



HAL
open science

Le Diagnostic Environnemental de la Mobilité 2006 Consommation énergétique, émissions de gaz à effet de serre et de polluants locaux de l'air : quel est l'impact des transports et des déplacements ?

A. Dupont, Laurent Hivert, N. Merle, B. Quetelard

► **To cite this version:**

A. Dupont, Laurent Hivert, N. Merle, B. Quetelard. Le Diagnostic Environnemental de la Mobilité 2006 Consommation énergétique, émissions de gaz à effet de serre et de polluants locaux de l'air : quel est l'impact des transports et des déplacements ?. 2009, 149p. hal-00544425

HAL Id: hal-00544425

<https://hal.science/hal-00544425>

Submitted on 8 Dec 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LILLE METROPOLE
Communauté Urbaine



A D E M E



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie
Délégation Nord-Pas de Calais

Le Diagnostic Environnemental de la Mobilité 2006

Consommation énergétique, émissions de gaz à effet de serre et de polluants locaux de l'air : quel est l'impact des transports et des déplacements ?



Département Villes et Territoires

Département Économie
et Sociologie des Transports

Novembre 2009

Sommaire

Fiche bibliographique.....	4
Introduction	5
1 Contexte et problématique d'un DEM	8
1.1 Le périmètre d'étude.....	8
1.2 L'enquête ménages déplacements de 2006	10
1.2.1 Méthode	10
1.2.2 Principaux résultats de mobilité	11
1.2.3 Le parc de véhicules	13
1.3 Les polluants atmosphériques du transport routier.....	21
1.3.1 Liens entre la composition de l'atmosphère et l'effet de serre.....	21
1.3.2 Les émissions du secteur « transports »	25
1.4 Description de l'outil DEED.....	28
1.4.1 Diagnostics Énergie Environnement des Déplacements (DEED) : description méthodologique.....	30
1.4.2 Du DEED classique au bilan élargi.....	37
2 Bilan environnemental global des transports.....	39
2.1 Trafics pris en compte.....	39
2.2 Les données de trafic	41
2.2.1 Déplacements de voyageurs	41
2.2.2 Transport de marchandises.....	43
2.2.3 Transport aérien.....	45
2.3 Les facteurs d'émission	46
2.3.1 Déplacements de voyageurs	46
2.3.2 Transport de marchandises.....	48
2.4 Résultats globaux.....	53
2.5 Poids des différents postes.....	54
2.5.1 Déplacements de personnes	55
2.5.2 Transport de marchandises.....	56
2.6 Le transport aérien.....	57
3 Les déplacements des résidents (DEED interne).....	59
3.1 Bilan global.....	59
3.1.1 Bilan global	59

3.1.2	Bilan par déplacement.....	62
3.1.3	Bilan par kilomètre.....	63
3.1.4	Bilan global de la voiture particulière.....	65
3.2	Les caractéristiques du déplacement.....	69
3.2.1	Le mode de transport.....	69
3.2.2	Poids des différents modes.....	70
3.2.3	Poids des motifs.....	71
3.2.4	Poids des tranches horaires.....	72
3.2.5	Distances et vitesses.....	74
3.3	Déterminants socio-économiques.....	76
3.3.1	Structure des ménages.....	78
3.3.2	Position dans le cycle de vie.....	80
3.3.3	Catégorie sociale des actifs.....	83
3.3.4	Niveau d'instruction.....	86
3.3.5	Niveau de revenus.....	88
3.4	Le rôle des structures urbaines.....	90
3.4.1	Type de liaison, portée des déplacements et poids des types de liaisons.....	91
3.4.2	Distance domicile-travail.....	93
3.4.3	Densité de la zone de résidence.....	94
3.4.4	Les zones « moins » et les zones « plus ».....	98
3.4.5	Type de zone de résidence.....	99
4	Un DEED prospectif 2020 : prise en compte des objectifs du PDU.....	103
4.1	Rappel des objectifs pris en compte.....	103
4.1.1	Objectifs à long terme (2030-2050).....	103
4.1.2	Objectifs 2020 testés.....	104
4.2	Méthodologie.....	106
4.3	Résultats.....	107
4.3.1	Les polluants locaux.....	109
4.3.2	Les gaz à effet de serre.....	109
4.3.3	Les consommations énergétiques.....	109
4.4	Objectifs internationaux de réduction : où en est-on ?.....	110
4.4.1	Rappel des objectifs.....	110
4.4.2	Méthode de calcul.....	110
4.4.3	Résultats.....	111
Conclusion.....		113
Annexe 1 : Pollution atmosphérique d'origine automobile et santé.....		117

Annexe 2 : Gaz à effet de serre et réchauffement climatique.....	119
Annexe 3 : Différence attendue entre le DEM et le Bilan carbone : le poids de la partie des déplacements d'échange réalisés en dehors de la communauté urbaine de Lille...	126
Annexe 4 : découpage en secteurs utilisés pour l'ED 2006	127
Annexe 5 : statistiques et tableaux de résultats.....	128
Annexe 6 : cartes de la géographie des émissions et de leur évolution	135
Liste des acronymes.....	141
Références bibliographiques.....	143
Liste des figures	145
Liste des tableaux	147

Fiche bibliographique

1 Organismes auteurs INRETS / DEST (Département Économie et Sociologie des Transports) CETE Nord Picardie / Département Villes et Territoires / Groupe Déplacements	
2 Titre Diagnostic Environnemental de la Mobilité 1987 / 1998 / 2006 de la Communauté Urbaine de Lille	
3 Sous-titre Consommation énergétique, émissions de gaz à effets de serre et de polluants locaux de l'air : quel est l'impact des transports et des déplacements ?	4 Langue Français
5 Auteur(s) Ariane DUPONT / Laurent HIVERT (INRETS) Nicolas MERLE / Bernard QUETELARD (CETE Nord Picardie)	
6 Nom adresse financeur Lille Métropole Communauté Urbaine – 1, rue du Ballon BP 749 59034 LILLE CEDEX Co-financement ADEME et Région Nord-Pas-de-Calais	7 N° contrat F08-11
8 Date de publication Novembre 2009	
9 Résumé La communauté urbaine de Lille a confié à l'INRETS-DEST et au CETE Nord Picardie une étude portant sur l'impact environnemental au niveau local des transports en termes de consommation énergétique, d'émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants locaux de l'air. Cette recherche intègre et complète l'approche « Diagnostics-Énergie-Environnement-Déplacements » (réalisée notamment avec le logiciel DEED développé par l'INRETS pour l'ADEME), qui propose une estimation de ces impacts sur les seuls déplacements internes des résidents à partir des Enquêtes Ménages Déplacements. Le DEM élargit le calcul en prenant en compte tous les types de transport sur la communauté urbaine de Lille : interne, échange et transit - voyageurs et marchandises. Premier constat : entre 1998 et 2006, les émissions de GES du transport sont en hausse de 5%, accompagnant une légère hausse de la consommation d'énergie (+2%). Alors que les émissions des voyageurs stagnent (par effet d'une baisse de la mobilité automobile interne conjuguée à une hausse des déplacements d'échange et de transit), celles des marchandises augmentent fortement, de +21%. Côté marchandises, la route représente 98% des émissions pour 84% des flux. La mobilité automobile interne des habitants de la communauté urbaine représente 54% de l'ensemble des déplacements, mais 74% de leurs kilomètres parcourus et 93% des émissions (notamment parce qu'un km parcouru en voiture est quatre fois plus émetteur que le même km parcouru en transports collectifs). Par comparaison, les transports en commun qui assurent 9% des déplacements et 17% des distances parcourues ne contribuent qu'à 5% des émissions de GES. La localisation résidentielle influe beaucoup sur les consommations et les émissions des déplacements quotidiens, notamment par le biais de la densité résidentielle et de la mixité des fonctions : un résident des centres urbains, denses et équipés en services et commerces de proximité, peut émettre jusqu'à trois fois moins de GES pour se déplacer qu'un résident des zones péri-urbaines de l'agglomération. Concernant les émissions de polluants locaux, elles sont en forte baisse sur cette même période (1998-2006), grâce aux normes de limitation de la pollution automobile de plus en plus sévère : de -35% pour les oxydes d'azote à -62% pour le monoxyde de carbone et -56% pour les composés organiques volatils. Cette baisse s'est même accélérée par rapport à la décennie précédente pour les oxydes d'azote. Avec les filtres à particules, la baisse est aussi remarquable pour les particules (-36%) qui avaient pourtant été multipliées par 4 lors de la décennie précédente à cause de la très forte diésélisation du parc automobile. Et pour demain ? La contribution aux objectifs de réduction des émissions de GES fixés par la France (facteur 4) passe par la mise en place de mesures fortes visant à progresser vers une mobilité et une organisation spatiale moins dépendante de l'automobile.	
10 Mots clés Transports, déplacements, émissions de gaz à effet de serre, émissions de polluants locaux, communauté urbaine de Lille, enquêtes ménages déplacements	
11 Nombre de pages 150	12 Bibliographie Oui

Introduction

La réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) est devenue un des enjeux environnementaux majeurs de notre époque, notamment de par la gravité des conséquences attendues sur le climat. La France s'est engagée à participer à cette réduction, dès 1997 en signant le protocole de Kyoto qui prévoit pour notre pays une stabilisation des émissions en 2010 au niveau de celles de 1990, et plus vigoureusement début 2003 en visant pour 2050 une division par 4¹ des niveaux d'émission de GES par rapport à 1990. Cet objectif est ambitieux et toutes les voies de réduction possibles sont à explorer, aussi bien par les progrès technologiques (qui ne suffiront sans doute pas), par de nouvelles réglementations que par les modifications des comportements individuels (qui seront donc indispensables), [Pillot D. et al., 2004].

Comme l'indiquent les bilans réalisés par le CITEPA², le domaine des transports est indéniablement aujourd'hui l'un des plus préoccupants du point de vue des émissions de GES, compte tenu de sa forte contribution au bilan national (il y contribue pour plus d'un quart) et de son évolution dangereusement croissante (+21% depuis 1990), [CITEPA, 2007]. C'est donc l'un de ceux pour lesquels des solutions devraient être prioritairement trouvées.

Sans parler de la nécessité de suivre et de maîtriser les pollutions locales, si les questions de changement climatique se posent au niveau planétaire, il n'en reste pas moins vrai qu'une partie importante des consommations et émissions liées au transport concernent l'urbain : la mise en place de mesures visant à modérer les trafics et favoriser les reports modaux pour économiser l'énergie et réduire les émissions doit être envisagée au niveau local ou régional : le « penser globalement et agir localement » guide théorie et action dans l'écologie scientifique, tout comme dans le jeu de go.

Afin d'identifier les enjeux, leviers et marges de manœuvre que l'on peut dégager localement et d'envisager les possibles réductions de ces émissions de GES, et notamment de gaz carbonique, le diagnostic de la situation actuelle et de son évolution passée doit être établi. Dans ce cadre et pour répondre à ces enjeux, le Département d'Économie et de Sociologie des Transports (DEST) de l'INRETS a réalisé, au cours des années 1994-1998 à la demande de l'ADEME, une série d'études consacrées à l'analyse des consommations énergétiques et des émissions polluantes dues à la mobilité quotidienne des personnes au sein de leur agglomération de résidence.

