (% mode) ⁸	DT / 1.8 x (%mode) ⁹	DP = DT ou zéro (fonction de la localisation de la zone)	cf commentaires ci dessous
21		INTER zone (O diff de D)		VP+TC, TC+TC, VP+TC+TC...	[Transcad (si VP ou vélo) ou VOx1.5 (si TC)] x (% mode) ⁸	VO x (%mode) ⁹	DP=DT si (O et D) dans périmètre DP=0 si (O et D) hors périmètre DP=DT x (% périmètre mode) ⁹	cf commentaires ci dessous
22								
23								
24								
25								

(%mode) ⁸ = % déduit des combinaisons intermodales DistanceTotale des trajets connus de l'enquête (cf. cas 1-2-3)	(%mode) ⁹ = % déduit des combinaisons intermodales DistanceTotale des trajets connus de l'enquête (cf. cas 4-5-6)	(% périmètre mode) ⁹ = % déduit des données connues de l'enquête (cf. cas 4-5-6) Application d'un ratio par mode pour déterminer la part de la distance parcourue dans le périmètre (cas des trajets où (O
---	---	--

7.2 Annexe 2 Les catégories de véhicules dans Copert 4

Pour passer des puissances fiscales, informations contenues dans les EMD aux cylindrées, nécessaires pour caractériser les classes Copert, une table de passage simplificatrice a été utilisée ([1]).

PASSAGE DES PUISSANCES FISCALES AUX TRANCHES DE CYLINDRÉES						
ESSENCE	< 1,4 L	1,4 - 2,0 L	> 2,0L	DIESEL	< 2,0 L	> 2,0 L
< 7 CV	100%	0%	0%	< 9 CV	100%	0%
7-9 CV	0%	100%	0%	> 8 CV	0%	100%
> 9 CV	0%	0%	100%			

Il ensuite possible d'obtenir les classes de véhicules Copert.

type de véhicule	classe	législation
Véhicules légers	Essence <1,4l 1,4- 2,0l >2,0l	Pre ECE
		ECE 15 00 et 01
		ECE 15 02
		ECE 15 03
		ECE 15 04
		improved conventional
		open loop
		Euro 1 - 91/441/EEC
		Euro 2 - 94/12/EC
		Euro 3 - 98/69/EC Stage 2000
		Euro 4 - 98/69/EC Stage 2005
		Euro 5 - EC 715/2007
		Euro 6 - EC 715/2007
		Diesel <2,0l >2,0l
	Euro 1 - 91/441/EEC	
	Euro 2 - 94/12/EC	
	Euro 3 - 98/69/EC Stage 2000	
	Euro 4 - 98/69/EC Stage 2005	
	Euro 5 - EC 715/2007	
	GPL	Conventional
		Euro 1 - 91/441/EEC
		Euro 2 - 94/12/EC
		Euro 3 - 98/69/EC Stage 2000
		Euro 4 - 98/69/EC Stage 2005
	2 Temps	Conventional
	Hybrides	Euro 4 - 98/69/EC Stage 2005

type de véhicule	classe	législation
Véhicules utilitaires légers	Essence <3,5t	Conventional
		Euro 1 - 93/59/EEC
		Euro 2 - 96/69/EC
		Euro 3 - 98/69/EC Stage 2000
		Euro 4 - 98/69/EC Stage 2005
		Euro 5 - EC 715/2007
		Euro 6 - EC 715/2007
	Diesel <3,5t	Conventional
		Euro 1 - 93/59/EEC
		Euro 2 - 96/69/EC
		Euro 3 - 98/69/EC Stage 2000
		Euro 4 - 98/69/EC Stage 2005
		Euro 5 - EC 715/2007
		Euro 6 - EC 715/2007
Mobylettes	<50 cm3	Conventional
		97/24/EC Stage I - Euro 1
		97/24/EC Stage II - Euro 2
		Euro 3 - proposal
Motos, scooters	2 temps >50 cm3	Conventional
	4 temps 50 - 250 cm3	97/24/EC - Euro 1
	4 temps 250 - 750 cm3	2002/51/EC Stage I - Euro 2
	4 temps >750 cm3	2002/51/EC Stage II - Euro 3

7.3 Annexe 3 Impact de la vitesse moyenne sur les émissions unitaires des voitures particulières en fonction de la norme euro du véhicule.

Les données issues du DEEM permettent de relier les facteurs d'émissions issues du guide européen des émissions, à la mobilité en voiture particulière des résidents d'une agglomération. Ainsi pour chaque trajet enquêté, il est possible de mettre en relation la consommation ou l'émission unitaire avec la vitesse moyenne estimée du trajet. Cette représentation permet à la fois de retrouver la forme des équations d'émissions à chaud et dans le même temps d'approcher la distribution des trajets en nombre selon le type de véhicule et la distribution des vitesses.

Les graphiques ci-dessous sont basés sur l'exploitation DEEM de l'EMD de Toulouse 2013. Ils montrent pour chaque véhicule selon sa norme euro et son type de carburant la variabilité des niveaux d'émissions unitaires. Cette variabilité s'expliquant par la vitesse, la température moyenne mensuelle et la cylindrée. L'avantage du DEEM est de proposer une analyse des émissions consommations en utilisant un parc dit "dynamique" construit à partir de données désagrégées et spatialisées (seules les origines-destinations sont connues finement, le trajet emprunté n'est pas décrit) représentatives de la mobilité des résidents d'une agglomération.

Figure 14 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes Pre euro diesel EMD Toulouse 2013

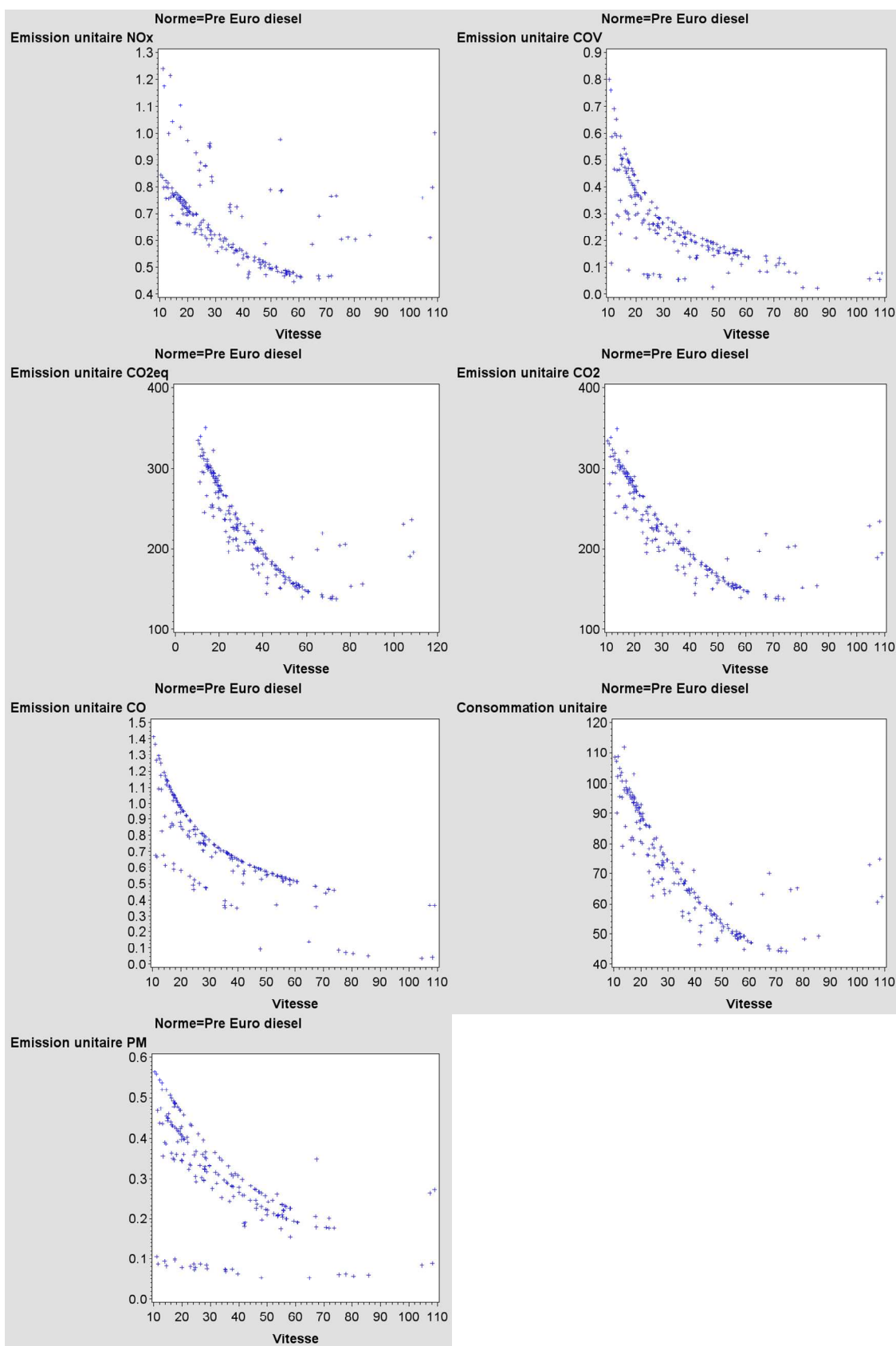


Figure 15 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro 1 diesel EMD Toulouse 2013

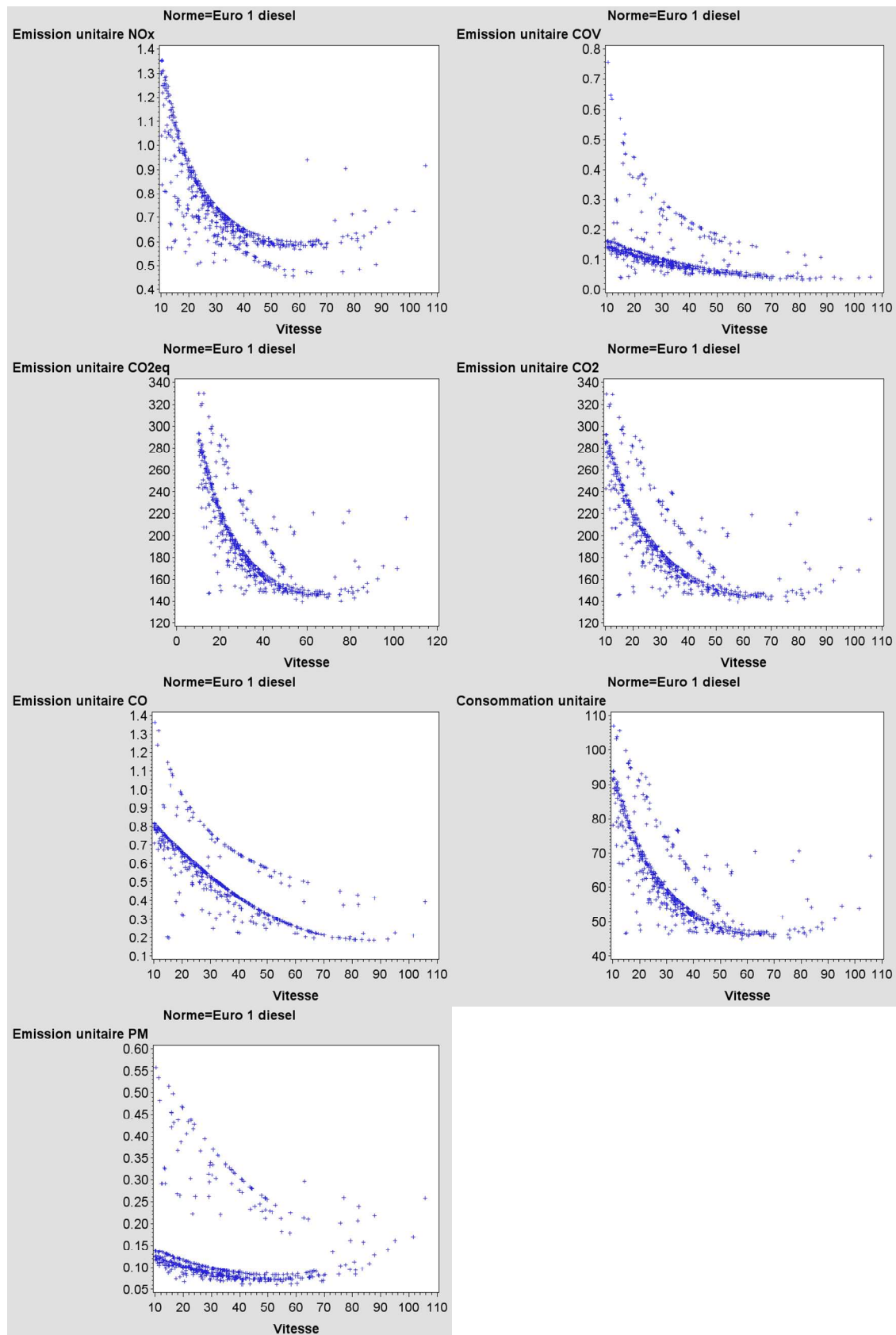


Figure 16 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro2 diesel EMD Toulouse 2013