Le concept utilisé, le « Budget Énergie Environnement des Déplacements » (BEED), devenu par la suite « Diagnostic Énergie Environnement des Déplacements » (DEED), consiste à évaluer, pour un individu ou un ménage, l'énergie consommée et les volumes de gaz ou de substances polluantes émis au cours de tous ses déplacements pendant une journée de semaine ordinaire.

La méthode DEED permet à l'échelle de la région urbaine de cadrer les consommations et émissions de polluants et de gaz à effet de serre dû aux transports mais également de rendre compte de différenciations entre catégories d'individus et de ménages³.

¹ En France l'objectif d'un facteur 4 est retenu dans la loi d'orientation sur l'énergie 2005.

² Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution atmosphérique. La plupart des bilans et études attribuent désormais au secteur des transports plus d'un quart à près d'un tiers des émissions à effet de serre.

³ Selon leurs caractéristiques socio-économiques (revenus, professions catégories sociales), démographiques (taille et structure des ménages) et géographiques (localisation des lieux de résidence dans les différentes zones de la région urbaines considérées), ainsi que selon la position dans le cycle de vie (sexe, âge et statut d'activité) pour les individus, telles que ces caractéristiques sont appréhendées dans les enquêtes déplacements.

Ainsi, cette approche « DEED » [Gallez, Hivert, 1998] se différencie des méthodes d'ingénierie et d'inventaire classiques par une analyse détaillée de la relation entre l'urbanisme, la mobilité quotidienne des résidents, ses déterminants et ses impacts énergétiques et environnementaux. Elle permet notamment de répondre à des questions du type : « Qui consomme et qui pollue ? » en rapportant la dépense énergétique et les émissions aux caractéristiques socio-économiques des individus et aux localisations résidentielles.

Les études menées sur quatre grandes régions urbaines françaises (Grenoble, Lille, l'Île-de-France et Bordeaux) dans le cadre de conventions d'aide à la recherche avec l'ADEME ont prouvé la faisabilité de la méthode d'estimation et d'analyse à partir de l'observation de la mobilité quotidienne par enquête ménages déplacements (EMD) (*cf.* guide méthodologique [CERTU, 1998 et 2008]), et permis d'identifier les facteurs qui expliquent la structure du bilan énergie-émissions.

L'outil a également été testé en simulation, afin d'évaluer les impacts d'un changement durable des comportements de mobilité individuels, comme le transfert de certains déplacements de la voiture particulière vers des modes plus respectueux de l'environnement.

Le modèle DEED a donc été utilisé sur l'arrondissement de Lille sur la base de l'enquête ménages déplacements de 1987 [Gallez, 1996] dans un premier temps en 1996, puis réactualisé en 2002 avec l'enquête de 1998 [Quételard, 2002], permettant notamment de juger des évolutions décennales [Noppe et al., 2003].

L'ADEME a depuis opérationnalisé l'outil en développant le logiciel DEED [ADEME et al., 2002] dont la vocation est d'effectuer automatiquement les calculs du DEED sur la base des fichiers d'enquêtes ménages déplacements et des équations de COPERT 3, modèle issu du programme de recherche européen MEET [INRETS et al., 1999] sur les émissions polluantes du transport routier.

La présente étude se base sur cet outil pour le calcul du DEED dit « interne »⁴ sur le périmètre de la communauté urbaine de Lille pour 3 années de référence : 1987, 1998 et 2006.

Elle propose aussi un « calcul élargi » permettant de déboucher sur un diagnostic environnemental de la mobilité global des consommations énergétiques et émissions polluantes des transports sur le périmètre de la communauté urbaine de Lille : ce bilan global intègre les déplacements d'échange et de transit des voyageurs ainsi que le transport de marchandises.

Compte tenu des données disponibles, l'inventaire complet n'est réalisé qu'aux années de référence 1998 et 2006.

⁴ car il correspond à la mobilité interne au périmètre communautaire des résidents de ce périmètre.

Le rapport se compose de quatre parties :

- la première présente le contexte et la méthodologie de notre nouvelle étude DEED sur le site lillois ; après avoir décrit le contexte local (la mobilité, la dernière enquête et le parc de véhicules des ménages), elle décrit successivement le panorama des émissions à prendre en compte dans le secteur des transports et la méthodologie des DEED dans le détail ;
- la seconde partie traite du diagnostic environnemental global de la mobilité de la Communauté ; après avoir décrit les trafics pris en compte et les facteurs d'émissions qui leur sont appliqués, elle quantifie les poids relatifs des différents trafics dans le bilan d'ensemble ;
- la troisième partie est consacrée au « DEED classique » : elle analyse les consommations et émissions de la mobilité quotidienne interne des résidents en fonction de ses principaux déterminants ;
- la quatrième partie enfin traite de la prospective à l'horizon 2020, apportant une quantification des effets des objectifs du PDU, en tenant également compte des évolutions technologiques envisageables, principalement sur le parc des automobiles des ménages.

1 Contexte et problématique d'un DEM

1.1 Le périmètre d'étude

Le diagnostic réalisé pour la présente étude porte sur le territoire de la communauté urbaine de Lille (LMCU), qui constitue le périmètre de transport urbain de l'agglomération lilloise.

Il comporte 85 communes pour une population totale de 1 107 861 habitants en 2006. Les principales villes le constituant sont :

- Lille : 226 014 habitants
- Roubaix : 97 952 habitants
- Tourcoing : 92 357 habitants
- Villeneuve d'Ascq : 61 151 habitants

Deux unités urbaines le composent : celle de Lille et celle d'Armentières, pôle secondaire du territoire de 24 836 habitants.

La carte suivante présente le découpage communal du territoire, la zone agglomérée (grisée), les deux lignes de métro (1 en jaune, 2 en rouge) et les deux lignes de tramway (en vert).



Figure 1 : carte de Lille Métropole Communauté Urbaine (LMCU)

Les études DEED précédentes portaient sur le périmètre de l'arrondissement territorial de Lille. Ce territoire compte 124 communes (39 de plus que LMCU) et 1 200 799 habitants en 2006 (8% de plus que dans LMCU).

La carte suivante illustre la géographie de l'arrondissement par rapport à celle de la communauté urbaine de Lille :



Figure 2 : périmètre de la communauté urbaine de Lille et de l'arrondissement de Lille

1.2 L'enquête ménages déplacements de 2006

1.2.1 Méthode

Comme celles de 1987 et de 1998, l'enquête a été réalisée selon la méthodologie nationale des « enquêtes ménages déplacements » définie par le CERTU (Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques) [CERTU, 1998 et 2008].

Toutefois, c'est la méthode dite « rénovée » qui a été utilisée dans l'édition de 2006 :

- les enquêtes ont été réalisées au domicile des personnes enquêtées, par des enquêteurs spécialement formés ;
- une ou deux personnes âgées d'au moins 5 ans, habitant dans le logement ont été interrogées (une seule personne interrogée si le ménage n'en comporte qu'une ou deux, deux personnes dès que la taille du ménage excède deux) ; ce point constitue la particularité de la méthode « rénovée »⁵ ;
- tous les déplacements, réalisés la veille du jour d'enquête par chaque personne enquêtée, ont été recensés.

Les caractéristiques de ces déplacements, avec leurs motifs, leurs modes⁶, leurs zones géographiques et leurs heures de départ et d'arrivée ont été relevées de manière précise et tous les modes de déplacement ont été pris en compte, y compris la marche à pied.

Cette photographie précise de la mobilité quotidienne dans la communauté urbaine est à comparer à celles fournies par les enquêtes précédentes.

8 990 habitants représentatifs de la population des 85 communes de Lille métropole ont été interrogés, à leur domicile, sur leurs déplacements entre janvier 2006 et juin 2006.

Les ménages retenus sont issus :

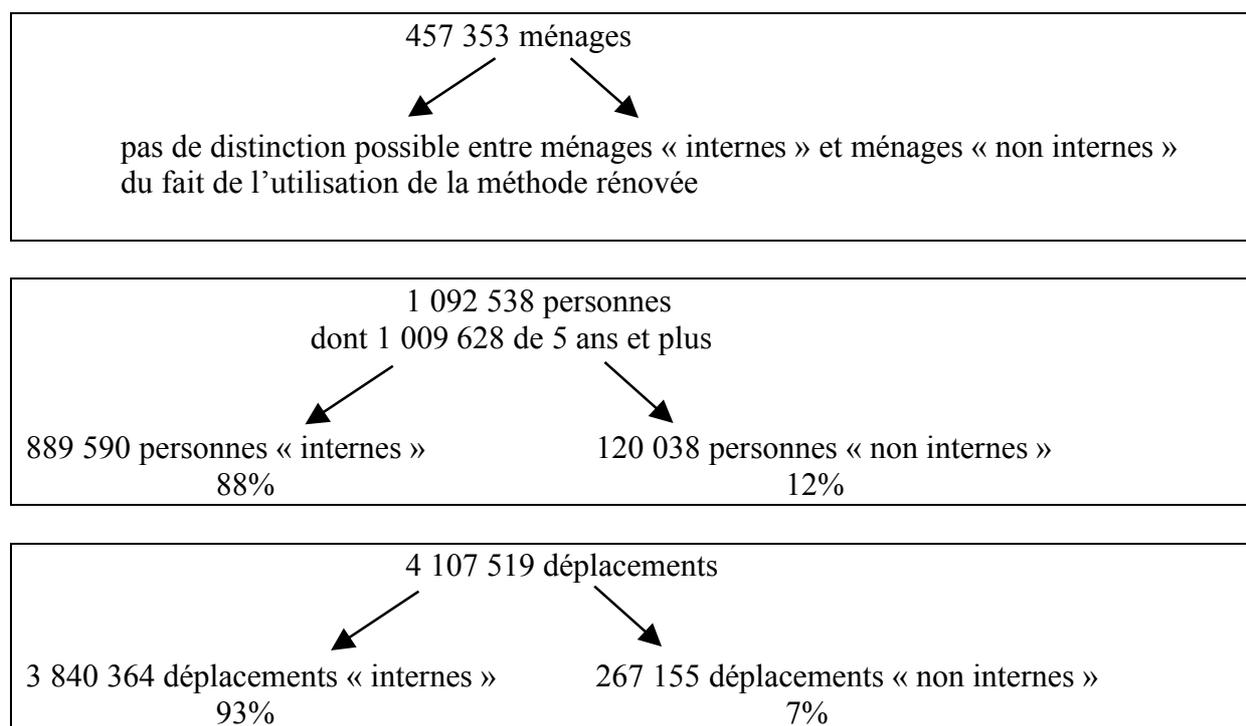
- d'un tirage aléatoire, sur 57 secteurs géographiques découpant la communauté urbaine, réalisé dans les listes de logements de la Direction Générale des Impôts ;
- d'un échantillon de 41 ménages d'étudiants habitant en résidence universitaire.

Au total, 36 244 déplacements ont été recensés (voir le schéma descriptif de l'échantillonnage ci-après).

⁵ Ce point de méthode a son importance ; en particulier, il convient de souligner que cette méthode rénovée ne permet pas de réaliser de sommations exhaustives (budgets distance, temps, énergie, émissions) sur l'ensemble des membres du ménage : les budgets estimés par les DEED le seront uniquement à la personne, et non pas au ménage.

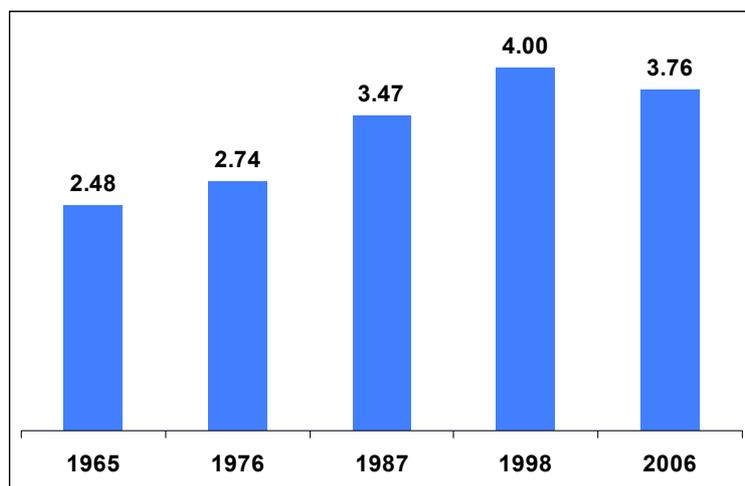
⁶ Ainsi que leurs caractéristiques techniques lorsqu'il s'agit de véhicules particuliers.

**Description de l'échantillon de l'enquête déplacements
réalisée dans la communauté urbaine de Lille en 2006**



1.2.2 Principaux résultats de mobilité

En 2006, un habitant de la Métropole réalise en moyenne 3,76 déplacements par jour (hors vacances, week-ends et jours fériés).



Ainsi, après une augmentation régulière de 1965 à 1998, le nombre moyen de déplacements par jour et par habitant de la Métropole (« la mobilité ») baisse en 2006.

La mobilité de 2006 reste néanmoins supérieure à celle qui était observée en 1987.

Figure 3 : évolution de la mobilité tous modes de 1965 à 2006

source : EMD successives de la métropole lilloise

Les évolutions par mode de cette mobilité quotidienne sont détaillées dans les deux figures suivantes.

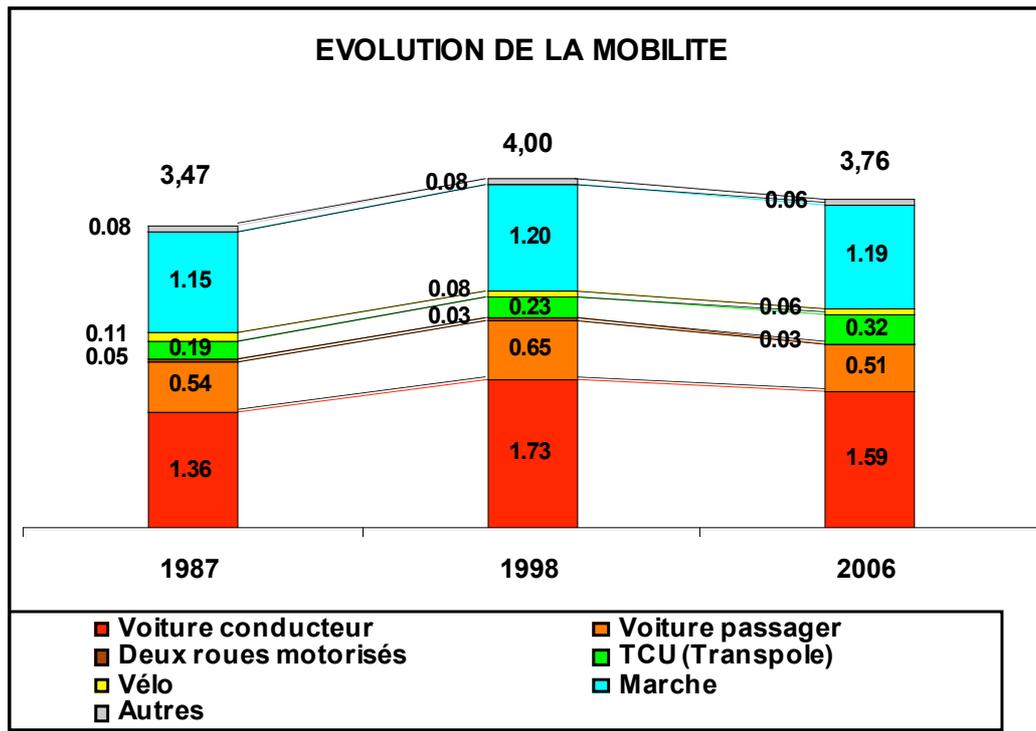


Figure 4 : évolution des mobilités entre les trois dernières enquêtes
source : EMD successives de la métropole lilloise

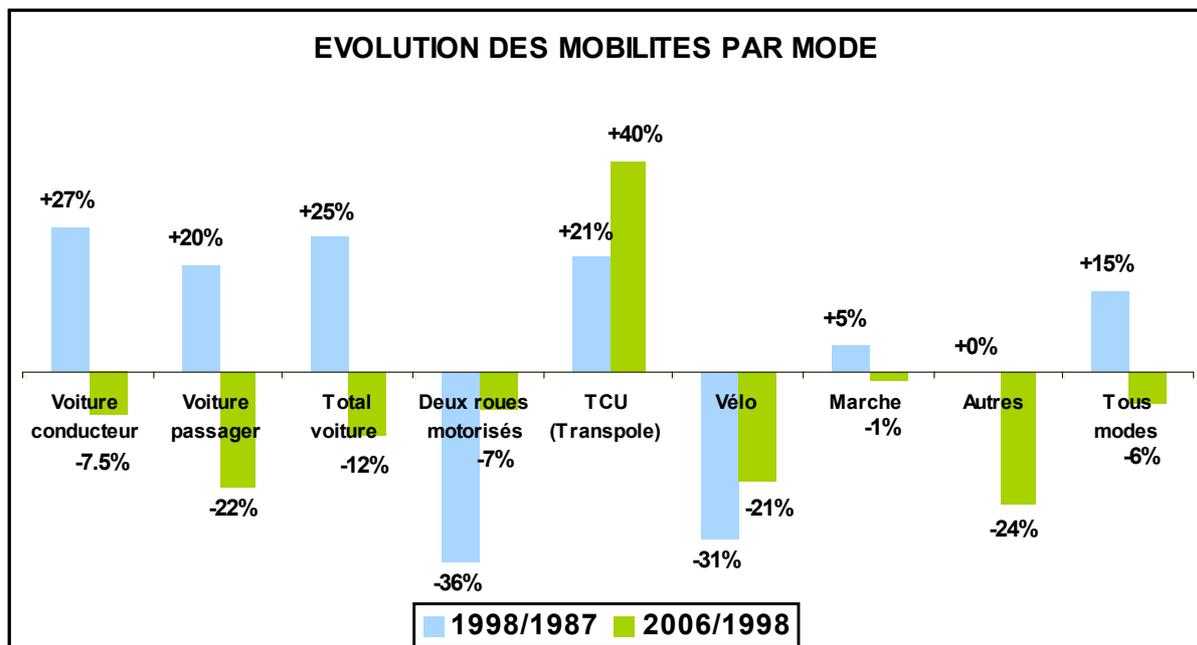


Figure 5 : évolution des parts modales entre les trois dernières enquêtes
source : EMD successives de la métropole lilloise

L'année 2006 marque, sur plusieurs points, une nette rupture des évolutions observées jusqu'ici aussi bien dans la métropole lilloise que dans les autres agglomérations françaises :

- baisse sensible de la mobilité en voiture (-12%) depuis 1998 alors que celle-ci avait augmenté de 25% sur la période précédente (1987 – 1998),
- forte baisse de l'usage de la voiture en tant que passager (-22%) nettement supérieure à la baisse de l'usage de la voiture en tant que conducteur (-7,5%) ce qui a pour conséquence une poursuite de la baisse du taux d'occupation des voitures,
- baisse de l'usage des deux-roues motorisés (-7%) sensiblement plus faible que celle observée précédemment (-36%),
- forte croissance de l'usage du réseau Transpole (+40%),
- poursuite de la baisse de l'usage du vélo (-21%),
- quasi stabilité de la marche (-1%).

... *Et en rapportant aux distances parcourues*

D'une enquête à l'autre entre 1998 et 2006, la longueur moyenne des déplacements (en distance à vol d'oiseau, comme en distance parcourue) augmente légèrement (+4%) avec une augmentation un peu plus élevée pour les déplacements réalisés en voiture comme conducteur (+7%), compensant la baisse notable du nombre de déplacements en voiture.

En conséquence comme l'indique notamment la plaquette de premiers résultats de l'enquête [LMCU, 2006], le trafic automobile interne à la Communauté urbaine et généré par ses habitants s'est stabilisé sur la période ; l'objectif du PDU qui visait la stabilisation du trafic automobile généré par les habitants de Lille Métropole a donc été atteint.

L'analyse des résultats de la mobilité et de ses impacts environnementaux en fonction de différents déterminants des déplacements, des individus et des ménages sera présentée dans la troisième partie du rapport.

1.2.3 Le parc de véhicules

Dans ce paragraphe, la présentation concerne essentiellement le parc automobile des ménages, tel qu'il est appréhendé au travers de l'enquête ménages déplacements. Après avoir brièvement rappelé ce qu'ont été, notamment depuis les trois dernières éditions de l'EMD de Lille, les évolutions des réglementations en matière de normes d'émissions polluantes et autres évolutions technologiques notables concernant le parc automobile national (cf. § 1.3, repères chronologiques), nous donnerons une idée synthétique de la structure du parc local, en la comparant à celle du parc France entière, connue à partir d'une source exogène.

Au sujet des évolutions technologiques, il est important de souligner que, la durée de vie du parc automobile s'allongeant (notamment à cause de sa diésélisation), il faut désormais envisager une durée de rotation de l'ordre de 25 ans (alors qu'on évoquait encore il y a peu des durées de vie plutôt de l'ordre de 15 ans), voire plus, pour renouveler entièrement le parc. L'effet des durcissements des normes sur les émissions et consommations de *l'ensemble du parc* est donc progressif : quelques années pour être significatif, 25 ans pour être total.

Évolution des normes d'émissions : CO, HC, NOx et particules...

Depuis 1971, l'Union Européenne réglemente les émissions des véhicules routiers par l'élaboration de normes « Euro » : pour un grand nombre de polluants, des directives successives fixent les limites maximales d'émissions de polluants autorisées à l'échappement, pour l'ensemble des véhicules routiers (véhicules légers et lourds), lors de l'homologation des

véhicules neufs en fonction de leur type de carburant. Schématiquement, ces seuils sont abaissés tous les quatre ou cinq ans comme l'indique le tableau – simplifié – ci-dessous, le durcissement des normes visant à améliorer la qualité de l'air.

Normes	Euro 1 1993	Euro 2 1996	Euro 3 2000	Euro 4 2005
Essence émissions maximum en g/km				
CO	2,72 (4,05)	2,20 (3,28)	2,30	1,00
HC	-	-	0,20	0,10
NOx	-	-	0,15	0,08
HC+NOx	0,97	0,50	-	-
Diesel émissions maximum en g/km				
CO	2,72	1,00	0,64	0,50
NOx	-	-	0,50	0,25
HC+NOx	0,97	0,90	0,56	0,30
Ps	0,14	0,10	0,05	0,025

Tableau 1 : évolution des normes « Euro »

*NB : Valeurs extrapolées entre parenthèses, pour tenir compte des mesures à froid à partir d'Euro 3
Source : Ademe*

Guide de lecture et exemples : Euro 3, applicable depuis 2000, fixe à 0,05 g/km la limite des rejets de particules pour les voitures particulières (Diesel) entre 0 et 80 000 km et à 0,06 g/km au-delà. Les conditions de mesure changent à partir de cette norme Euro 3, les mesures étant désormais faites moteur à froid et non plus à chaud. La norme Euro 4 automobile, entrant en vigueur au 1^{er} janvier 2005, abaisse ces seuils respectivement à 0,025 et 0,03 g/km. Tous les véhicules produits après 2005 émettent globalement deux fois moins de polluants que ceux soumis à Euro 3, la norme précédente.