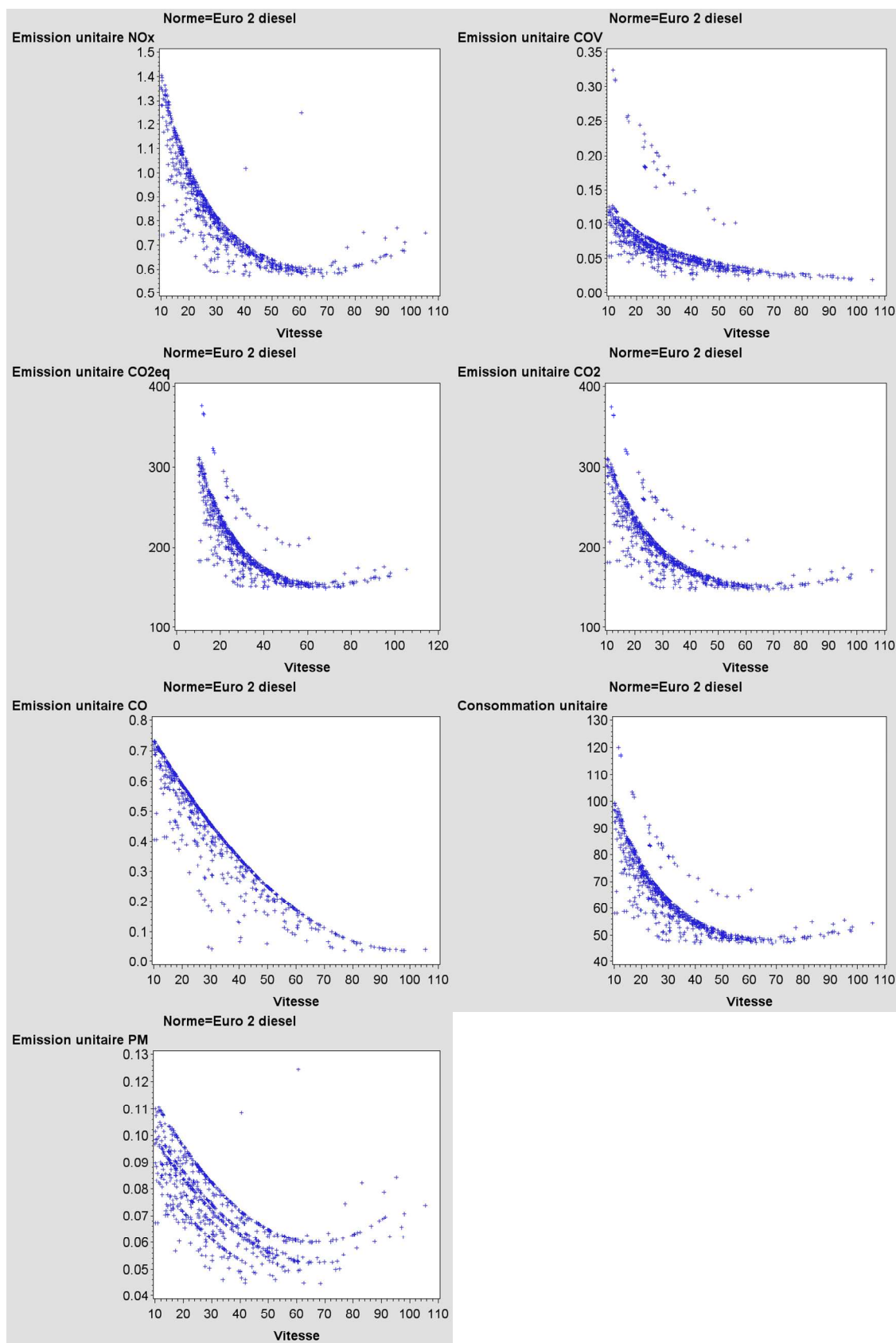


Figure 17 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro3 diesel EMD Toulouse 2013

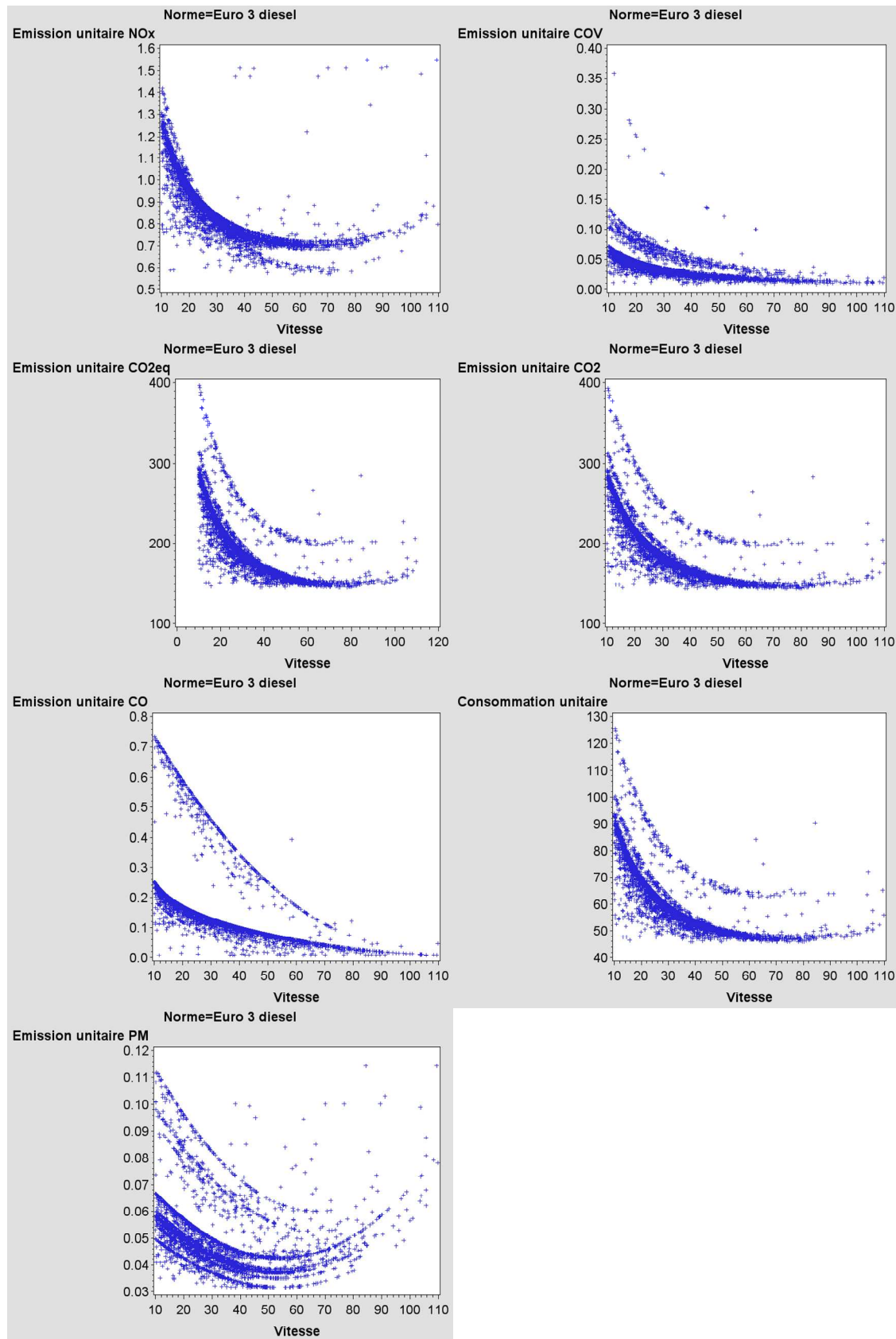


Figure 18 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro 4 diesel EMD Toulouse 2013

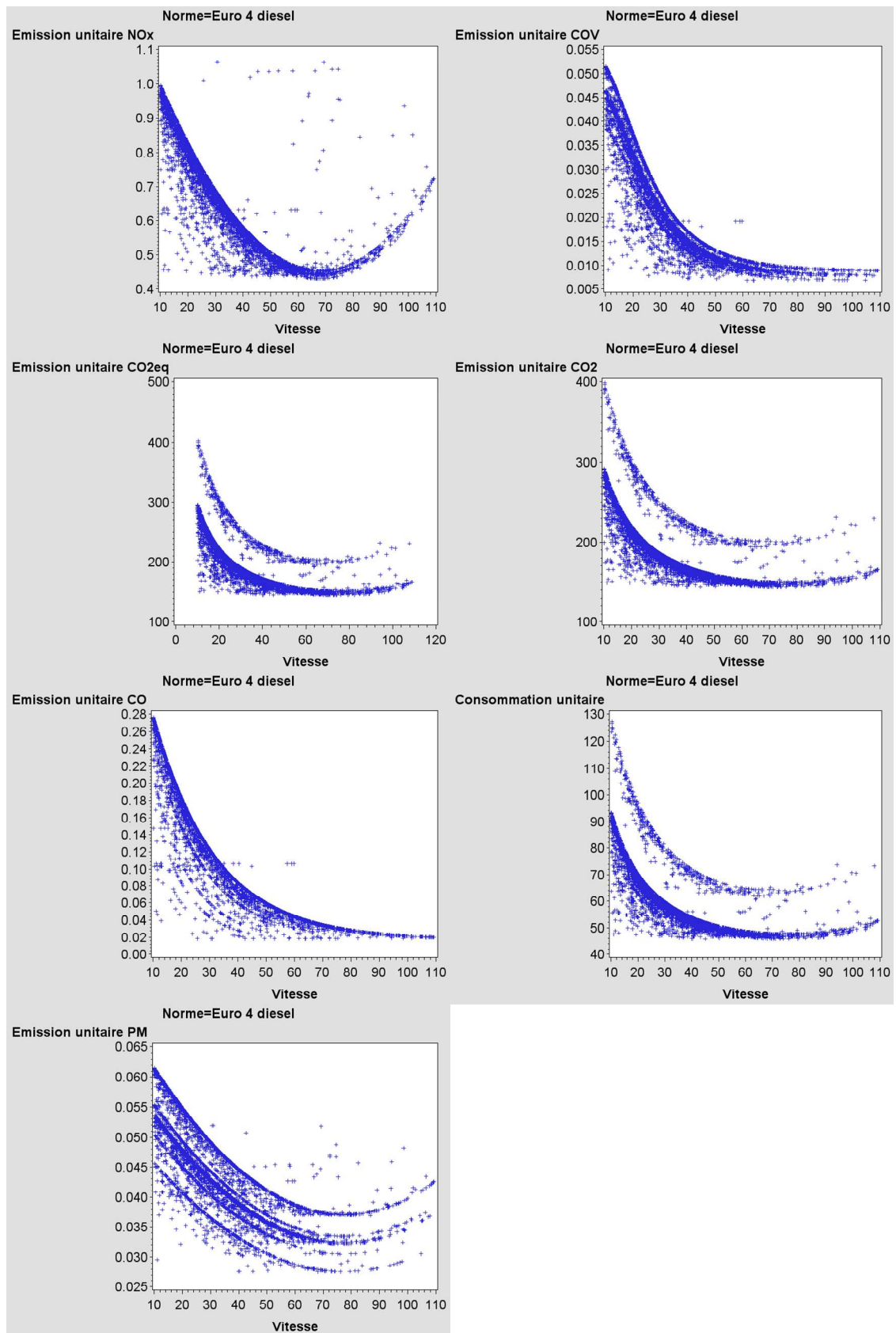


Figure 19 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro5 diesel EMD Toulouse 2013

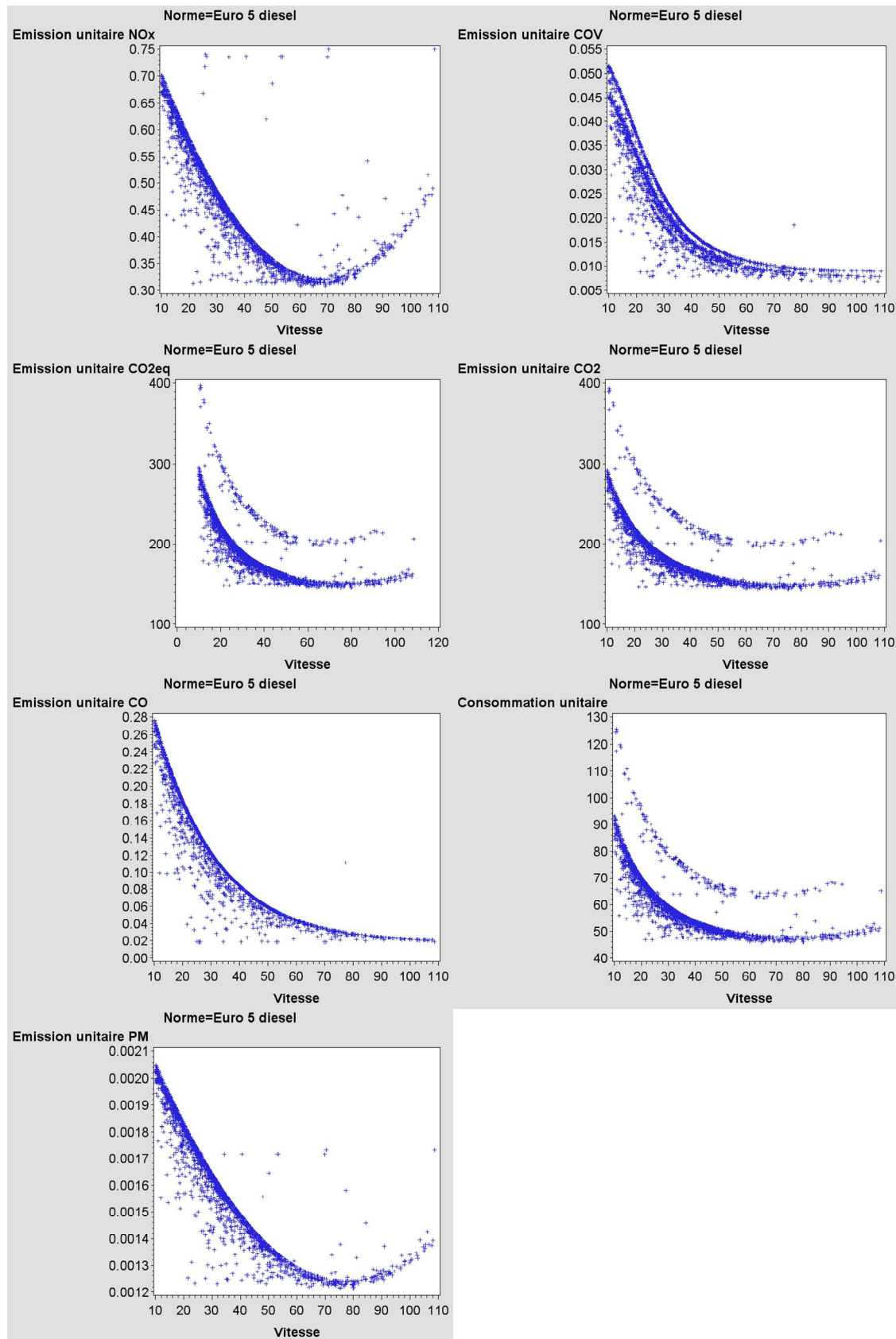


Figure 20 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes Pre euro essence EMD Toulouse 2013