... Et évolution des émissions de CO₂, depuis la fin des années 90

Le durcissement de ces normes successives a mis l'accent sur les émissions maximales de polluants nocifs. Réglementation et efforts des constructeurs ont permis de déboucher sur des réductions drastiques. Dans le même temps, les consommations de carburant diminuaient, mais sans doute pas avec la même ampleur, et le problème du rejet de CO₂ est apparu de plus en plus crucial (tout le carbone introduit au réservoir devant être réémis à l'échappement), cf. § 1.4.

En 1998, l'ACEA⁷ a donc conclu un accord volontaire avec la Commission Européenne, dans lequel les constructeurs implantés dans l'UE s'engageaient à réduire les émissions moyennes de CO₂ de leurs voitures neuves de 25% en 2008 par rapport au niveau de 1995 (140 g/km attendus en 2008 contre 186 g/km en 1995), puis à les abaisser de 35% supplémentaires pour atteindre 120 g/km vers 2012⁸.

⁷ Association des Constructeurs Européens d'Automobiles.

⁸ Finalement, ce seuil ne sera certainement pas atteint : en 2002, les moyennes européennes pour les ventes de voitures neuves s'élèvent à 164 g/km, et elles sont encore de 149 g/km en 2006. Le succès sur le marché des véhicules des voitures plus puissantes, plus lourdes et plus consommatrices (monospaces, break, mais aussi des 4*4) freine nettement la baisse escomptée. Ainsi, le rapport ACEA de fin 2007, qui fournit les statistiques les plus récentes dans l'UE27, indique qu'en 2007, 10% des ventes faisaient moins de 120 gCO₂/km mais que les « tous terrains » réalisaient dans le même temps 9,9% des ventes (contre 3,5% en 1998, et en hausse de 22% par rapport à 2006), de sorte que fin 2007, les émissions de CO₂ des voitures représentent 12% du total des émissions européennes. En 2008, la négociation (Etats membres, parlement et commission) d'une nouvelle

En outre, afin d'orienter les consommateurs vers des achats de véhicules moins polluants, l'étiquetage énergie/CO₂ des véhicules particulier neufs devient obligatoire dans tous les lieux de vente à partir de mai 2006 (en application d'une directive européenne de fin 1999 et prévue par le Plan climat, l'étiquette est analogue à celle des appareils électroménagers, avec des codes couleur pour différents seuils d'émissions⁹ de CO₂).



Figure 6 : l'étiquette énergie/CO₂
Source Ademe

La mesure sera en outre complétée en juillet de la même année (2006)¹⁰ par l'imposition d'une taxe additionnelle pour les véhicules neufs (et d'occasion postérieurs au 1^{er} juin 2004) les plus polluants, avec deux taux différents en fonction de leurs émissions unitaires de CO₂¹¹. On se reportera enfin au § 1.34 une description synthétique d'autres éléments d'évolution technologiques (sur les moteurs, carburants, pots catalytiques, etc.).

Évolution du prix des carburants

Le panorama du contexte européen et national ne serait pas complet si nous ne mentionnions pas aussi, ne serait-ce que brièvement, l'évolution du prix final des carburants à la pompe, qui semble influencer significativement les niveaux de mobilité. Pour des éléments plus détaillés sur l'adaptation des ménages aux épisodes de hausse du prix des carburants depuis 1999-2000 et jusque 2006-2007, on se reportera à [Hivert et al., 2005, 2007] et [Kemel, 2008].

réglementation européenne aboutira à un compromis en retrait significatif par rapport au 1^{er} accord, avec un objectif plus modeste de 130g d'ici 2015 (et une entrée progressive dans le dispositif en 2012, 2013 et 2014) et un objectif, plus hypothétique, de 95g pour 2020...

⁹ De vert foncé pour la classe A (les plus faibles émissions, soit moins de 100 g/km) à rouge pour la classe G (les plus fortes émissions, soit plus de 250 g/km).

¹⁰ En même temps que l'instauration de la taxe de solidarité sur les billets d'avion.

¹¹ 2 euros par gramme entre 200 et 250 gCO₂/km, 4 euros par gramme au delà.

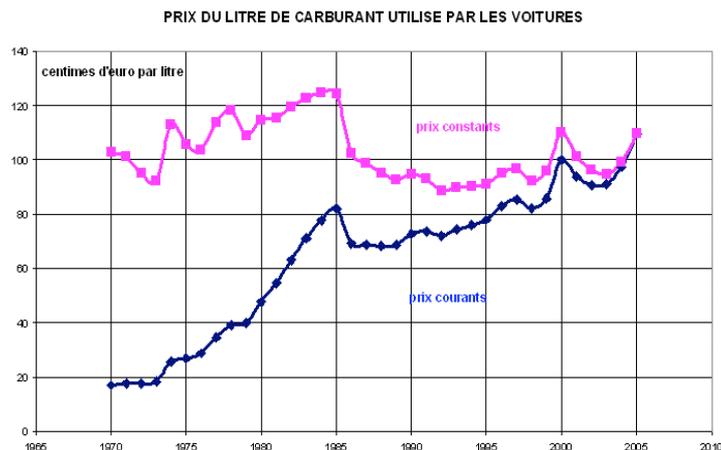


Figure 7 : évolution du prix des carburants
Source : [Beauvais, 2007, 2008]

Au niveau de l'évolution du coût d'usage des automobiles au cours de la période couverte par les trois dernières EMD, le graphique ci-dessus représente donc l'évolution depuis 1970 du prix du carburant, en monnaie constante et en tenant compte des consommations de gazole et d'essence afin de rendre compte de la diésélisation croissante du parc (c'est à dire qu'il s'agit d'un carburant composite, qui contient de plus en plus de gazole au cours du temps...) :

- entre 1987 et 1998, le carburant est resté relativement stable, oscillant faiblement entre les bornes de 90 et 100 centimes d'euros par litre ;
- une hausse rapide du prix du pétrole (1^{er} avertissement ?) entre 1999 et 2000 augmente très provisoirement (car il redescend vers 100 dès l'année suivante) le carburant vers des valeurs d'environ 110 centimes par litre ;
- entre 90 et 100, le carburant y reste à nouveau jusqu'en 2003 ;
- mais l'évolution du prix du baril débouche sur une période d'augmentation quasi continue sur plusieurs années¹² à partir de 2004, pour s'approcher du niveau des 120 centimes en 2006¹³.

Parc automobile Lillois : quelles spécificités par rapport au parc national ?

L'EMD recueille des renseignements sur les automobiles des ménages, permettant de reconstituer le volume et la structure du parc automobile local. En particulier pour chaque véhicule, les caractéristiques qui s'avèrent cruciales pour l'estimation des consommations et émissions (selon une version un peu simplifiée la nomenclature MEET, cf. description de l'outil et du logiciel DEED) sont recueillies dans l'édition de 2006, alors que certaines devaient être simulées dans les éditions précédentes :

- le type de carburant rend compte de la motorisation (diesel ou non) ;
- la puissance fiscale permet d'approcher la cylindrée (en trois tranches, avec les deux seuils de 1400 cm³ et 2000 cm³) ;
- l'année de mise en circulation permet de reconstituer des tranches d'âge.

¹² Configuration à laquelle on n'avait pas assisté depuis de nombreuses années

¹³ avant de connaître la nouvelle flambée du 1^{er} semestre 2008 qui ramène le carburant à sa valeur issue du second choc pétrolier, mais aujourd'hui dans un contexte où nous sommes devenus nettement plus dépendants de l'automobile.

Confrontant le parc issu de cette enquête à celui fourni par une autre source statistique nationale (le panel « ParcAuto » de TNS-Sofres décrit dans l'encadré ci-dessous), ce paragraphe nous permet de juger à la fois de la représentativité du parc EMD et des spécificités du parc local.

Présentation de la source « Parc Auto »

Extrait de : Observation en continu du comportement automobile des ménages et de la structure du parc (L. Hivert, 1999).

Depuis 1983, la base de donnée « Parc Auto », regroupant l'ensemble des vagues annuelles de l'enquête de TNS-Sofres, a été exploitée par l'INRETS et financée par l'ADEME, puis par la DSCR, le CCFA et la FFSA, et plus récemment par le SOeS puis l'INRETS. Succédant à la série interrompue des enquêtes INSEE de conjoncture auprès des ménages (1972-1994), « Parc Auto » s'avère être l'une des plus solides sources d'observation en continu du parc et des comportements automobiles des ménages.

Maintenue et mise au point en grande partie par l'INRETS, la Base se compose de vagues annuelles d'interrogation, au cours desquelles 10 000 ménages panélistes (taux de retour des questionnaires de l'ordre de 60 à 70% ; environ 3/4 présents d'une année sur l'autre pour les années les plus récentes), représentatifs de la France entière (grâce à cinq critères de redressement pondérant les ménages répondants afin de conserver la représentativité nationale) décrivent (trois voitures au maximum peuvent être décrites) le parc automobile dont ils disposent à la fois en termes d'équipement (volume et structure en termes de caractéristiques technologiques) et d'usage (kilométrages, consommation de carburant, conducteurs) au cours des douze mois écoulés. Des renseignements - comportement, opinions - sont également collectés auprès des utilisateurs principaux des véhicules.

Le parc décrit est celui des voitures à disposition des ménages. Il couvre l'ensemble des véhicules que l'on peut conduire avec un permis B et comporte donc, outre les voitures particulières, 4 à 5% d'utilitaires légers (soit plus du tiers des véhicules de cette catégorie). Ce dispositif permanent constitue une source importante d'observation de la structure du marché (neuf et occasion) et du parc français, ainsi que des comportements des ménages vis-à-vis de l'automobile, à la fois en coupe instantanée et en évolution dynamique. Ceux-ci sont décrits et analysés à l'aide d'indicateurs globaux (taux d'équipement et volume du parc, gamme et puissance, kilométrages et consommations, types d'usage et d'usagers) mais aussi grâce au suivi désagrégé des véhicules présents dans plusieurs vagues successives, afin d'obtenir des estimations fiables des kilométrages annuels et des consommations déclarées, mais aussi de réaliser des analyses longitudinales, notamment d'évolution de comportement selon différentes transitions comportementales, comme l'effet des déménagements ou l'adaptation à la hausse des prix des carburants par exemple.

Il importe ici de bien préciser les éléments concernant la représentativité géographique de la source ParcAuto :

- les échantillons annuels ont une taille l'ordre de 6 à 7000 observations en valeurs brutes ; il s'agit des questionnaires retournés par les ménages répondants (sur 10 000 questionnaires initialement envoyés) ;
- même si la région de résidence fait partie des cinq critères de redressement destinés à assurer la représentativité nationale des résultats, la taille de l'échantillon répondant ne permet finalement pas de garantir la représentativité au niveau régional, notamment dès lors que l'on souhaite croiser plusieurs variables.