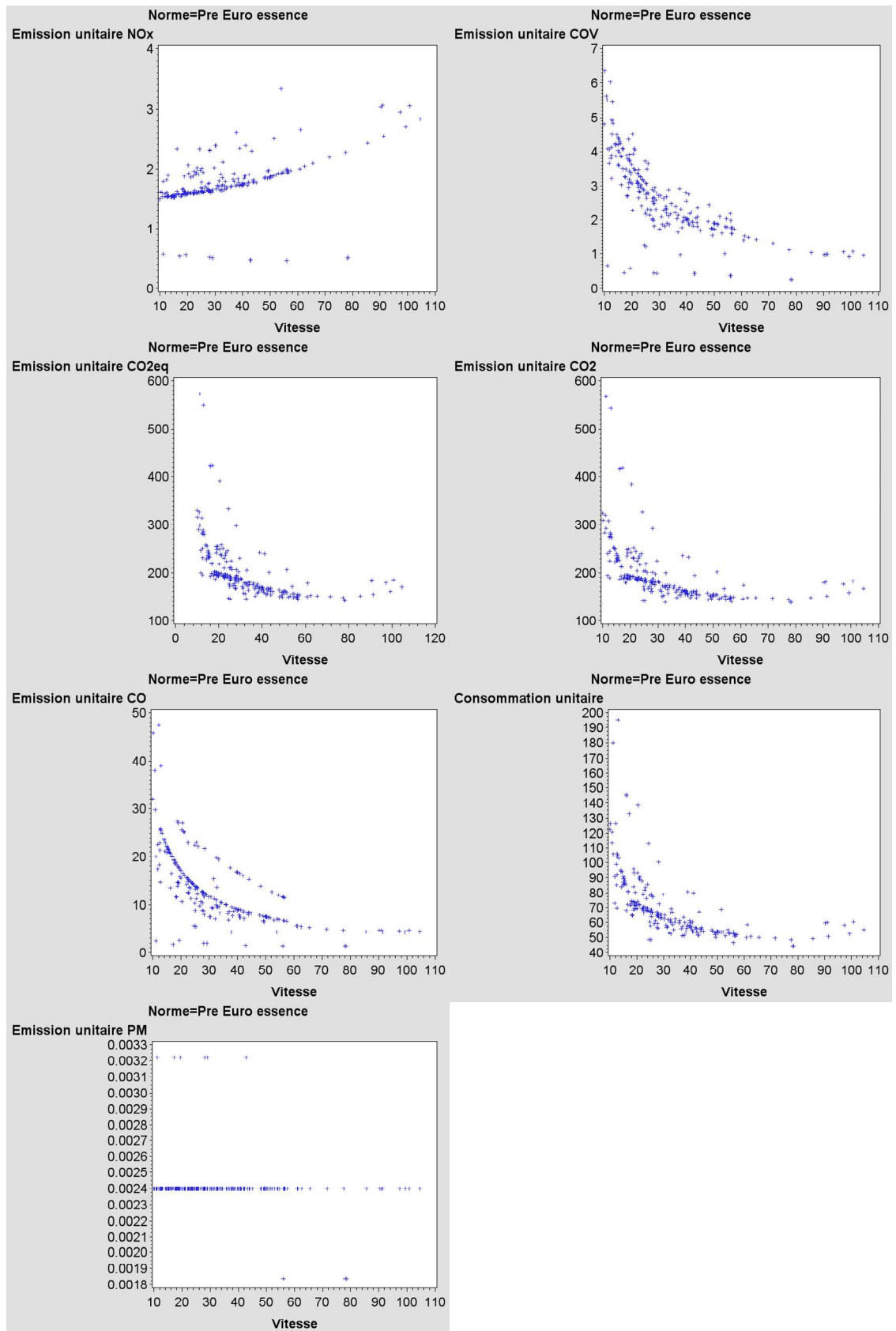


Figure 21 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro1 essence EMD Toulouse 2013

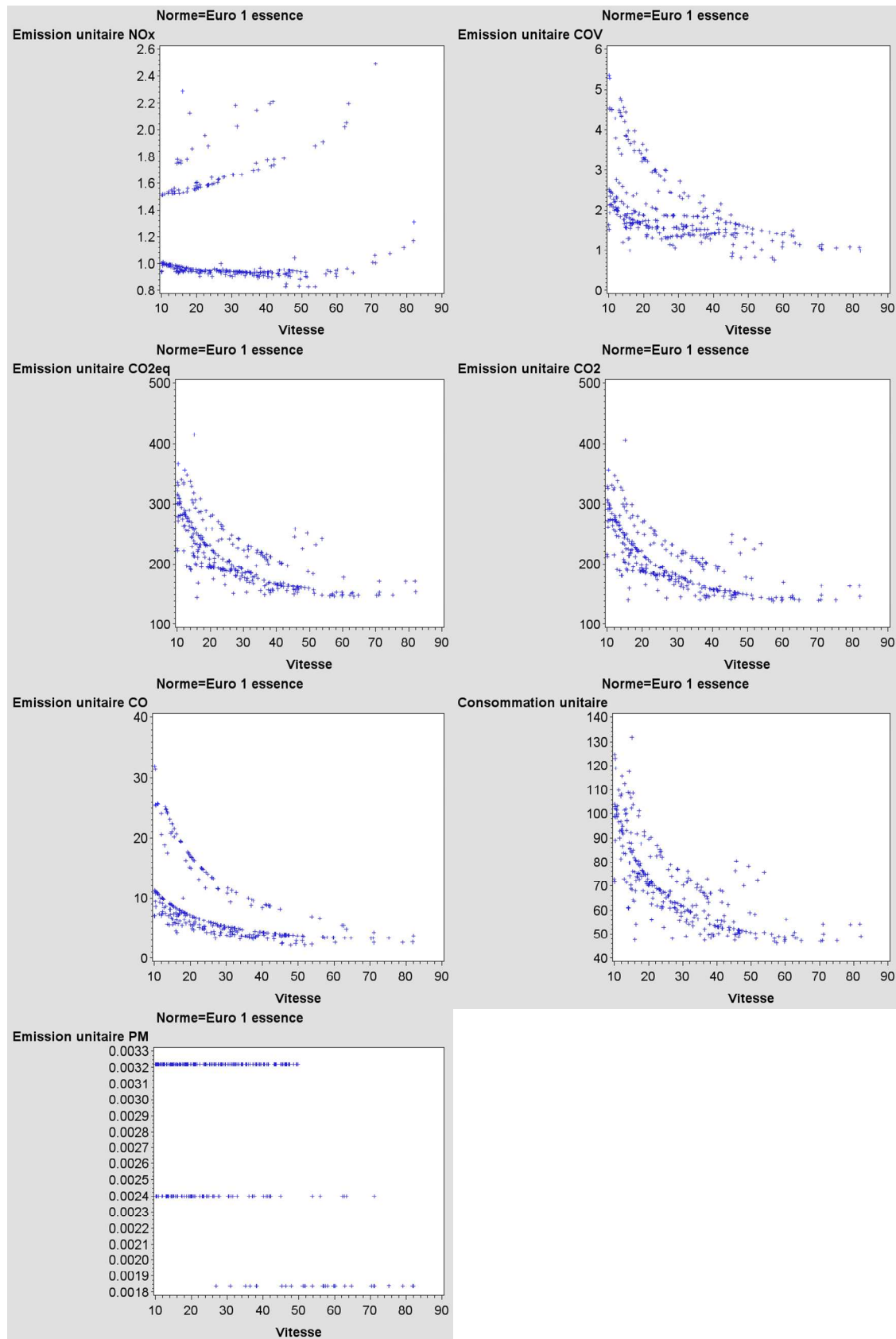


Figure 22 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro2 essence EMD Toulouse 2013

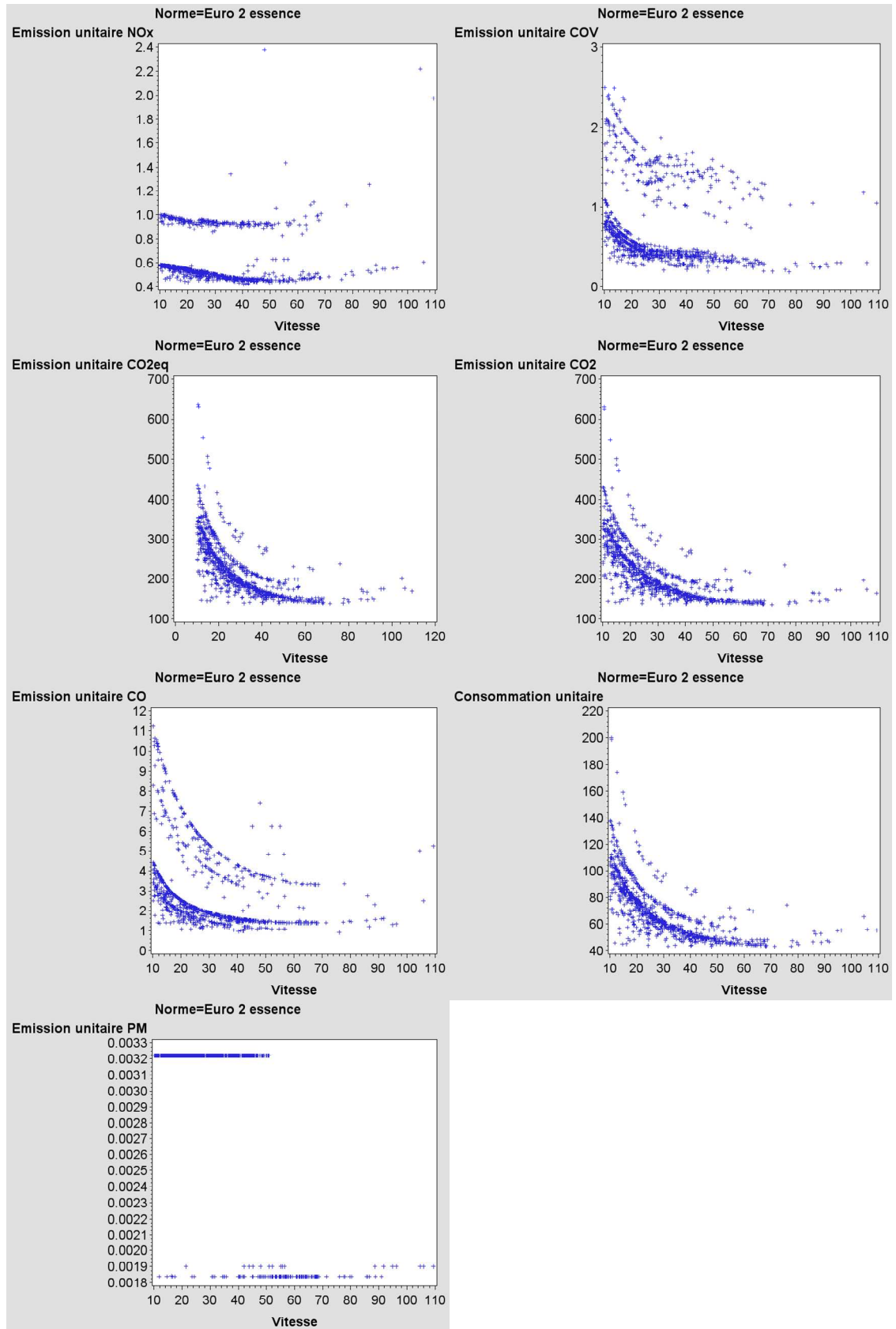


Figure 23 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro3 essence EMD Toulouse 2013

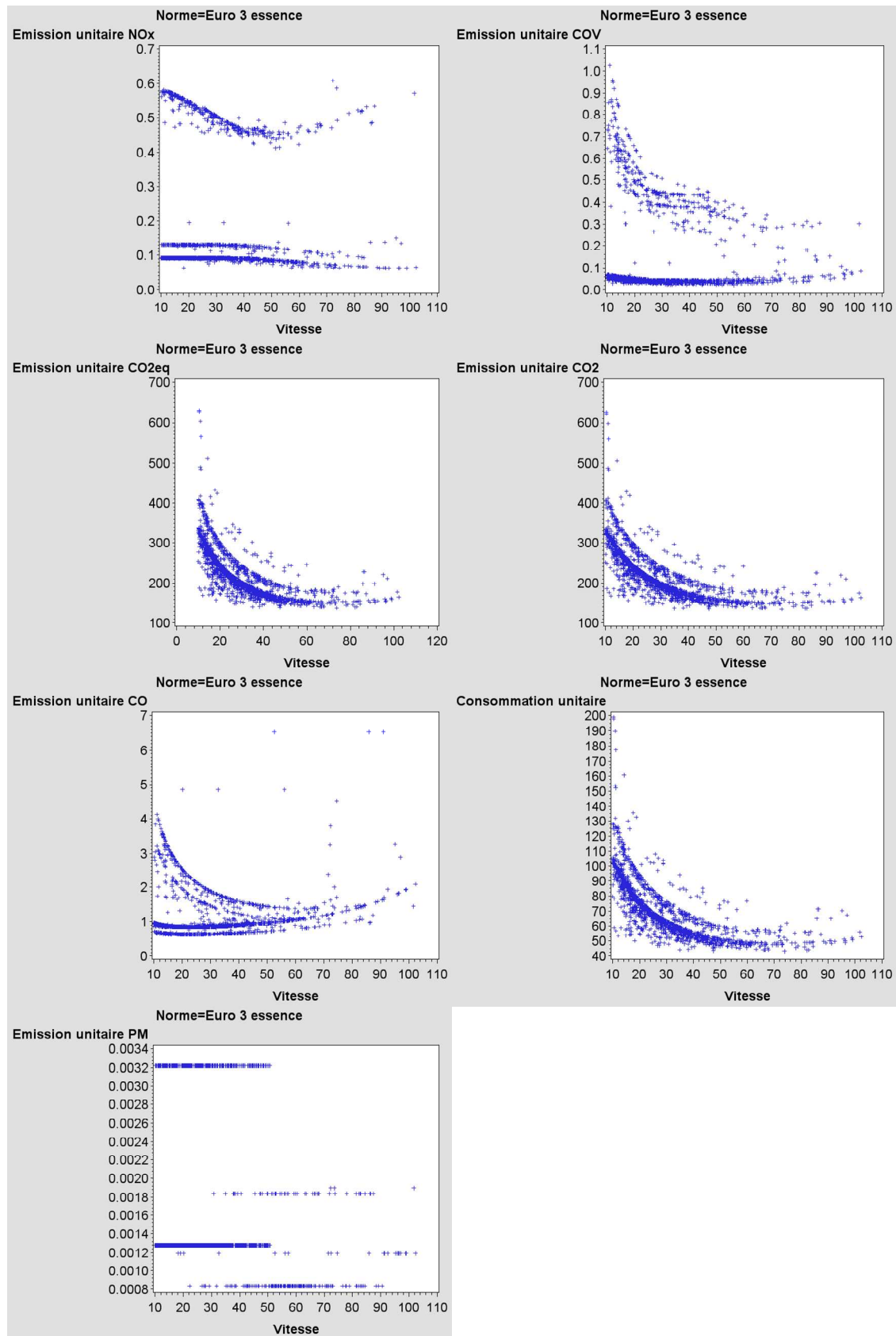


Figure 24 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro4 essence EMD Toulouse 2013

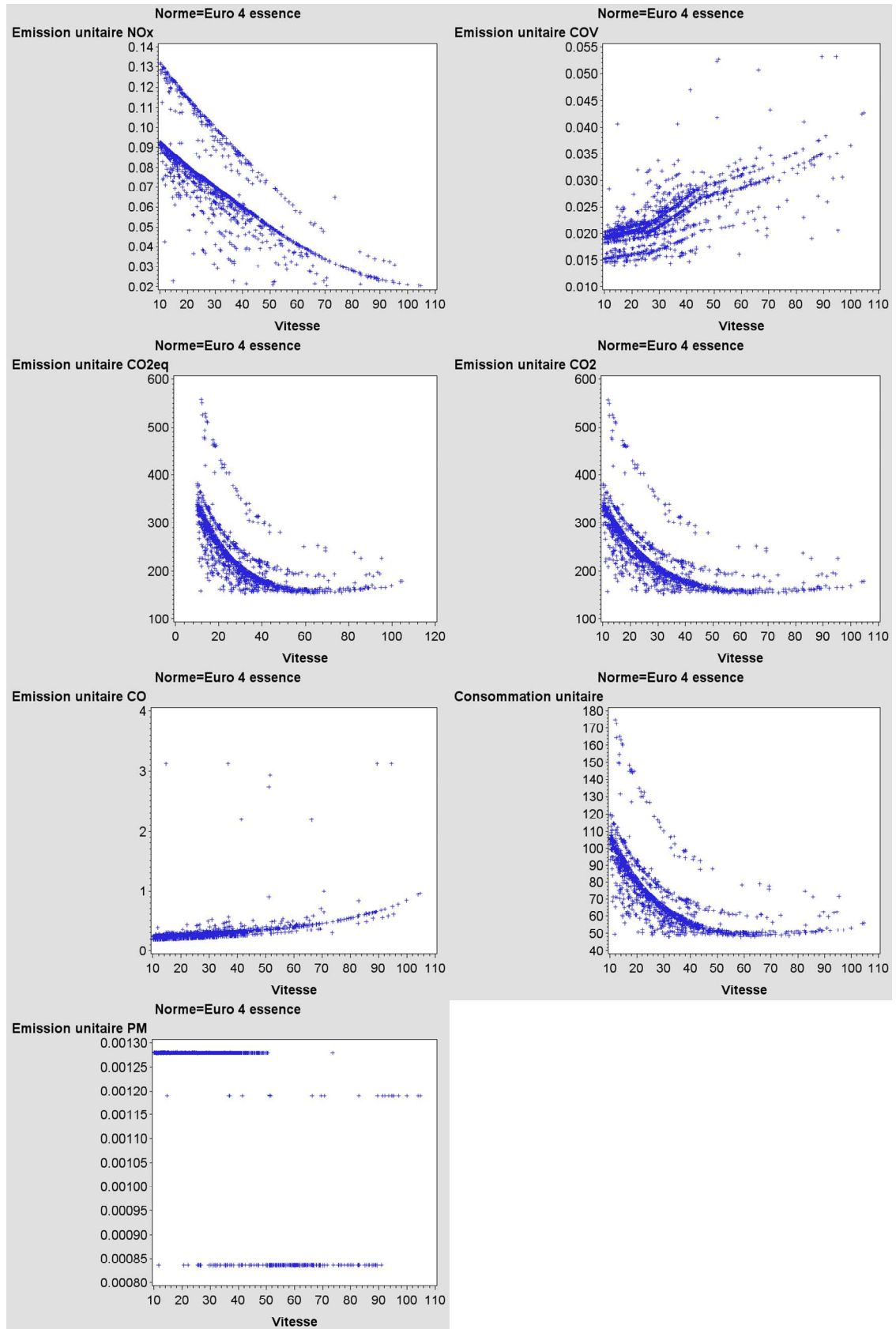
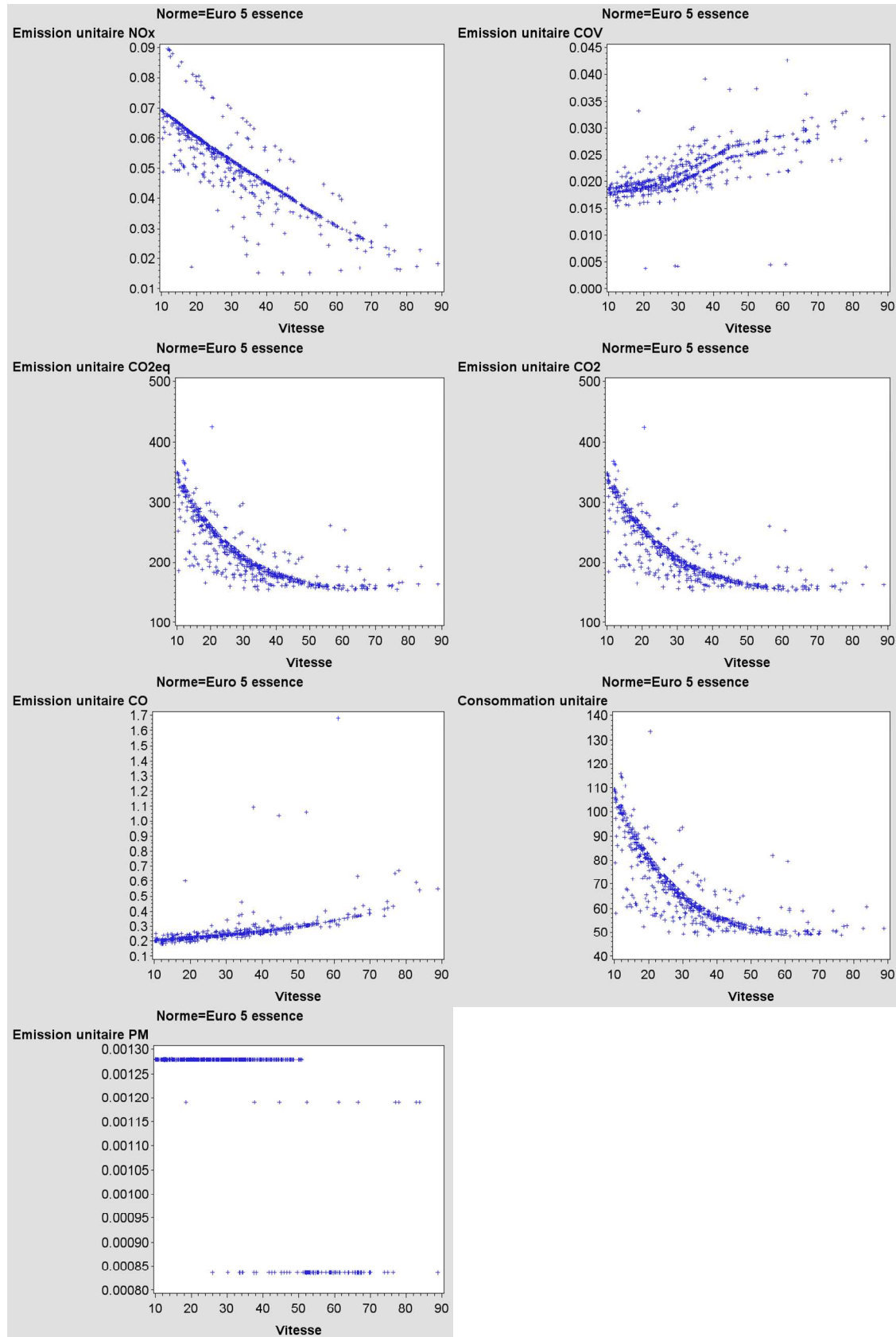


Figure 25 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro5 essence EMD Toulouse 2013



7.4 Annexe 4 Calculs des émissions et consommations des déplacements réalisés en Transports Collectifs Urbains en dehors du périmètre de l'enquête déplacement.

Dans la version actuelle du programme "DEEM", pour tous les déplacements des résidents - y compris ceux effectués en dehors du périmètre de l'enquête-nous cherchons à donner une estimation des émissions et consommations générées. Les déplacements en TCU hors périmètres, codés "39", ne sont pas encore traités dans le programme. Sous ce code sont regroupés aussi bien des trajets en bus, tramway, métro, RER... Nous présentons une méthode simplifiée d'affectation de facteurs d'émissions et de consommation moyens pour ces déplacements.

1) Part des voyageurs-km selon les différents modes TCU selon l'ENTD 2008

A partir d'une exploitation spécifique de l'ENTD 2008 [15], il est possible d'extraire une répartition des voyageurs-km par mode de TCU.

Tableau 22 Répartition des voyageurs km et émissions CO2 selon les modes TCU

Mode de déplacement	Nb déplacements	Distance (km)	Emissions CO2 (g)
Autobus urbain, trolleybus	4 274 499	24 523 555	2 589 922 201
Autocar de ligne (sauf SNCF)	255 640	4 164 330	155 330 473
Autre autocar (affrètement, service spécialisé)	187 072	7 825 230	219 569 637
Autocar SNCF	26 602	863 106	20 433 445
Tramway	997 598	5 842 101	17 526 304
Métro, VAL, funiculaire	3 322 061	25 039 527	100 158 107
RER, SNCF banlieue	2 213 015	45 556 510	182 226 039

Champ : individus âgés de 6 ans ou plus résidant en France métropolitaine ;
Source : traitement LET-Certu à partir Insee-Inrets-SoeS : enquête nationale Transports et déplacements 2008

En agrégeant les modes¹⁴, on obtient en voyageurs-km 32% bus thermique, 28% métros et tramways et 40% en RER.

2) Consommation moyenne des différents modes de transports collectifs urbains

L'article L.1431-3 du code des transports fixe l'obligation d'une information CO2 pour les prestataires de service de transport. Le MEDDE a fixé des valeurs moyenne de consommation par mode de transports dans un guide méthodologique [4] :

On obtient alors:

¹⁴ Les trolleybus sont considérés comme des tramways, leur poids (faible) est estimé à partir de la base TCU.

Tableau 23 Consommation en gep par voy-km des différents modes TCU

	Consommation	Remplissage	GEP/voy.km
Bus thermiques	0,460 l/km	11	35
TC électriques	5,87 kwh/h	47	11
RER, train banlieue	1,7l/km	68	21

Source: MEDDE, 2012

3) Emissions liées à la combustion du diesel pour les bus

Le guide méthodologique de l'Agence Européenne de l'Energie [2] dans sa méthodologie Tiers1 donne les émissions moyennes liées à la circulation des bus urbains. Avec les consommations moyennes précédemment estimées pour les bus, nous obtenons les émissions moyennes suivants pour les voyageurs-km

Tableau 24 Emissions moyennes de polluants liés à la consommation de diesel pour les poids lourds appliquées à la consommation moyenne des bus en France

	g/kep	g/voy-km
CO	7,58	0,27
NOX	33,37	1,168
COV	1,92	0,067
PM	0,94	0,033
CO2	3,18	111,3

Source: AEE, 2009

4) Connaissant le poids des voyageurs-km par modes de TCU et en considérant que les émissions pour les TC électriques sont nulles (y compris RER et transilien), nous obtenons les ratios suivant à utiliser pour le mode "39" du programme DEEM:

Tableau 25 Emissions unitaires moyennes pour les déplacements en TCU hors périmètre d'enquête, méthode DEEM

	g/voy-km
CO	0,08
NOX	0,37
COV	0,02
PM	0,01
CO2	35,62
Conso	22,32

Une première série de 13 enquêtes ont été enrichies des données DEEM résidents, les caractéristiques de ces enquêtes sont reprises dans le Tableau 26.