La source panéalisée nationale est donc un outil de connaissance du parc français (équipement, usage), et non pas de connaissance fine des parcs locaux ou même régionaux¹⁴. Cela étant dit, la confrontation des deux sources (EMD et ParcAuto, vu à différentes échelles), en coupe en 2006, puis en évolution pour les années des précédentes EMD, fournit un cadrage permettant incontestablement de mieux qualifier le parc automobile local. Les principaux résultats de cette comparaison sont résumés dans les deux tableaux commentés ci-après.

2006	Parc Auto 2006 à différentes échelles				EMD
	France entière	Région NP	Départ 59	agglos millionnaires	Lille 2006
ménages (millions)	25,473	1,554	0,976	1,382	0,457
parc (millions véh.)	32,376	1,951	1,200	1,433	0,491
ménages équipés (%men)	83%	82%	80%	74%	74%
taux de motorisation (veh/men)	1,271	1,255	1,230	1,037	1,074
taux de diésélisation (%parc)	53%	56%	54%	46%	49%
% 2-3 CV	0%	0%	0%	0%	1%
% 4-5 CV	42%	45%	46%	47%	47%
% 6-7 CV	46%	46%	43%	45%	43%
% 8 CV et +	11%	9%	11%	8%	10%
%parc de moins de 5 ans	36%	33%	34%	42%	31%
âge moyen	7,9	8,1	8,2	6,7	8,4
< 1993, ECE pré-EURO	16%	18%	21%	11%	16%
93-96 Euro I	16%	14%	13%	11%	19%
97-99 Euro II	18%	20%	19%	19%	19%
00-04 Euro III	35%	34%	32%	39%	37%
05-06 Euro IV	15%	15%	16%	19%	9%

Tableau 2 : comparaison du parc automobile des ménages dans deux sources statistiques en 2006

Source : Calculs INRETS&CETE sur l'EMD (LMCU) 2006 et ParcAuto 2006 (panel ParcAuto TNS-Sofres, pour INRETS-ADEME-CCFA-FFSA-DSCR)

Différentes caractéristiques concernant l'équipement et la structure du parc des ménages sont ici éditées (nombre moyen de véhicules par ménage, part du diesel, répartition en puissances fiscales, âge du parc en moyenne et répartition selon les normes d'émissions¹⁵) pour le parc automobile des ménages, au niveau France entière, pour la région Nord-Pas-de-Calais, pour le

¹⁴ Il n'est donc pas question ici, pour des raisons de significativité des résultats, d'éditer et de commenter des statistiques issues de ParcAuto pour l'agglomération ou la région urbaine de Lille elle-même.

¹⁵ Type de carburant, puissance/cylindrée et tranche d'âge du véhicule étant les trois variables les plus discriminantes pour déterminer les coefficients d'émissions des véhicules.

département du Nord ainsi que pour l'ensemble des trois agglomérations millionnaires (Lille, Lyon, Marseille). De cette vision en coupe instantanée en 2006, on peut dégager plusieurs éléments notables :

- concernant le taux d'équipement automobile, la région et le département du Nord semblent très proches des valeurs France entière, aux alentours de 1,25 voiture par ménage ; mais l'équipement dans la Communauté est plutôt celui d'une grande région urbaine dense, puisque la valeur moyenne observée dans l'EMD (1,074) apparaît en retrait, bien plus proche de celle des trois plus grosses agglomérations françaises (1,037) et qu'un quart des habitants de la Métropole appartiennent à un ménage qui n'a pas de voiture ;
- le taux de diesel y est aussi relativement comparable, plus bas « en ville » que sur l'ensemble de la région ; il en va de même pour la répartition en tranches de chevaux fiscaux (pourcentage de 4-5 CV un peu plus fort que pour l'ensemble de la France, pourcentage de 6-7 un plus faible) ;
- c'est sur l'âge des voitures que la région, le département, mais encore plus Lille, semblent se distinguer, avec une part de « moins de 5 ans » à 31% (contre 36% France entière et 42% pour les agglos millionnaires), un âge moyen qui approche 8 ans et demi (significativement différent des 7,9 ans France entière), et une pyramide des âges tirée vers les plus anciennes normes (pré Euro et Euro I) et comportant bien moins de véhicules Euro IV (9% contre 15% France entière).

Du point de vue de la compatibilité des sources, on peut souligner que les résultats fournis par l'EMD 2006 semblent confortés par la statistique nationale pour la même vague annuelle, le parc des voitures des ménages de la Communauté urbaine¹⁶ ayant finalement, à l'exception de l'âge des véhicules, des caractéristiques proches de celles du parc de l'ensemble des trois agglomérations millionnaires. Les tendances à retenir pour le parc de véhicules de 2006 sont donc résumées à grands traits dans l'encadré suivant.

Quelques grandes tendances pour le parc automobile lillois en 2006

- * 1 ménage sur 4 est non équipé sur le territoire communautaire (contre un peu moins d'un sur cinq France entière) ;
- * On compte à peine plus d'une voiture par ménage (1,07 contre 1,27 France entière) ;
- * A peine moins d'une voiture sur deux est un Diesel (49% contre 53%) ;
- * On compte un peu plus de voitures de faible puissance (48% ont moins de 6 CV, contre 42% France entière) ;
- * L'âge moyen des voitures avoisine 8,5 ans (environ 6 mois de plus que la France entière) ; 7 voitures sur 10 ont plus de 5 ans (dont la moitié ont plus de 10 ans).

Ce dernier trait semble l'un des plus caractéristiques : le parc à Lille semble plutôt plus âgé et donc moins renouvelé qu'ailleurs et l'on compte moins de véhicules répondant aux normes d'émissions les plus récentes. On peut aussi en conclure, à l'inverse, que le parc local pourrait être plus sensible aux mesures les plus récentes d'aide au renouvellement (bonus-malus, primes à la casse et au remplacement, etc.) et que ce qui apparaît pour l'heure comme un désavantage du point de vue du respect de l'environnement semble aussi montrer de plus grandes « potentialités » à venir, et donc de marges de manœuvre de progression pour les prochains bilans énergie-émissions...

¹⁶ Mais aussi le nombre de ménages équipés et le nombre moyen de voitures par ménage...

Considérant la structure du parc en évolution et rapportant le parc EMD à l'ensemble du parc national Sofres, on obtient les résultats complémentaires ci-dessous qui nous renseignent sur les évolutions passées..

	Parc Auto France entière			EMD Lille, voitures décrites		
	1987	1998	2006	1987	1998	2006
ménages (millions)	20,870	23,570	25,480	0,375	0,428	0,457
parc (millions véh.)	20,900	26,750	32,200	0,359	0,457	0,491
ménages équipés (%men)	75,3%	80,0%	82,6%	70,9%	74,2%	74,2%
taux de motorisation (veh/men)	1,020	1,147	1,264	0,957	1,068	1,074
taux de diésélisation (%parc)	10%	34%	53%	7%	33%	49%
% 2-3 CV	6%	1%	0%	5%	/	1%
% 4-5 CV	33%	39%	42%	36%	/	47%
% 6-7 CV	48%	50%	46%	44%	/	43%
% 8 CV et +	14%	10%	11%	16%	/	10%
%parc de moins de 5 ans	48%	43%	36%	49%	/	31%
âge moyen	6,1	6,9	7,9	5,8	/	8,4
< 1993, ECE pré-EURO	100%	52%	16%	100%	/	16%
93-96 Euro I	0%	32%	16%	0%	/	19%
97-99 Euro II	0%	16%	18%	0%	/	19%
00-04 Euro III	0%	0%	35%	0%	0%	37%
05-06 Euro IV	0%	0%	15%	0%	0%	9%

Tableau 3 : comparaison du parc des ménages dans les deux sources statistiques : évolutions 1987, 1998 et 2006

Source : Calculs INRETS&CETE sur les EMD (LMCU)

et les vagues annuelles ParcAuto (panel ParcAuto TNS-Sofres, pour INRETS-ADEME-CCFA-FFSA-DSCR)¹⁷

Schématiquement, par rapport aux moyennes nationales :

- les ménages semblent moins équipés, mais l'écart est grandissant (le pourcentage de ménages équipés était inférieur à celui de la France de 4% en 1987, puis de 6% en 1998, et il l'est de 8% en 2008) ; ni la part de ménages équipés ni le taux de motorisation par ménage n'ont d'ailleurs fortement augmenté sur la dernière période¹⁸ ;
- la progression du Diesel semble presque aussi forte que pour la France entière, mais la diésélisation reste en retrait ; on note en fait des évolutions quasiment parallèles ; en 1997, 1998 et 1999, 39% des mises en circulation étaient des Diesels, et ce taux monte à 65% en 2005, 2006 (contre respectivement des taux de 42% puis 70% pour la France entière ;
- cause ou effet, ce « retard » à la diésélisation semble corrélé au fait que le parc paraît un peu plus vieillissant au fil de ces années d'observation, comme en attestent les parts Euro I, II et III pour 2006 ; on peut toutefois noter qu'en 1987 le parc local semblait légèrement moins âgé (moyenne et tranche de moins de 5 ans) que le parc national.

Au total, le parc local présente l'image d'un parc un peu moins puissant, un peu vieillissant et donc un peu moins diésélisé que la moyenne française, pour des ménages sensiblement moins

¹⁷ lors de l'EMD de 1998, le type de carburant a été renseigné, mais pas les variables d'âge et de puissance (alors simulées dans les estimations DEED).

¹⁸ Rapporté au nombre de personnes, [LMCU, 2006] nous indique cependant une progression sensible du nombre de voitures dans la métropole, avec 427 voitures pour 1000 habitants en 2006, contre 399 en 1998, soit une progression de 7%.

motorisés qu'ailleurs en France (mais comme dans les grandes villes). Son renouvellement vers des « véhicules plus propres » semble encore à venir.

1.3 Les polluants atmosphériques du transport routier

Le secteur du transport génère deux types d'émissions de gaz dans l'atmosphère :

- les polluants atmosphériques locaux (le monoxyde de carbone CO, les composés organiques volatiles COV, les oxydes d'azotes NO_x, et les particules Ps) ;
- les gaz à effet de serre (GES, comme le CO₂, le méthane CH₄, etc.).

Ces deux types d'émissions se différencient par l'échelle spatiale et temporelle de leurs impacts, et leurs conséquences sur la santé humaine et l'environnement. Les premiers sont directement nocifs pour les individus de la zone où ils sont émis (troubles respiratoires notamment) et pour la faune et la flore locale. Ces gaz ont un impact à l'échelle locale et régionale, et leurs effets se font sentir à court et moyen terme¹⁹. Les seconds participent au réchauffement climatique global par le phénomène de l'effet de serre. Leur nocivité est plus difficile à percevoir²⁰ car leur échelle est planétaire et leurs effets se feront sentir de manière indirecte, c'est-à-dire par les conséquences des changements climatiques qui sont échelonnées dans le temps et dont l'ampleur sera connue et vécue sur le long terme.

1.3.1 Liens entre la composition de l'atmosphère et l'effet de serre

Le réchauffement climatique présent et à venir est le fait de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et de leur concentration dans l'atmosphère. Ces gaz opèrent comme une chape de plomb en empêchant les rayons du soleil de se rediriger hors de l'atmosphère. En effet, les gaz dit « à effet de serre » possèdent la propriété de capter une partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre et de réémettre une partie de ce rayonnement en direction de celle-ci, induisant un effet "cocotte-minute" avec une augmentation de la température, en particulier à la surface terrestre.