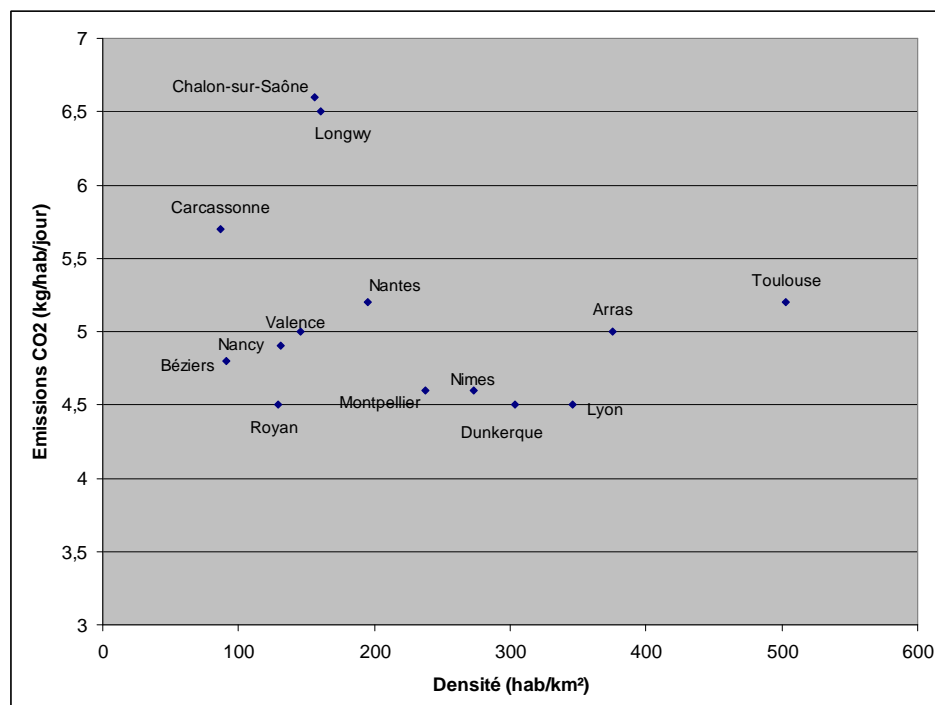
Tableau 26 Caractéristiques des enquêtes ménages enrichies des données DEEM depuis 2013

Ville principale / Nom de l'enquête	Type enquête	Année	Surface zone enquêtée (km ²)	Population	Densité (hab/km ²)
Royan	EDVM	2015	602	77 778	129
Arras	EDVM	2014	265	99 473	375
Carcassonne	EDVM	2015	1260	108 831	86
Chalon-sur-Saône	EDVM	2014	717	112 182	156
Longwy (Nord 54)	EDVM	2014	1098	175 775	160
Dunkerque	EDGT	2015	866	262 616	303
Nîmes	EMD	2015	983	268 795	273
Béziers	EDVM	2014	3105	283 367	91
Valence	EDGT	2014	2375	344 980	145
Nancy (Sud 54)	EDGT	2013	4255	557 219	131
Montpellier	EDGT	2014	3143	745 756	237
Toulouse	EMD	2013	2132	1 071 242	502
Nantes	EDGT	2015	7067	1 375 881	195
Lyon	EDGT	2015	6630	2 292 068	346

Source: Traitement Cerema, base de données DEEM.

L'ensemble des enquêtes ménages ont été sélectionnées uniquement sur le fait qu'elles ont été produites entre 2013 et 2016 et enrichies des données DEEM. Les périmètres ne sont pas comparables et aucune relation simple entre taille, densité ou autre n'apparaît.

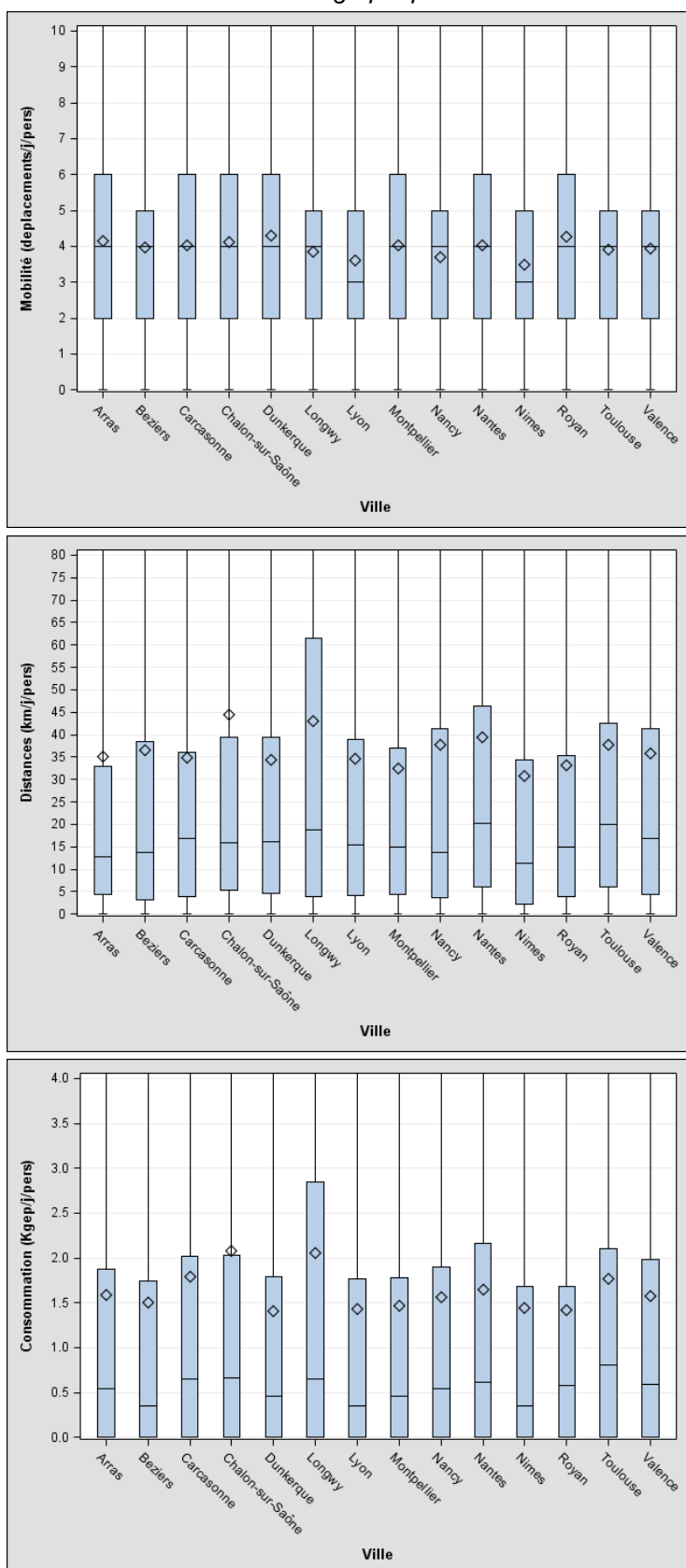
Figure 26 Emissions de CO2 équivalent selon les densités de population des territoires enquêtés.

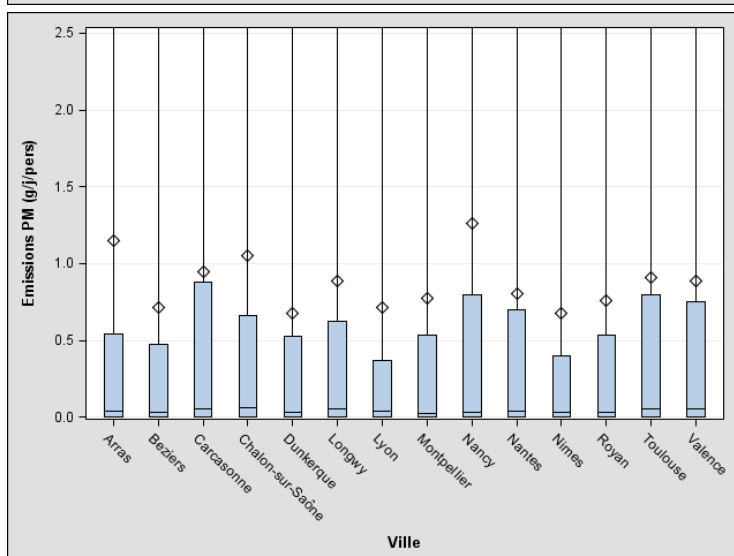
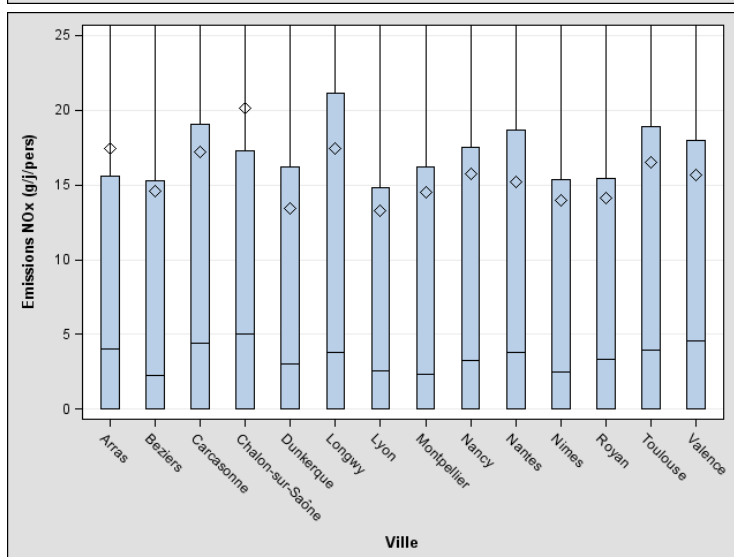
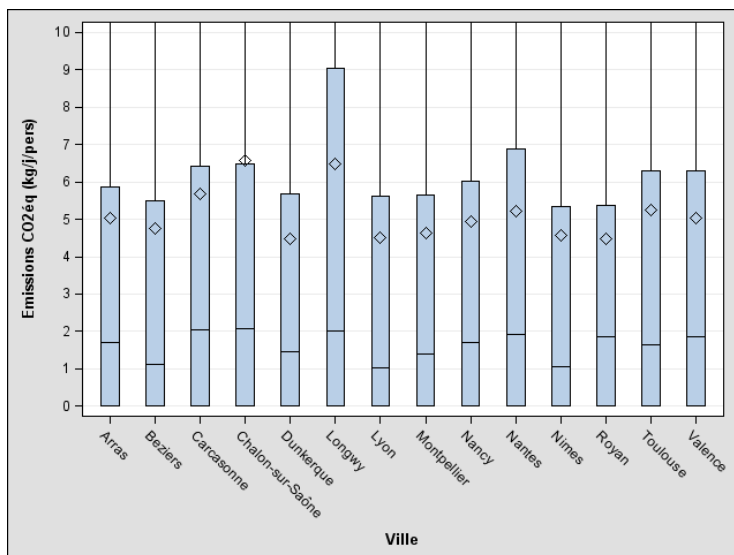


Source: traitement Cerema base de données DEEM. Champs: Mobilité globale des 11 ans et plus un jour moyen de semaine. Lecture: la densité de population du périmètre d'enquête de l'EDGT centrée sur Dunkerque est de 303 hab/km² et les émissions moyennes de GES des habitants de 11 ans et + de 4.5 kg.

Résultats de DEEM au niveau individuel

Figure 27 Distribution des indicateurs principaux du DEEM sur 13 enquêtes ramenés au niveau individuel à travers des graphiques "Box Plot"

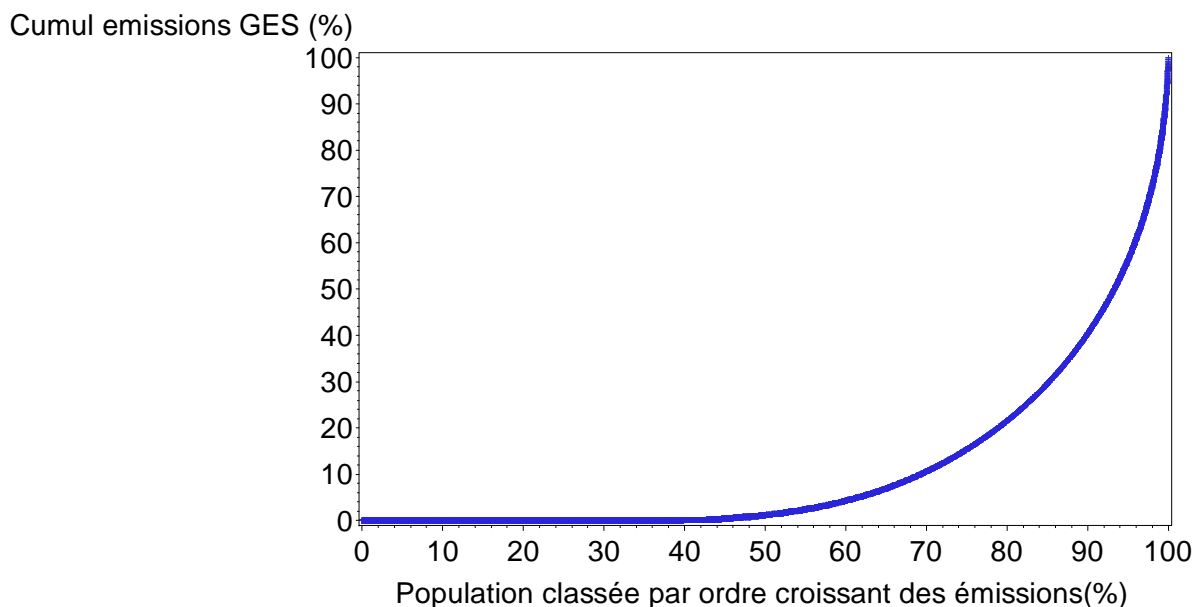




Source: Base DEEM Cerema. Champs: Mobilité globale individus 11 ans et +. Lecture: sur Lyon, un jour moyen de semaine, la mobilité médiane est de 3 déplacements, la mobilité moyenne est de 3.6 déplacements, le premier quartile vaut 2 et le troisième 5. Les valeurs extrêmes de la distribution sont hors échelle.

Figure 28 Exemple de distribution des émissions de GES au sein de l'EDGT de LYON

Courbe de Lorenz Emissions individuelles GES sur Lyon



Source: base de données DEEM, Cerema. Champs: Mobilité globale un jour moyen de semaine des individus de 11 ans et +.
Lecture: les 20% les plus émetteurs émettent 80% des émissions de GES.

L'annexe fournit les principaux résultats du DEEM en distinguant les communes de résidences des individus enquêtés selon le découpage Insee des aires urbaines : Ville centre, Banlieue et Périurbain et Autre. La catégorie autre contient les zones rurales et les communes multipolarisées.

Les résultats distinguent les individus ayant un emploi (Actifs, temps pleins et temps partiels) des individus n'occupant pas un emploi.

Les résultats proviennent des moyennes obtenues sur la table individu de la base unifiée des EMD enrichie des données DEEM. Ils sont obtenus sur les personnes âgées de 11 ans et plus. Les ratios obtenus sont tous donnés pour un jour de semaine et ramenés à cette population des 11 ans et plus.

Exemple de lecture, un actif lyonnais résidant dans le périurbain réalise en moyenne 4.3 déplacements par jour, parcourt 66.9 km dont 50.9 km à l'intérieur du périmètre de l'EDGT ce qui engendre 10.1 kg de gaz à effet de serre (équivalent CO₂).

Tableau 27 Résultats DEEM selon Zonage Insee et activité

Ville principale Enquête	Zonage (Insee)	Statut d'activité	mobilité	Distance (km)	Distances Int. (km)	Temps (minutes)	Conso. Energie (Kep)	CO2eq (kg)	Emission Nox (g)	Emission PM (g)	Effectif
Arras	Ville Centre	Non actif	3,8	15,3	8,6	57,6	0,4	1,4	4,9	0,3	1 152
		Actif	4,7	60,1	16,5	93,1	2,6	8,2	34,3	2,6	746
		Ensemble	4,2	36,1	12,3	74,1	1,4	4,5	18,6	1,4	1 898
	Banlieue	Non actif	3,5	14,2	10,1	55,8	0,5	1,6	5,2	0,3	970
		Actif	4,8	46,9	19,8	85,1	2,5	8,0	24,7	1,5	763
		Ensemble	4,2	31,1	15,1	70,9	1,5	4,9	15,3	0,9	1 733
	Périurbain	Non actif	3,3	27,0	17,5	63,9	1,1	3,3	9,3	0,6	290
		Actif	4,5	56,8	24,1	87,1	2,9	9,2	28,7	1,8	288
		Ensemble	4,0	44,2	21,3	77,3	2,1	6,7	20,6	1,3	578
	Ensemble	Non actif	3,6	16,4	10,5	57,7	0,5	1,7	5,6	0,3	2 412
		Actif	4,7	53,6	19,4	88,4	2,6	8,3	29,0	2,0	1 797
		Ensemble	4,2	35,2	15,0	73,2	1,6	5,0	17,5	1,2	4 209
Beziers	Ville Centre	Non actif	3,4	19,5	11,6	66,0	0,6	1,8	6,2	0,3	912
		Actif	4,7	45,7	26,8	102,8	2,2	6,9	19,1	0,9	370
		Ensemble	3,8	28,1	16,6	78,1	1,1	3,5	10,5	0,5	1 282
	Banlieue	Non actif	3,4	21,5	14,7	67,7	0,6	1,9	6,4	0,3	178
		Actif	5,3	47,3	36,6	105,8	2,4	7,6	21,6	0,9	96
		Ensemble	4,2	31,6	23,3	82,6	1,3	4,2	12,4	0,6	274
	Périurbain	Non actif	3,6	28,1	19,5	69,1	0,8	2,6	9,0	0,5	860
		Actif	4,7	47,3	35,6	86,3	2,2	7,0	21,0	1,1	477
		Ensemble	4,0	35,9	26,0	76,1	1,4	4,3	13,9	0,7	1 337
	Autre	Non actif	3,6	28,8	18,4	67,8	1,0	3,2	8,9	0,4	1 316
		Actif	4,6	56,6	30,3	94,2	2,7	8,4	27,4	1,3	613
		Ensemble	4,0	38,6	22,6	77,1	1,6	5,1	15,4	0,7	1 929
	Ensemble	Non actif	3,5	25,9	16,8	67,7	0,8	2,6	8,1	0,4	3 266
		Actif	4,7	50,7	31,6	94,1	2,4	7,6	23,2	1,1	1 556
		Ensemble	3,9	35,0	22,2	77,3	1,4	4,4	13,6	0,7	4 822

Ville principale Enquête	Zonage (Insee)	Statut d'activité	mobilité	Distance (km)	Distances Int. (km)	Temps (minutes)	Conso. Energie (Kep)	CO2eq (kg)	Emission Nox (g)	Emission PM (g)	Effectif
Carcassonne	Ville Centre	Non actif	3,9	17,3	11,8	55,0	0,7	2,1	5,9	0,3	886
		Actif	4,9	43,7	22,4	76,8	2,3	7,4	19,6	1,0	586
		Ensemble	4,3	28,5	16,3	64,2	1,4	4,3	11,7	0,6	1 472
	Périurbain	Non actif	3,1	26,1	17,8	56,3	1,2	3,9	14,6	0,7	802
		Actif	4,7	49,7	32,9	76,5	3,1	9,7	28,3	1,7	542
		Ensemble	3,9	37,0	24,7	65,6	2,1	6,6	20,9	1,2	1 344
	Autre	Non actif	3,1	44,7	18,1	72,1	1,1	3,3	13,2	0,7	157
		Actif	4,3	53,4	30,6	85,8	3,5	11,2	31,4	1,8	94
		Ensemble	3,6	48,5	23,5	78,0	2,1	6,7	21,1	1,2	251
	Ensemble	Non actif	3,5	24,0	15,2	57,3	1,0	3,0	10,5	0,5	1 882
		Actif	4,8	48,5	28,4	77,7	2,9	9,1	25,6	1,5	1 243
		Ensemble	4,0	34,8	21,0	66,3	1,8	5,7	17,2	0,9	3 125
Chalon-sur-Saône	Ville Centre	Non actif	3,8	15,1	9,4	64,1	0,5	1,6	4,5	0,2	469
		Actif	4,7	46,0	18,7	84,6	2,0	6,2	18,7	1,1	336
		Ensemble	4,2	29,6	13,8	73,7	1,2	3,7	11,2	0,6	805
	Banlieue	Non actif	3,4	31,1	13,6	63,0	1,2	3,6	9,8	0,4	293
		Actif	5,0	53,3	26,1	84,5	3,1	10,0	28,9	1,5	258
		Ensemble	4,2	42,1	19,8	73,7	2,1	6,8	19,3	0,9	551
	Périurbain	Non actif	3,1	46,2	19,7	65,7	1,8	5,7	19,8	0,9	468
		Actif	4,7	75,6	35,3	88,8	4,0	12,7	39,3	2,2	498
		Ensemble	4,0	62,1	28,2	78,2	3,0	9,5	30,4	1,6	966
	Ensemble	Non actif	3,4	29,5	13,9	64,4	1,1	3,4	11,0	0,5	1 235
		Actif	4,8	59,6	27,0	86,3	3,1	9,7	29,3	1,6	1 094
		Ensemble	4,1	44,6	20,5	75,3	2,1	6,6	20,2	1,1	2 329

Ville principale Enquête	Zonage (Insee)	Statut d'activité	mobilité	Distance (km)	Distances Int. (km)	Temps (minutes)	Conso. Energie (Kep)	CO2eq (kg)	Emission Nox (g)	Emission PM (g)	Effectif
Dunkerque	Ville Centre	Non actif	3,9	19,2	12,5	60,9	0,5	1,6	4,2	0,2	1 190
		Actif	5,0	44,6	27,2	84,2	2,1	6,7	20,3	0,9	684
		Ensemble	4,3	28,8	18,1	69,8	1,1	3,6	10,3	0,5	1 874
	Banlieue	Non actif	4,1	20,1	15,1	56,3	0,6	1,9	7,0	0,3	973
		Actif	5,3	39,4	29,3	74,2	1,8	5,7	17,2	0,9	592
		Ensemble	4,6	27,6	20,6	63,2	1,1	3,4	11,0	0,5	1 565
	Périurbain	Non actif	3,4	26,8	18,7	56,2	0,8	2,4	7,8	0,5	1 956
		Actif	4,9	56,3	36,1	81,6	2,8	8,9	25,0	1,3	1 343
		Ensemble	4,1	40,4	26,7	67,9	1,7	5,4	15,8	0,9	3 299
	Ensemble	Non actif	3,8	21,9	15,3	57,9	0,6	1,9	6,3	0,3	4 119
		Actif	5,1	47,5	31,2	80,2	2,3	7,2	21,2	1,0	2 619
		Ensemble	4,3	32,4	21,8	67,0	1,3	4,1	12,4	0,6	6 738
Longwy	Ville Centre	Non actif	3,4	12,0	8,4	50,4	0,4	1,1	3,1	0,2	383
		Actif	4,6	54,9	21,1	94,0	2,6	8,2	21,1	1,4	214
		Ensemble	3,9	29,1	13,5	67,8	1,3	3,9	10,3	0,6	597
	Banlieue	Non actif	3,4	24,4	13,5	62,7	0,9	2,8	7,4	0,3	806
		Actif	4,2	60,0	21,4	101,3	3,4	10,8	25,6	1,3	509
		Ensemble	3,8	40,7	17,1	80,4	2,1	6,4	15,8	0,8	1 315
	Périurbain	Non actif	3,3	29,5	15,7	63,9	1,0	3,2	10,3	0,6	2 159
		Actif	4,5	67,9	27,6	103,5	3,7	11,5	31,5	1,6	1 334
		Ensemble	3,8	47,3	21,2	82,2	2,2	7,1	20,1	1,0	3 493
	Autre	Non actif	3,5	26,0	13,7	51,5	1,1	3,3	10,2	0,4	907
		Actif	4,5	58,0	31,3	89,5	3,1	9,8	22,2	1,2	520
		Ensemble	3,9	39,9	21,4	68,1	2,0	6,2	15,4	0,8	1 427
Ensemble	Non actif	3,4	26,2	14,2	59,5	1,0	3,0	9,1	0,5	4 255	
	Actif	4,4	63,3	26,9	99,3	3,4	10,8	27,6	1,4	2 577	
	Ensemble	3,9	42,9	19,9	77,4	2,1	6,5	17,4	0,9	6 832	

Ville principale Enquête	Zonage (Insee)	Statut d'activité	mobilité	Distance (km)	Distances Int. (km)	Temps (minutes)	Conso. Energie (Kep)	CO2eq (kg)	Emission Nox (g)	Emission PM (g)	Effectif
Lyon	Ville Centre	Non actif	3,2	15,4	10,9	63,3	0,3	1,0	3,2	0,2	3 259
		Actif	3,7	30,5	22,1	86,6	1,2	3,8	11,4	0,7	2 575
		Ensemble	3,4	22,2	16,0	73,8	0,7	2,3	6,9	0,4	5 834
	Banlieue	Non actif	3,2	17,7	15,5	59,8	0,6	1,7	5,2	0,2	8 471
		Actif	4,1	43,7	34,7	90,0	2,0	6,5	18,4	1,0	5 679
		Ensemble	3,6	29,0	23,9	73,0	1,2	3,8	11,0	0,6	14 150
	Périurbain	Non actif	3,3	26,7	21,6	59,8	0,8	2,5	8,5	0,4	4 232
		Actif	4,3	66,9	50,9	92,8	3,2	10,1	28,8	1,5	3 533
		Ensemble	3,8	46,6	36,0	76,1	2,0	6,2	18,5	1,0	7 765
	Autre	Non actif	3,6	17,2	16,2	54,6	0,5	1,6	5,4	0,3	275
		Actif	4,1	55,1	36,0	78,5	2,5	8,1	22,3	1,1	154
		Ensemble	3,8	32,4	24,1	64,1	1,3	4,2	12,1	0,6	429
	Ensemble	Non actif	3,2	19,5	16,1	60,4	0,6	1,8	5,6	0,3	16 271
		Actif	4,1	48,0	36,9	89,9	2,2	7,0	20,1	1,1	11 959
		Ensemble	3,6	32,4	25,5	73,8	1,3	4,1	12,2	0,7	28 230
Montpellier	Ville Centre	Non actif	3,4	14,1	11,1	62,7	0,5	1,4	4,6	0,3	3 472
		Actif	4,5	33,7	24,0	89,7	1,8	5,7	16,3	0,9	1 672
		Ensemble	3,7	20,9	15,6	72,2	0,9	2,9	8,7	0,5	5 144
	Banlieue	Non actif	3,3	19,4	16,1	60,8	0,7	2,1	6,7	0,4	3 037
		Actif	4,8	46,7	34,8	90,6	2,4	7,6	21,7	1,2	1 686
		Ensemble	3,8	29,9	23,3	72,3	1,3	4,2	12,5	0,7	4 723
	Périurbain	Non actif	3,2	25,9	22,0	64,7	0,8	2,6	9,5	0,5	2 024
		Actif	4,8	58,3	44,2	100,6	3,0	9,6	29,6	1,7	1 275
		Ensemble	3,9	39,8	31,5	80,1	1,8	5,6	18,2	1,0	3 299
	Autre	Non actif	3,2	26,6	16,8	58,9	0,9	2,9	12,6	0,3	630
		Actif	3,9	41,2	31,3	69,0	2,1	6,5	23,9	1,3	258
		Ensemble	3,4	31,6	21,8	62,4	1,3	4,2	16,5	0,6	888
Ensemble	Non actif	3,3	19,4	15,6	62,2	0,6	2,0	7,0	0,4	9 163	