1.3.1.1 L'effet de serre

Les variations climatiques et les perturbations de températures ne sont pas toutes liées à la teneur en gaz à effet de serre dans l'atmosphère mais également à la modification des paramètres de l'orbite terrestre, à la dérive des plaques à l'activité volcanique. Le lien entre la présence de gaz à pouvoir réchauffant dans l'atmosphère et la température à la surface du globe est un phénomène naturel et sans cet effet de serre, la température à la surface de la terre sera en moyenne de -19°C et non de + 15°C. La teneur en gaz à effet de serre dans l'atmosphère évolue dans le temps, notamment sous l'effet de l'action anthropique.

¹⁹ L'ensemble de ces polluants contribue à la dégradation de la qualité de l'air au niveau local. A des degrés divers, ils ont tous des effets néfastes avérés sur la santé ; certains hydrocarbures et Composés organiques volatiles (COV, notamment le benzène) sont les plus préoccupants du point de vue sanitaire. En outre, CO, NO_x et COV évoluent chimiquement dans la troposphère sous l'effet du rayonnement solaire et son à l'origine d'une pollution photochimique, caractérisée par la production d'ozone et d'autres espèces dangereuses pour la santé et l'environnement. Malgré les baisses notables d'émissions de CO et COV, les teneurs en ozone croissent régulièrement dans les couches basses de l'atmosphère (notamment en Europe). L'ozone se distingue des principaux autres polluants associés au transport en ce qu'il se distribue sur de larges échelles géographiques, et participe aussi à l'effet de serre [Noppe et al., 2003].

²⁰ Ainsi, par exemple et hormis le fait qu'il participe au réchauffement global, le CO₂ est a priori sans effet sur la santé humaine.

1.3.1.2 Concentration des GES dans l'atmosphère et réchauffement climatique

Le problème est la concentration en gaz à pouvoir réchauffant dans l'atmosphère ; la question de cette concentration se pose en termes de stock et non de flux. En effet, les gaz émis sont stockés en couche autour de la planète et mettent un nombre d'années important à se dissoudre (cf. encadré « L'atmosphère se renouvelle-t-elle ? » en annexe 2).

Comme nous venons de le mentionner, les émissions de gaz à effet de serre sont un phénomène naturel, lié aux interactions entre rayonnement du soleil, biomasse, circulation de l'air et strates de l'atmosphère. Toutefois, l'activité humaine et animale émet, elle aussi, des gaz à effet de serre. Il faut par conséquent distinguer d'une part les gaz à effet de serre non artificiels et d'autre part ceux liés à l'activité industrielle, soit :

- les GES non artificiels
 - Vapeur d'eau (H₂O)
 - Dioxyde de carbone (CO₂)
 - Méthane (CH₄)
 - Protoxyde d'azote (N₂O)
 - Ozone (O₃)
- les autres GES liés à l'activité industrielle (gaz fluorés)
 - Dichlorodifluorométhane (CFC-12)
 - Chlorodifluorométhane (HCFC-22)
 - Tétrafluorure de carbone (CF₄)
 - Hexafluorure de soufre (SF₆)

Les gaz à effet de serre représentent seulement 0.04 % des gaz de l'atmosphère mais ils déterminent la température à la surface terrestre.

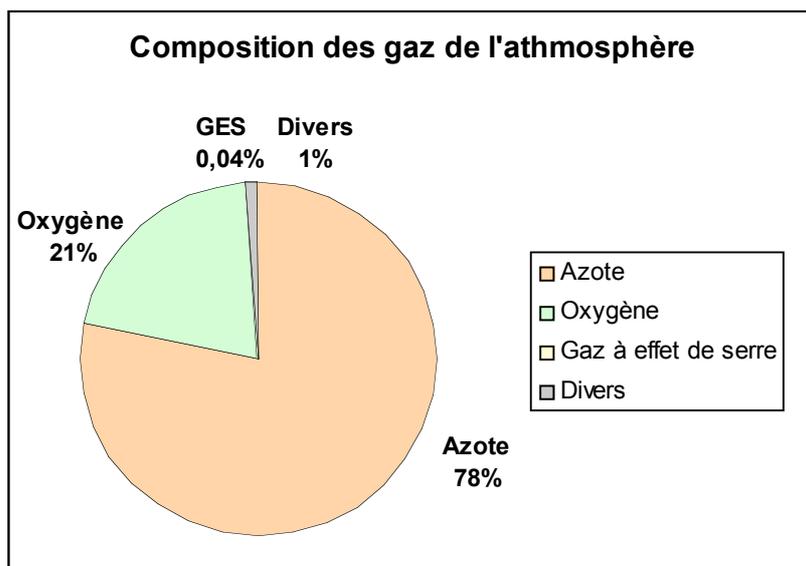


Figure 8 : composition des gaz de l'atmosphère

Source : [GIEC 2007]

La vapeur d'eau est à l'origine de 55% de l'effet de serre. Les gaz à effet de serre se composent essentiellement de dioxyde de carbone²¹ (à plus de 99%), mais également de méthane, de protoxyde d'azote et d'ozone, dans les proportions ci-dessous.

Dioxyde de carbone	99,45%
Méthane	0,46%
Protoxyde d'azote	0,083%
Ozone	0,0026%

Tableau 4 : poids des GES présents dans l'atmosphère

Source : [GIEC 2007]

²¹ Voir aussi « Le cycle du Carbone », en annexe.

1.3.1.3 Le potentiel de réchauffement des gaz à effet de serre et les équivalences

Le Potentiel de réchauffement global (PRG) est utilisé pour quantifier, sur une période donnée (au-delà de laquelle les effets résiduels sont négligés), la contribution relative de chaque GES, comparativement à celle du dioxyde de carbone, sur le réchauffement global en se basant sur son pouvoir radiatif ; il permet donc de comparer les différents GES²² entre eux (précisions sur les PRG, estimations et controverses : cf. Annexe 2).

Exemples de valeurs de PRG : les valeurs de PRG retenues dans notre travail sont indiquées dans le prochain paragraphe. Pour estimer le potentiel de réchauffement global (PRG) de chaque GES, on rapporte, sur la même période, l'effet radiatif du gaz à celui du CO₂. Prenons l'exemple du méthane, on a les potentiels suivants *sur un siècle* :

- pour le dioxyde CO₂, PRG =1, et
- pour le méthane CH₄, PRG = 23, [GIEC, 2001, 2007].

C'est-à-dire, qu'une tonne de CH₄ réchauffe comme 23 tonnes de CO₂, mais il y en a 216 fois moins dans l'atmosphère et l'on estime sa durée de vie à environ 12 ans (contre 120 ans au protoxyde d'azote). Son pouvoir réchauffant est environ 23 fois plus fort que le CO₂; dans les calculs, 1 tonne de méthane « vaudra » donc environ 23 tonnes d'« équivalent CO₂ » (eqCO₂).

Pour le bilan lillois 2006 qui nous concerne ici, dans une optique d'estimation de l'effet de serre, au delà de la contribution des polluants atmosphériques locaux, il a été convenu de privilégier l'estimation de l'équivalent CO₂. Le dioxyde de carbone étant le principal gaz à effet de serre, les émissions des autres gaz à effet de serre sont rapportées à celles du CO₂ afin de pouvoir les comparer - pour les additionner.

Contrairement à ce que nous avons pratiqué dans les estimations DEED à partir des deux EMD précédentes ([Gallez, 1996] et [Quételard, 2002]), l'outil logiciel de l'ADEME nous offre cette fois-ci, au-delà des émissions locales déjà évoquées, la possibilité d'estimer un équivalent CO₂²³ par la prise en compte cumulée des trois principaux gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone CO₂, le méthane CH₄ et le protoxyde d'azote N₂O, et de leurs pouvoirs de réchauffement globaux respectifs²⁴ sous la forme :

$$\text{EqCO}_2 = \text{CO}_2 + 21 * \text{CH}_4 + 310 * \text{N}_2\text{O}$$

C'est cette formule qui, au-delà des différentes estimations (sorties du logiciel ADEME pour le DEED « classique » ou reconstituées par notre équipe à partir de coefficients d'émissions, notamment pour les émissions des poids lourds dans le cas du trafic de marchandises intégré dans l'estimation du DEED « élargi », cf. chapitre 2), sera utilisée dans toute la suite de ce rapport pour évaluer les masses d'eq-CO₂.

Soulignons enfin que des développements plus détaillés sur les effets constatés et causes des changements climatiques figurent également en annexe 2.

²² ou mélange de GES : la masse de CO₂-équivalent du mélange est estimée par la somme de leurs PRG pondérée par les masses ; le PRG associé est estimé par la moyenne des PRG pondérée par les masses.

²³ également appelé CO₂ ultime.

²⁴ aux valeurs où ils étaient lors des développements des logiciels ADEME IMPACT puis DEED.

1.3.2 Les émissions du secteur « transports »

Quelques constats à l'échelle globale

Le secteur du transport représente, à l'échelle mondiale, 13% des émissions des GES - si l'on excepte les émissions de CO₂ liées à la consommation de carburant mais que l'on tient compte de l'exploitation des forêts, de la combustion de la biomasse, de l'utilisation des sols. Ce chiffre augmente à 23% lorsque l'on prend en compte les émissions des GES provenant de la combustion de carburant au niveau mondial. Et pour la zone OCDE, les émissions imputables au secteur des transports s'élève à 30% de l'ensemble (incluant les GES provenant de la combustion de carburant).

Au sein du secteur transports au niveau mondial, le secteur routier est le secteur le plus contributeur, avec 75% des émissions mondiales de transport, contre 11,5% pour le transport aérien et 10,3% pour le transport maritime. La croissance des émissions est très soutenue depuis 1970, mais s'intensifie depuis 1990, notamment dans les régions qui connaissent une croissance économique forte et un impressionnant déploiement industriel. Ainsi, entre 1990 et 2005, les émissions de GES dues au transport ont augmenté :

- de 22,3% dans l'UE 15 (de 44,7% pour les nouveaux états membres de l'UE),
- de 28,7% en Amérique du Nord,
- de 32,3% pour les membres asiatiques de l'OCDE.

Quelques constats à l'échelle nationale

Au niveau national, la part du transport dans la répartition sectorielle des émissions totales de gaz à effet de serre est passée de 21% en 1990 à 26% en 2006 (source : [CITEPA, 2007] pour la synthèse CCNUCC/CRF en décembre 2007). Il s'agit du secteur en plus forte croissance sur cette période.

POUVOIR RECHAUFFEMENT GLOBAL hors CO ₂ UTFC sur 6 gaz : CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC, SF ₆ (Tg équiv. CO ₂)		547	
Sources GIEC		%	
1A3 Transports	25,6	4B Gestion des déjections animales	3,6
1A4 Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture	19,0	2F Utilisation des HFC/PFC et du SF ₆	2,6
1A2 Combustion industrie manufacturière et construction	14,5	2A Procédés industriels - produits minéraux	2,4
1A1 Combustion transformation d'énergie	12,1	6A Mise en décharge	1,6
4D Sols agricoles	8,7	2B Procédés industrie chimique	1,3
4A Fermentation entérique	5,1	Autres sources	3,3

source CITEPA / CORALIE format CCNUCC (*)		mise à jour 15/02/2008 Secteurs_s_cle_hors_UTCF/secteurs.xls	
CO ₂ hors UTFC (Tg)		CH ₄ hors UTFC (Gg)	
Sources GIEC		Sources GIEC	
	%		%
1A3 Transports	34,0	4A Fermentation entérique	49,4
1A4 Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture (a)	24,6	4B Gestion des déjections animales	24,5
1A2 Combustion industrie manufacturière et construction	19,2	6A Mise en décharge	15,7
1A1 Combustion transformation d'énergie	16,0	1A4 Combustion résidentiel, tertiaire, agriculture	3,8
2A Procédés industriels - produits minéraux	3,2	1B2 Extraction et distrib. du pétrole et gaz naturel	3,3
Autres sources	3,0	6B Traitement des eaux usées	2,1
		6C Incinération des déchets	0,3
		Autres sources	0,8

Tableau 5 : contribution des types de sources aux émissions de GES, France (métropole et Outremer) 2006 – PRG et Parts du CO₂ et du CH₄

(*) hors trafic maritime et aérien internationaux

L'énergie avec 72,4% des émissions en termes de PRG hors UTFC²⁵ occupe en 2006 le 1^{er} rang des catégories de sources émettrices de GES en France devant l'agriculture, 17,4% du

²⁵ UTFC : Utilisation des Terres, leurs Changements et la Forêt.

PRG ; viennent ensuite les procédés industriels, 7,4% et les déchets 2,5%. Depuis 1990, la contribution de l'énergie augmente alors que la contribution de tous les autres secteurs baisse. Parmi les faits marquants, il faut souligner, depuis 1990, une augmentation soutenue des émissions du transport avec toutefois une légère baisse depuis 2005 (de 1 à 2%).

La croissance des émissions, limitées au seul CO₂ sur la période 1990-2005, est importante avec un taux de +3,3% pour le volume total. En 2006, les rejets de CO₂ sont imputables pour 95% à la consommation d'énergie fossile. C'est pourquoi le transport, notamment en raison de la part prépondérante du routier, pèse de façon importante dans la répartition des sources émettrices de CO₂ pur : le transport représente 34% des émissions devant le secteur résidentiel/tertiaire et l'agriculture (25%), la combustion dans l'industrie manufacturière (19%) et l'industrie de l'énergie (16%).

Quelques constats à l'échelle locale

Au plan local, on peut noter que le secteur des transports est responsable de 17% des émissions de gaz à effet de serre de la région Nord-Pas-de-Calais (contre 26% au niveau national). Ici comme ailleurs, on remarque que ce secteur est en forte croissance, c'est même le seul qui croît avec le secteur « résidentiel, tertiaire, institutionnel, commercial » (source : Plan Climat Nord-Pas-de-Calais – état des lieux 2008).

Le bilan carbone de la Communauté urbaine de Lille, récemment établi selon la méthodologie ADEME à l'échelle d'un territoire²⁶, montre l'importance du secteur des transports dans les émissions de gaz à effet de serre : 43 % du total (source : Bilan carbone LMCU).

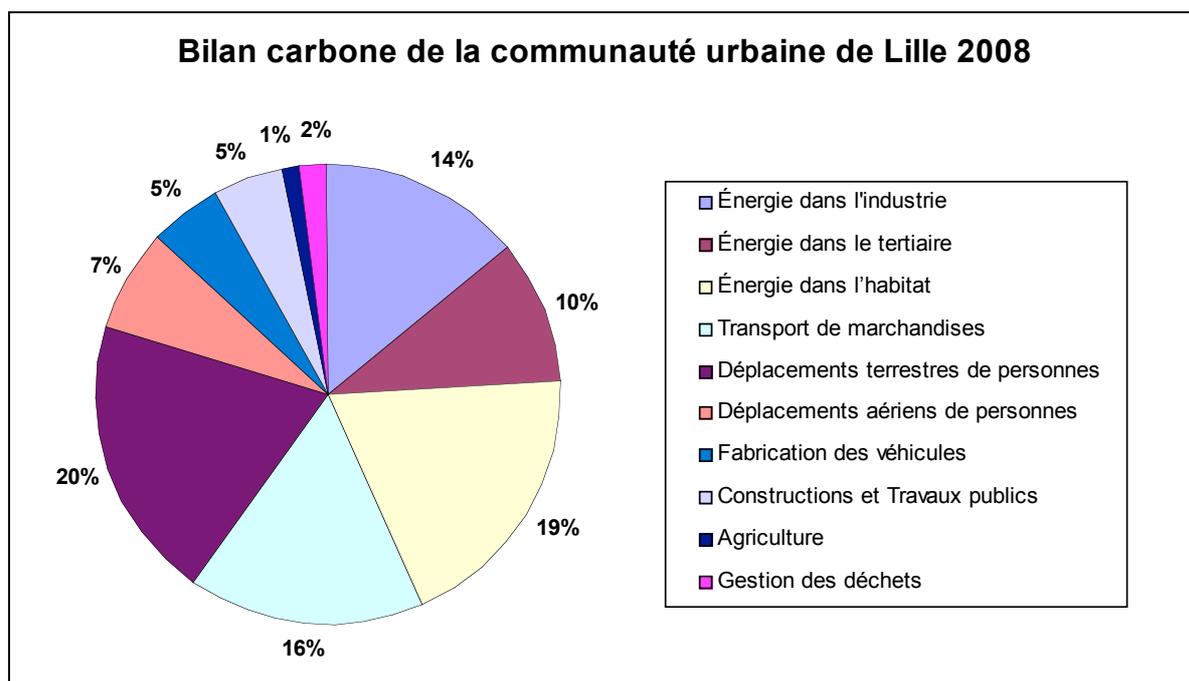


Figure 9 : poids des secteurs d'activité dans le bilan carbone de LMCU

Source : bilan carbone LMCU

Au sein de ces émissions transport, les marchandises comptent pour un peu plus d'un tiers (37%) lorsque l'on inclut le transport aérien de personnes et pour près de la moitié (44%) lorsqu'on l'exclut.

²⁶ <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15730>

Il faut remarquer que les émissions hors territoire sont comptabilisées dans la méthode Bilan Carbone, alors qu'elles ne le sont pas dans le DEM, qui ne somme les émissions qu'à l'intérieur du périmètre communautaire.

Cela explique notamment pourquoi les marchandises ont un poids supérieur (cf. estimation et graphique en annexe 3) dans le Bilan Carbone (44% ci-dessus, contre 29% dans l'estimation DEM présentée dans la partie 2 du rapport) : en effet, la partie du transport, depuis leur origine ou jusqu'à leur destination souvent extérieures, réalisée hors du territoire communautaire y est beaucoup plus importante que pour les voyageurs.

L'annexe 3 présente des résultats du DEM comparés aux émissions du trafic d'échange réalisé en dehors du territoire de la communauté urbaine, qui représente 77% du trafic d'échange total pour les voyageurs et 84% pour les marchandises.

1.4 Description de l'outil DEED

Avant de décrire spécifiquement le concept et l'outil DEED, nous faisons dans l'encadré ci-dessous un bref rappel chronologique, afin de montrer dans quel contexte historique cette méthodologie est née et a été progressivement développée.

Quelques points de repère chronologiques sur la prise en compte de la préoccupation énergétique et environnementale en France

• **Les années 70-80 : deux décennies « énergie », d'un choc pétrolier à l'autre puis au contre-choc**

1974 : Création de l'AEE (Agence pour les Économies d'Énergie), après le 1^{er} choc ;

1976-1978 : Plusieurs campagnes lancées par l'AEE auprès de la population (« En France, on n'a pas de pétrole, mais on a des idées » puis la « chasse au gaspi ») ; apparition de bilans énergétiques régionaux (CEREN²⁷), et de références d'études et de publications sur le thème de l'énergie et la ville ;

1982 : Par fusion de l'AEE avec le Commissariat à l'énergie solaire, la Mission chaleur et le Comité géothermie, est créée l'AFME (Agence Française de la Maîtrise de l'Énergie) ;

1981-1984 : du côté de la recherche en économie des transports, suite au second choc pétrolier, l'IRT, sur financement AFME, invente le concept de « budget-énergie-transport » (BET, ancêtre du DEED, alors comptabilisé uniquement en litres de supercarburant consommés par jour) pour étudier, de façon expérimentale dans sept agglomérations françaises à partir de leurs enquêtes déplacements, des différenciations significatives²⁸ en matière de formation de la dépense énergétique de la mobilité quotidienne tous modes [IRT et al., 1984], [Orfeuill, 1986] ; l'accent est alors mis sur la distance des déplacements, paramètre de la mobilité plutôt négligé jusqu'alors ;

1989 : les travaux de deux chercheurs australiens, Newman et Kenworthy collectent et analysent des données (1960-1980) sur 32 métropoles du monde et « mettent en évidence » le rôle capital de la densité résidentielle dans la formation de la consommation énergétique des transports [Newman, Kenworthy, 1989] ; leurs travaux reçoivent un accueil favorable, ont un grand retentissement, mais suscitent aussi rapidement de nombreuses critiques techniques et fondamentales²⁹. Cette année est aussi celle de l'apparition de l'essence sans plomb ;

• **Les années 1990 : la décennie « émissions polluantes et qualité de l'air »**

A la préoccupation des économies d'énergie vient rapidement s'ajouter celle de la réduction des émissions polluantes... Trois normes d'émission successives voient le jour au cours de cette décennie.

1990 : l'AQA (Agence pour la Qualité de l'Air) et l'ANRED (Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets) rejoignent l'AFME dans la création de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie)

1992 : Création de la MIES (Mission interministérielle de l'Effet de Serre)

1993 : du point de vue des évolutions technologiques et de la réglementation des émissions sur la route : généralisation du pot catalytique 3 voies, et apparition de la norme « Euro 1 » (cf. § 1.1.3)

²⁷ Centre d'Études et de Recherches Économiques sur l'Énergie

²⁸ Entre catégories sociales, entre types d'activités et de motifs de déplacements, mais aussi entre lieux de résidences des ménages enquêtés : le BET souligne l'importance des localisations (ville-centre, banlieue, périphérie, densités, mais aussi distances à parcourir, et niveaux de dessertes en transports collectifs) au sein de la région urbaine.

²⁹ Entre autres, de façon schématique, sur le degré de finesse et la comparabilité des données agrégées recueillies, sur la définition et le périmètre de « la ville », sur l'absence d'autres déterminants importants de mobilité (prix, revenus, modes de vie...), sur la « tautologie » de la courbe mise en évidence, et, *in fine*, sur les débouchés de ce travail : ces observations doivent-elles conduire à faire une recommandation de « densifier le tissu urbain pour réduire la motorisation ? ». Les travaux de cette équipe australienne seront à nouveau développés au cours de la décennie suivante [Newman, Kenworthy, 1999].