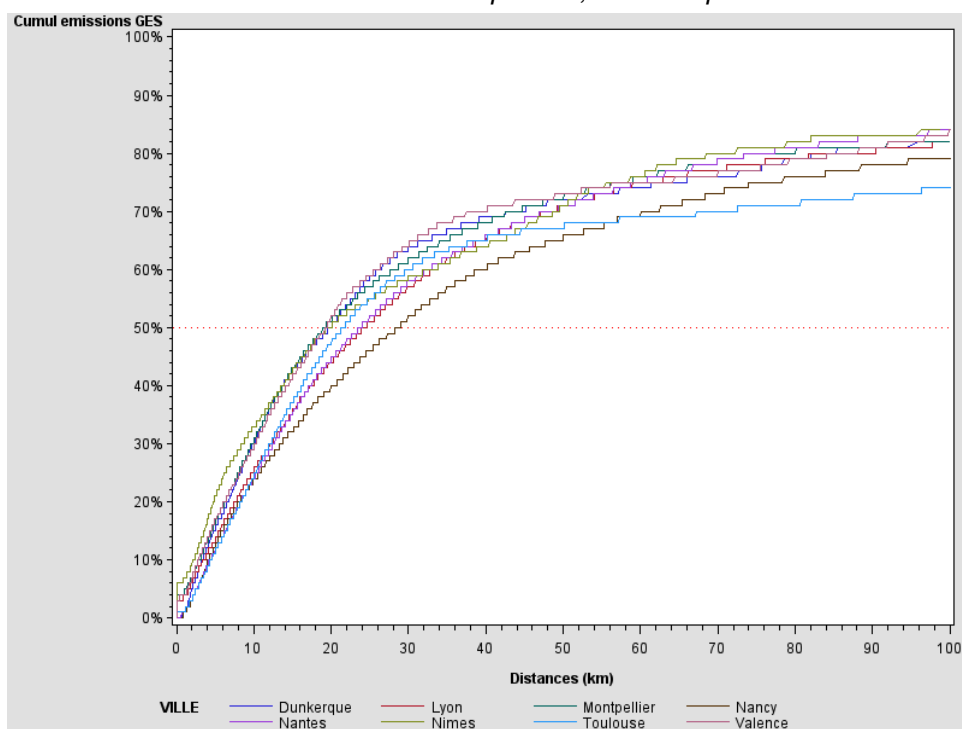
Ville principale Enquête	Zonage (In- see)	Statut d'ac- tivité	mobilité	Distance (km)	Distances Int. (km)	Temps (mi- nutes)	Conso. Energie (Kep)	CO2eq (kg)	Emission Nox (g)	Emission PM (g)	Effectif
Nancy	Ville Centre	Non actif	3,4	15,9	10,1	59,8	0,5	1,5	4,7	0,3	1 380
		Actif	4,4	46,5	26,4	90,2	1,9	6,0	18,5	1,3	847
		Ensemble	3,8	27,8	16,4	71,6	1,0	3,2	10,0	0,7	2 227
	Banlieue	Non actif	3,0	18,3	13,5	53,5	0,6	1,9	5,9	0,4	3 781
		Actif	4,2	49,7	32,2	87,0	2,3	7,3	22,2	1,6	2 304
		Ensemble	3,5	30,6	20,8	66,7	1,3	4,0	12,3	0,9	6 085
	Périurbain	Non actif	3,1	30,2	23,1	59,8	0,9	2,8	9,6	0,6	3 388
		Actif	4,3	60,8	45,5	90,8	2,9	9,2	29,9	2,9	2 714
		Ensemble	3,6	44,2	33,3	74,0	1,8	5,7	18,9	1,7	6 102
	Autre	Non actif	2,8	28,5	22,5	54,1	0,7	2,2	8,5	0,8	389
		Actif	4,2	55,1	39,4	76,3	2,4	7,5	26,0	3,0	266
		Ensemble	3,3	38,9	29,1	62,8	1,4	4,3	15,3	1,7	655
	Ensemble	Non actif	3,1	21,9	16,1	56,7	0,7	2,1	6,9	0,5	8 938
		Actif	4,2	53,5	36,4	88,7	2,5	7,8	24,5	2,1	6 131
		Ensemble	3,6	35,0	24,5	70,0	1,4	4,4	14,2	1,1	15 069
Nantes	Ville Centre	Non actif	3,9	15,7	13,7	66,0	0,4	1,2	3,4	0,2	2 203
		Actif	4,8	46,5	31,2	94,7	1,8	5,8	17,0	0,9	1 670
		Ensemble	4,2	27,9	20,7	77,4	1,0	3,0	8,8	0,5	3 873
	Banlieue	Non actif	3,5	22,7	18,9	58,5	0,7	2,3	6,5	0,3	5 072
		Actif	4,8	52,6	40,7	87,7	2,4	7,7	21,5	1,1	3 524
		Ensemble	4,1	35,0	27,9	70,5	1,4	4,5	12,7	0,6	8 596
	Périurbain	Non actif	3,2	26,9	24,0	55,1	0,8	2,5	7,9	0,4	6 865
		Actif	4,6	61,0	51,4	84,1	3,0	9,6	28,1	1,5	5 319
		Ensemble	3,9	43,7	37,5	69,4	1,9	6,0	17,9	1,0	12 184
	Autre	Non actif	3,2	29,1	22,7	54,8	0,9	2,9	8,9	0,5	2 461
		Actif	4,4	55,0	45,8	76,2	2,8	8,8	25,9	1,5	1 634
		Ensemble	3,8	40,5	32,9	64,3	1,7	5,5	16,5	1,0	4 095
	Ensemble	Non actif	3,5	23,0	19,6	58,8	0,7	2,2	6,4	0,3	16 601
		Actif	4,7	54,6	43,2	86,6	2,6	8,1	23,4	1,3	12 147
		Ensemble	4,0	36,8	29,9	71,0	1,5	4,8	13,9	0,7	28 748

Ville principale Enquête	Zonage (Insee)	Statut d'activité	mobilité	Distance (km)	Distances Int. (km)	Temps (minutes)	Conso. Energie (Kep)	CO2eq (kg)	Emission Nox (g)	Emission PM (g)	Effectif
Nîmes	Ville Centre	Non actif	3,1	12,5	8,8	55,1	0,4	1,4	4,3	0,2	2 361
		Actif	3,9	38,9	20,7	87,0	1,9	6,2	17,8	0,8	1 133
		Ensemble	3,4	21,4	12,8	65,8	0,9	3,0	8,8	0,4	3 494
	Banlieue	Non actif	3,0	27,3	14,1	58,7	0,7	2,2	7,0	0,3	281
		Actif	4,4	44,0	28,8	90,9	2,2	7,0	19,8	0,9	186
		Ensemble	3,6	34,3	20,2	72,1	1,3	4,2	12,3	0,6	467
	Périurbain	Non actif	3,2	24,3	18,0	54,5	0,8	2,6	8,4	0,5	862
		Actif	4,3	56,1	32,4	88,5	3,3	10,4	32,7	1,7	550
		Ensemble	3,6	37,9	24,1	69,1	1,9	5,9	18,8	1,0	1 412
	Ensemble	Non actif	3,1	18,1	12,4	55,3	0,6	1,9	5,9	0,3	3 504
		Actif	4,1	46,6	26,5	88,1	2,5	8,0	24,1	1,2	1 869
		Ensemble	3,5	28,9	17,8	67,7	1,3	4,2	12,8	0,6	5 373
Royan	Ville Centre	Non actif	3,7	19,6	9,7	66,9	0,7	2,2	6,7	0,3	358
		Actif	5,4	28,2	17,9	70,1	1,3	4,2	11,3	0,6	128
		Ensemble	4,3	22,4	12,4	68,0	0,9	2,8	8,2	0,4	486
	Banlieue	Non actif	3,5	20,8	14,3	65,2	0,7	2,3	7,0	0,5	317
		Actif	5,4	61,4	27,8	87,7	2,7	8,4	24,9	1,2	116
		Ensemble	4,1	33,7	18,6	72,3	1,3	4,2	12,7	0,7	433
	Périurbain	Non actif	3,4	26,8	15,4	57,1	0,9	2,8	9,0	0,5	407
		Actif	6,0	55,1	33,6	89,7	3,0	9,4	28,3	1,4	222
		Ensemble	4,4	37,8	22,5	69,8	1,7	5,4	16,6	0,9	629
	Autre	Non actif	3,4	28,3	17,6	61,3	1,0	3,0	11,6	0,5	254
		Actif	5,4	52,4	28,5	93,7	2,7	8,6	29,3	1,9	141
		Ensemble	4,1	37,3	21,7	73,4	1,6	5,1	18,2	1,0	395
	Ensemble	Non actif	3,5	23,9	14,2	62,2	0,8	2,6	8,5	0,5	1 336
		Actif	5,6	50,1	28,0	86,0	2,5	7,9	24,2	1,3	607
		Ensemble	4,3	33,3	19,1	70,7	1,4	4,5	14,1	0,8	1 943

Ville principale Enquête	Zonage (Insee)	Statut d'activité	mobilité	Distance (km)	Distances Int. (km)	Temps (minutes)	Conso. Energie (Kep)	CO2eq (kg)	Emission Nox (g)	Emission PM (g)	Effectif
Toulouse	Ville Centre	Non actif	3,0	15,1	11,6	58,0	0,6	1,3	4,4	0,2	4 021
		Actif	4,3	45,6	26,1	91,5	2,2	6,4	19,3	1,2	2 397
		Ensemble	3,5	26,8	17,1	70,8	1,2	3,2	10,1	0,6	6 418
	Banlieue	Non actif	2,9	19,8	17,0	53,3	0,7	1,9	6,6	0,4	3 218
		Actif	4,6	55,7	38,1	91,0	3,0	9,4	27,9	1,5	2 270
		Ensemble	3,6	35,3	26,1	69,5	1,7	5,1	15,8	0,8	5 488
	Périurbain	Non actif	3,0	27,8	25,0	56,6	0,9	2,5	9,1	0,6	986
		Actif	4,7	70,7	53,6	102,1	3,7	11,5	37,8	2,0	788
		Ensemble	3,8	46,7	37,6	76,6	2,1	6,5	21,8	1,2	1 774
	Ensemble	Non actif	3,0	18,9	15,8	55,8	0,7	1,7	6,0	0,3	8 225
		Actif	4,5	54,2	36,0	93,1	2,8	8,6	26,2	1,4	5 455
		Ensemble	3,6	33,5	24,1	71,2	1,5	4,5	14,3	0,8	13 680
Valence	Ville Centre	Non actif	3,1	16,3	9,9	53,7	0,4	1,4	4,6	0,2	586
		Actif	4,4	37,1	23,6	78,2	1,6	5,0	15,6	0,9	325
		Ensemble	3,6	24,0	15,0	62,8	0,9	2,7	8,7	0,5	911
	Banlieue	Non actif	3,0	17,9	13,3	52,7	0,6	2,0	6,4	0,4	2 007
		Actif	4,6	47,4	31,1	82,6	2,3	7,4	22,8	1,3	1 218
		Ensemble	3,7	29,8	20,5	64,8	1,3	4,2	13,0	0,7	3 225
	Périurbain	Non actif	3,3	28,9	22,7	64,0	0,8	2,6	9,0	0,5	1 683
		Actif	4,9	57,2	41,0	86,8	3,0	9,5	28,8	1,7	1 217
		Ensemble	4,0	41,6	30,9	74,2	1,8	5,7	17,8	1,0	2 900
	Autre	Non actif	2,9	21,8	17,6	57,9	0,7	2,3	6,8	0,4	602
		Actif	4,7	50,2	35,3	80,7	2,5	7,9	24,2	1,5	386
		Ensemble	3,7	34,6	25,6	68,2	1,5	4,8	14,6	0,9	988
Ensemble	Non actif	3,1	21,1	15,7	56,6	0,7	2,1	6,8	0,4	4 878	
	Actif	4,7	49,2	33,5	83,1	2,4	7,7	23,7	1,3	3 146	
	Ensemble	3,8	32,8	23,1	67,6	1,4	4,4	13,8	0,8	8 024	

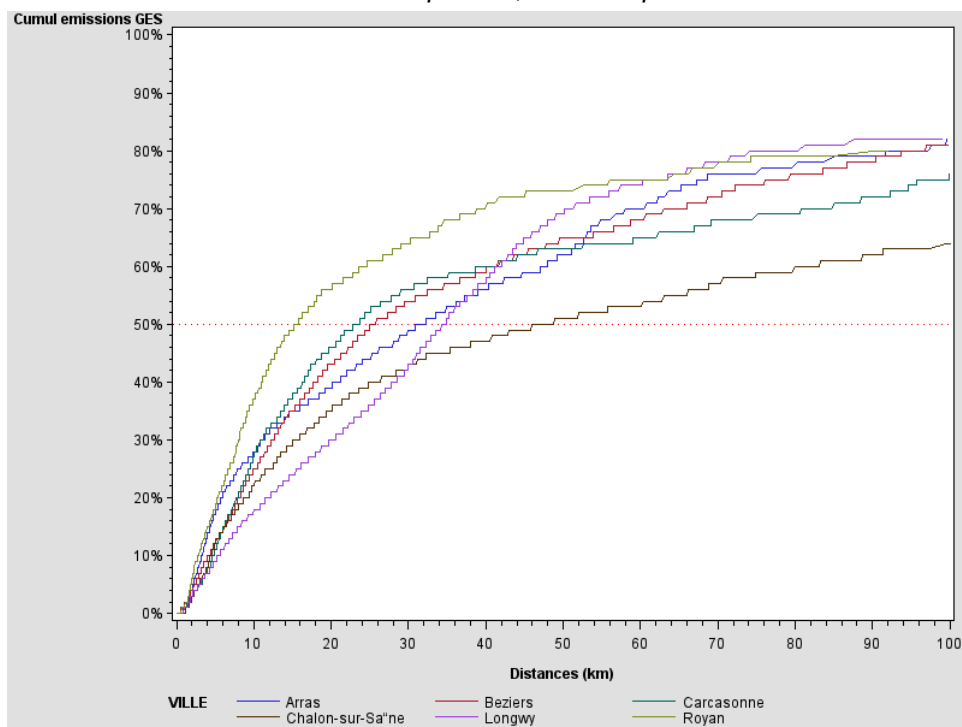
Analyse des flux enquêtés dans le DEEM

Figure 29 Distribution cumulée des émissions de GES des déplacements réalisés par les résidents des EMD et EDGT en fonction des portées, classées par ordre croissant.



Source : Traitement Cerema base de données DEEM 2016. Champs: Mobilité globale un jour moyen de semaine. Lecture: 50% des émissions de GES émis par les résidents enquêtés dans l'EDGT de Nîmes sont réalisées par des déplacements avec une portée inférieure à 20 km.

Figure 30 Distribution cumulée des émissions de GES des déplacements réalisés par les résidents des EDVM en fonction des portées, classées par ordre croissant.



Source : Traitement Cerema base de données DEEM 2016. Champs: Mobilité globale un jour moyen de semaine. Lecture: 50% des émissions de GES émis par les résidents enquêtés dans l'EDVM de Chalons-sur-Saône sont réalisées par des déplacements avec une portée inférieure à 50 km.

7.5 Annexe 5 Tableaux sur le coût résidentiel sur Toulouse

Tableau 28 Dépenses mensuelles moyennes pour le logement et le transport calculées de façon totales en millions d'euros et par ménage, EMD Toulouse 2013

	Logement	Transport total	Logement	Transport quotidien	Transport et logement (Toulouse)	Coût résidentiel
Dépenses mensuelles totales (millions d'€)	341,1	177,0	341,1	104,2	518,1	445,3
Dépenses mensuelles par ménages (€)	680	353	680	208	1033	888

Source : Cori 2016

Tableau 29 Longueur de trajet moyenne, coût moyen du trajet, et coût kilométrique moyen selon le mode de transport emprunté, EMD Toulouse 2013

	Longueur de trajet moyenne	Coût moyen d'un trajet	Coût kilométrique moyen
Vélôtoulouse	2,26 km	0,1 €	3 c€/km
Vélo	3,48 km	0,2 €	4 c€/km
Autocar départemental	30,9 km	2,2 €	7 c€/km
Transport en commun	5,1 km	0,57 €	11 c€/km
Autocar régional	44,8 km	5,4 €	12 c€/km
Avion	777 km	93,3 €	12 c€/km
Deux-roues	10,3 km	1,4 €	14 c€/km
Train	44,7 km	6,1 €	14 c€/km
Voiture (conducteur)	9,60 km	2,7 €	28 c€/km
Camion	12,1 km	3,8 €	31 c€/km
Taxi	4,25 km	8,9 €	209 c€/km

Source: Cori 2016

7.6 Annexe 6 Certificats de qualité de l'air et émissions unitaires

Figure 31 Définitions de catégories du certificat sur la qualité de l'air et composition du parc moyen national en 2016

 VOITURES PARTICULIERES		
		
<p>Tous les véhicules « zéro émission moteur » : 100 % électrique et hydrogène</p>	<p>Essence et autres EURO 5 et 6 A partir du 1^{er} janvier 2011</p>	<p>Essence et autres EURO 4 Entre le 1^{er} janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus</p> <p>-----</p> <p>Diesel EURO 5 et 6 A partir du 1^{er} janvier 2011</p>
6 % des voitures particulières		23 % des voitures particulières
		
<p>Essence et autres EURO 2 et 3 Entre le 1^{er} janvier 1997 et le 31 décembre 2005 inclus</p> <p>-----</p> <p>Diesel EURO 4 Entre le 1^{er} janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus</p>	<p>Diesel EURO 3 Entre le 1^{er} janvier 2001 et le 31 décembre 2005 inclus</p>	<p>Diesel EURO 2 Entre le 1^{er} janvier 1997 et le 31 décembre 2000 inclus</p>
43 % des voitures particulières	14 % des voitures particulières	6 % des voitures particulières
Non classés : 9 % des véhicules particuliers		

Source site internet MEEM

Tableau 30 Consommations et émissions unitaires moyennes des véhicules particuliers selon leurs normes Euro sur l'EMD de Toulouse

Normes Euros	Consommation (g/km)	Emission CO (g/km)	Emission CO2eq (g/km)	Emission COV (g/km)	Emission Nox (g/km)	Emission PM (g/km)
Pre Euro essence	72	13,4	204	2,65	1,80	0,002
Euro 1 essence	71	7,7	217	1,95	1,13	0,003
Euro 2 essence	71	2,9	225	0,73	0,62	0,003
Euro 3 essence	72	1,1	229	0,14	0,19	0,002
Euro 4 essence	73	0,3	234	0,02	0,07	0,001
Euro 5 essence	69	0,3	220	0,02	0,05	0,001
Pre Euro diesel	73	0,7	226	0,27	0,67	0,305
Euro 1 diesel	62	0,5	196	0,12	0,75	0,130
Euro 2 diesel	65	0,4	204	0,07	0,83	0,074
Euro 3 diesel	62	0,2	196	0,04	0,85	0,050
Euro 4 diesel	62	0,1	196	0,02	0,66	0,044
Euro 5 diesel	62	0,1	197	0,02	0,48	0,002
ensemble	65	0,7	206	0,14	0,59	0,035

Source: Base DEEM Cerema. Champs: EMD Toulouse, Mobilité globale un jour moyen de semaine. Lecture: en moyenne un véhicule diesel de Norme Euro3 possédé par un ménage Toulousain émet 196 g e CO2 éq pour faire un km.

7.7 Listes des figures

Figure 1 Couverture territoriale des enquêtes ménages déplacements standard "Certu"	11
Figure 2 Définition des parties intérieure et extérieure des trajets	27
Figure 3 Liste des tableaux de l'exploitation standard DEEM(fevrier 2016)	29
Figure 4 Emissions de gaz à effet de serre des actifs selon le lieu de résidence classés par ordre croissant d'émissions sur l'ensemble du périmètre d'enquête	35
Figure 5 Emissions de gaz à effet de serre des non actifs selon le lieu de résidence classés par ordre croissant d'émissions sur l'ensemble du périmètre d'enquête	36
Figure 6 Répartition des émissions de GES selon l'Origine Destination des déplacements par enquêtes classées selon l'ordre croissant de la proportion des flux centre-centre	37
Figure 7 Poids des déplacements VP dans les données DEEM sur 13 territoires ordonnés par part modale de la VP croissante	38
Figure 9 Coût résidentiel selon plusieurs types de ménages, EMD Toulouse 2013 (euros/ménage/mois)	41
Figure 10 Exemple d'émissions unitaires moyennes (en g/km) selon les normes des véhicules possédés par les ménages de l'EMD de Toulouse	44
Figure 11 Distributions des émissions unitaires de PM et NOX (g/km) selon les normes Euro des véhicules particuliers à Toulouse	45
Figure 12 Illustration découpage fin de l'EMD Grenoble (2010)	52
Figure 13 Illustration BD TOPO sur l'agglomération de Grenoble	53
Figure 14 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes Pre euro diesel EMD Toulouse 2013	62
Figure 15 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro 1 diesel EMD Toulouse 2013	63
Figure 16 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro2 diesel EMD Toulouse 2013	64
Figure 17 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro3 diesel EMD Toulouse 2013	65
Figure 18 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro 4 diesel EMD Toulouse 2013	66
Figure 19 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro5 diesel EMD Toulouse 2013	67
Figure 20 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes Pre euro essence EMD Toulouse 2013	68
Figure 21 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro1 essence EMD Toulouse 2013	69
Figure 22 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro2 essence EMD Toulouse 2013	70
Figure 23 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro3 essence EMD Toulouse 2013	71
Figure 24 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro4 essence EMD Toulouse 2013	72
Figure 25 Emissions et consommations unitaires des trajets des véhicules de normes euro5 essence EMD Toulouse 2013	73
Figure 26 Emissions de CO2 équivalent selon les densités de population des territoires enquêtés.	76
Figure 27 Distribution des indicateurs principaux du DEEM sur 13 enquêtes ramenés au niveau individuel à travers des graphiques "Box Plot"	77
Figure 28 Exemple de distribution des émissions de GES au sein de l'EDGT de LYON	79
Figure 29 Distribution cumulée des émissions de GES des déplacements réalisés par les résidents des EMD et EDGT en fonction des portées, classées par ordre croissant.	87
Figure 30 Distribution cumulée des émissions de GES des déplacements réalisés par les résidents des EDVM en fonction des portées, classées par ordre croissant.	87

7.8 Liste des tableaux

Tableau 1 Les normes euro pour les véhicules particuliers.....	14
Tableau 2 Part des surémissions à froid dans les mobilités quotidiennes, exemple EMD Toulouse 2013.....	16
Tableau 3 Part des émissions de COV liées aux évaporations dans les mobilités quotidiennes	17
Tableau 4 Part des émissions de particules liées aux frottements dans les mobilités quotidiennes, exemple EMD Toulouse 2013	18
Tableau 5 Exemple de données de consommations énergétiques liées aux transports collectifs utilisées dans le calcul du DEEM.....	19
Tableau 6 Emissions et consommations unitaires moyennes des déplacements aériens aux départs des aéroports français (g/passager-km). Calcul sur l'ensemble du trajet: LTO+ croisière.....	21
Tableau 7 Emissions et consommations par passager pour le cycle LTO par aéroport	21
Tableau 8 Emissions unitaires moyennes en g/pass.km pour les trajets aériens retenus pour le DEEM résidents (périmètre: LTO+Croisière)	22
Tableau 9 Emissions et consommation moyennes par passager liées au décollage et atterrissage (cycle "LTO") pour les aéroports français en 2012	22
Tableau 10 Fréquentation et distances moyennes par aéroport en 2012	22
Tableau 11 Tests de sensibilité du DEEM sur les principaux indicateurs de sortie (Toulouse 2013).....	25
Tableau 12 Extrait du tableau de synthèse des résultats globaux du DEEM résident sur la mobilité totale (interne et externe)	30
Tableau 13 Résultats DEEM par individus de plus de 11 ans sur 13 enquêtes sur la période 2013-2015 classées par ordre croissant du niveau d'émission moyen de GES..	31
Tableau 14 Caractéristiques des niveaux d'émissions estimés à partir de 13 enquêtes classées par niveaux croissants des distances moyennes par déplacement	33
Tableau 15 Comparaisons relatives des émissions et consommations unitaires des modes motorisés à Lyon.	39
Tableau 16 Liste des postes de dépenses pour le logement et pour le transport retenus dans le calcul du coût résidentiel.....	40
Tableau 17 Caractéristiques des parcs automobiles possédés par les ménages.....	42
Tableau 18 Distribution des distances parcourues selon la classe des véhicules possédés par les ménages dans quelques agglomérations	43
Tableau 19 Poids des émissions de polluants émises par les véhicules particuliers selon les classes de certificat de l'air sur le périmètre de l'EDGT de Lyon (2015).....	46
Tableau 21 Synthèse des hypothèses de calcul des distances a posteriori dans les EMD pour chaque mode	57
Tableau 22 Répartition des voyageurs km et émissions CO2 selon les modes TCU	74
Tableau 23 Consommation en gep par voy-km des différents modes TCU	75
Tableau 24 Emissions moyennes de polluants liés à la consommation de diesel pour les poids lourds appliquées à la consommation moyenne des bus en France	75
Tableau 25 Emissions unitaires moyennes pour les déplacements en TCU hors périmètre d'enquête, méthode DEEM	75
Tableau 26 Caractéristiques des enquêtes ménages enrichies des données DEEM depuis 2013.....	76
Tableau 27 Résultats DEEM selon Zonage Insee et activité.....	79
Tableau 28 Dépenses mensuelles moyennes pour le logement et le transport calculées de façon totales en millions d'euros et par ménage, EMD Toulouse 2013.....	88
Tableau 29 Longueur de trajet moyenne, coût moyen du trajet, et coût kilométrique moyen selon le mode de transport emprunté, EMD Toulouse 2013	88
Tableau 30 Consommations et émissions unitaires moyennes des véhicules particuliers selon leurs normes Euro sur l'EMD de Toulouse.....	90