1994-1998 : à l'Inrets, sur financement ADEME, les travaux BET sont repris et élargis (on adjoint des budgets-émissions de polluants à l'ancienne dimension énergétique) pour aboutir au Budget-énergie-environnement des déplacements (BEED, et DEED pour les diagnostics décrits ci-dessous) qui, toujours sur la base d'une EMD, inventorie mais aussi analyse les consommations et émissions des déplacements quotidiens des résidents d'une région urbaine ; l'accent est à nouveau mis sur les distances et les localisations ; estimer les émissions polluantes implique de tenir précisément compte des caractéristiques des véhicules utilisés mais aussi des vitesses et conditions de circulations. Au cours de la même période, la LAURE³⁰ inscrit un objectif de diminution du trafic automobile, instaure les PDU (Plans de Déplacements Urbains, avec un volet environnemental) et les PRQA (Plans Régionaux de la Qualité de l'Air). « Euro2 » est la nouvelle norme pour les émissions. En fin de période, 1998 est aussi marquée par l'accord volontaire décidé entre l'Europe et l'ACEA (cf. § 1.1.3) ;

• **Depuis 2000 : les années « effet de serre et climat »**

Depuis que les progrès technologiques ont permis de réduire drastiquement les émissions de polluants locaux, le principal problème qui subsiste sur le long terme est celui de la réduction des émissions de GES, dans le cadre de la lutte contre le changement climatique. Si des objectifs de réduction existaient déjà sur le plan international depuis quelques années³¹, le PNLCC³², visant à respecter l'engagement pris par la France à Kyoto, est adopté en janvier 2000.

2000 : apparition de la norme « Euro 3 » ; interdiction à la vente de l'essence plombée, remplacée par le Super ARS (anti-récession de soupapes). C'est à partir de 2000 que LET utilise la méthodologie DEED (comparant Lyon à d'autres agglomérations, parmi ses indicateurs de mobilité durable).

2002 : l'Inrets et le CETE Nord-Picardie revisitent les DEED, sur la base de l'enquête-ménages de 1998 en évolution par rapport à celle de 1987 [Quételard, 2002] ; l'outil de recherche DEED est opérationnalisé en un logiciel ADEME (premiers développements d'une version bêta) ;

2004 : constatant une mise en oeuvre insuffisante du PNLCC, le Gouvernement renforce son plan d'action avec le Plan Climat 2004, afin d'atteindre, voire dépasser les objectifs de Kyoto.

2005 : la volonté de réduire d'un facteur 4 les émissions de GES à l'horizon 2050 est inscrite dans la loi d'orientation sur l'énergie, débattue en 2004, promulguée en 2005. Nouvelle norme « Euro 4 » ;

2006 : Avec plus de 38% en 2006, le secteur des transports routiers reste le principal contributeur des émissions de CO2 en France, selon l'ADEME. Le Gouvernement adopte de nouvelles mesures, en faisant apposer (mai) une étiquette CO2 sur les véhicules neufs, et levant (juillet) une taxe supplémentaire pour les véhicules neufs les plus polluants (> 200 gCO2/km). L'ADEME adopte la méthode du Bilan Carbone pour les entreprises et les collectivités ; afin de mieux appréhender l'exhaustivité des bilans, l'Inrets et le CEREN développent, depuis 2004, et appliquent une méthode intersectorielle « logement + transport » permettant d'élaborer et de cartographier un bilan énergie-émissions de CO2 au niveau d'une région urbaine, [Hivert et al., 2006], tandis que LET, LTMU et CIRED développent à la même époque le Projet national Ethel (Energie-Transport-Habitat-Environnement-Localisations). A l'Inrets, les travaux de recherche s'orientent vers une intégration de l'ensemble des flux (voyageurs et marchandises) dans l'élaboration de bilans d'émissions de GES.

2007 : le Grenelle Environnement se déroule sur juillet-octobre ; entre autres mesures, il préconise une contribution climat/énergie, la création éventuelle de cette taxe carbone devant être étudiée en 2008 ;

2008 : le prix du pétrole flambe au 1^{er} semestre, puis chute au 2^d. Dans l'esprit du Grenelle, un bonus-malus écologique (écopastille) est introduit à l'achat des automobiles, afin d'orienter les acquéreurs vers des modèles plus sobres en carbone. L'Inrets et le CETE NP revisitent et élargissent (cf. infra) le DEED Lillois, objet du présent rapport, à partir de la dernière EMD de 2006.

³⁰ Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie, de décembre 1996.

³¹ Le protocole de Kyoto, pour une maîtrise des émissions de GES à l'horizon 2010, date de 1997. La MIES avait été créée en 1992, et le 1^{er} programme d'action avait été défini en 1993, revu en 1995 et 1997, afin de réaliser l'objectif contenu dans la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC, Convention Climat à Rio en 1992) : stabiliser en 2000 des émissions à leur niveau de 1990.

³² Plan national de Lutte contre le Changement Climatique

Au delà de cette description historique, nous décrivons ci-après les aspects méthodologiques de l'outil DEED, tel qu'il a pu être opérationnalisé dans le logiciel ADEME (*cf.* [Gallez et al., 1998], [Quételard, 2002] et [ADEME et al., 2002]).

1.4.1 Diagnostics Énergie Environnement des Déplacements (DEED) : description méthodologique

Afin d'identifier les enjeux, leviers et marges de manœuvre et d'envisager les possibles réductions de consommations d'énergie, d'émissions de polluants et de GES, le diagnostic de la situation actuelle et de son évolution passée doit être réalisé.

Depuis 1994, pour répondre à cette préoccupation et à la demande de l'ADEME, l'INRETS a réalisé, dans le prolongement de ses travaux « Budgets-Énergie-Transport » (BET) des années 80, une série d'études (« DEED : diagnostics énergie environnement des déplacements »³³) consacrées à l'analyse des consommations énergétiques et des émissions polluantes dues à la mobilité quotidienne des personnes au sein de leur région urbaine de résidence.

L'objectif était d'adjoindre aux études BET la dimension « environnement-pollution » antérieurement absente. Ainsi, en développant et en affinant la méthodologie de 1994 à 1998, l'INRETS a réalisé le DEED de quatre agglomérations françaises : Grenoble, l'Île-de-France, Lille et Bordeaux, dans l'ordre chronologique à partir des dernières EMD disponibles à l'époque. En 2002, LMCU, en partenariat avec la région Nord-Pas-de-Calais et l'ADEME, demandait au CETE (avec le soutien scientifique de l'équipe INRETS) de revisiter son DEED à partir de la dernière enquête ménages de 1998. Cette série de cinq études a prouvé la faisabilité de la méthodologie DEED³⁴. Dans le même temps, la méthodologie mise au point dans cet outil de recherche devait déboucher sur le logiciel DEED de l'ADEME.

Cadrage pour l'effet de serre dû aux transports, l'élaboration du bilan énergie-émissions à l'échelle de la région urbaine selon la méthode DEED (« diagnostics énergie environnement des déplacements ») permet également de rendre compte de différenciations entre catégories d'individus et de ménages, selon leurs caractéristiques (socio-économiques, démographiques et géographiques, *cf.* encadré détaillé ci-après).

Schématiquement, la mise en œuvre pratique d'une étude « DEED » se structure de la manière suivante :

1. une étape de récupération des données les plus désagrégées (déplacements et trajets unimodaux) issues de l'EMD,
2. une étape de mise en forme des données (phase importante d'apurement et de vérification de cohérence des distances et des vitesses en fonction des modes de déplacement) et d'élaboration de variables supplémentaires,

³³ initialement « Budgets-Energie-Environnement des Déplacements »

³⁴ celle-ci a également été testée afin de simuler des politiques de transport (évaluer les impacts d'un changement durable des comportements de mobilité individuels, changement de structure du parc automobile des ménages, autres états possibles du trafic, comme la modification de la répartition modale de la mobilité par le transfert de certains déplacements de la voiture particulière vers des modes plus respectueux de l'environnement.

3. une étape de calcul des consommations énergétiques et des émissions de polluants de chaque déplacement, à partir de coefficients appropriés,
4. une étape de constitution des sommations par individu et ménage,
5. une étape d'analyses à partir de résultats standardisés croisant caractéristiques des personnes et des ménages avec leurs émissions et consommations.

Méthodologie des DEED : une loupe pour l'inventaire et le diagnostic de détail

Le concept utilisé, le Diagnostic Énergie Environnement des Déplacements (DEED), consiste à évaluer, pour un individu ou un ménage, l'énergie consommée et les volumes de polluants émis au cours de ses déplacements pendant une journée de semaine ordinaire.

Cette approche se différencie des méthodes d'ingénierie et d'inventaire classiques par une analyse détaillée de la relation entre urbanisme, mobilité quotidienne des résidents et impacts énergétiques et environnementaux. Elle permet de rendre compte de différenciations entre catégories d'individus et de ménages, notamment de répondre à des questions du type : « Qui consomme et qui pollue ? Où ? », en rapportant la dépense énergétique et les émissions à leurs caractéristiques socio-économiques (revenus, professions catégories sociales), démographiques (taille et structure des ménages) et géographiques (localisation des lieux de résidence dans les différentes zones de la région urbaines considérées), ainsi que selon la position dans le cycle de vie (sexe, âge et statut d'activité) pour les individus, telles que ces caractéristiques sont appréhendées dans les enquêtes déplacements. Là aussi il y a des redites avec ce que l'on présente au début.

Pratiquement, la méthode du DEED s'appuie sur les EMD pour estimer et inventorier la consommation et les émissions de chaque déplacement renseigné, en fonction de sa longueur, de sa vitesse et du (ou des) mode(s) de transport utilisé(s), et de coefficients de consommation et émissions, issus de la méthodologie préconisée dans le projet MEET, qui a abouti au modèle Copert3, harmonisant les facteurs d'émission des transports au niveau européen.

Cinq polluants (les principaux polluants atmosphériques émis par les véhicules) sont retenus dans la méthode DEED : le CO₂, le CO, les COV, NO_x et particules Ps. Ces quantités sont estimées simultanément avec la consommation d'énergie, grâce à l'équation du bilan carbone (*cf.* encadré au §1.2.1).

La réalisation d'une étude DEED nécessite la connaissance de la longueur (ou portée) de chaque déplacement. Seuls les déplacements internes à l'aire d'études, réalisés par ses habitants, sont pris en compte dans la méthode DEED. Comme les longueurs ne sont pas recensées au moment de l'enquête, elles sont calculées *a posteriori* en fonction des origines et destinations des déplacements, ainsi que des modes de transport empruntés.

Ces quantités (grammes-équivalent-pétrole³⁵ et grammes de polluants estimés au niveau désagrégé le plus fin, c'est à dire pour chaque déplacement – ou même trajet unimodal au sein d'un déplacement dans les cas des EMD les plus récentes) sont ensuite sommées par individu puis par ménage résident dans le périmètre de l'EMD (une région urbaine, une agglomération, un arrondissement, etc.) ; ces sommations constituent un "Budget-Énergie-Environnement des Déplacements" (B.E.E.D.), composé d'un "Budget-Énergie-Transport" ou dépense énergétique quotidienne (évalué en "grammes-équivalent-pétrole") et d'un "Budget-Environnement", indiquant les volumes émis (en grammes) pour chacun des cinq gaz et polluants considérés.

Ces budgets représentent, par individu et par jour, la consommation énergétique et les émissions totales de ses déplacements au sein de sa région urbaine de résidence ; on peut les décliner en fonction de leurs déterminants socio-économiques, démographiques et géographiques. Les analyses permises font du DEED un outil d'analyse original, reliant l'évaluation environnementale aux caractéristiques des individus ainsi qu'à leurs comportements de mobilité, replacés dans leur contexte spatial, afin de mieux apprécier le lien entre choix urbanistiques, mode de fonctionnement des systèmes de transport et pratiques de mobilité.

Enfin, par une dernière sommation, la méthode quantifie le bilan journalier de la consommation et des émissions à l'échelle de tout le périmètre d'étude.

³⁵ Unité de consommation couramment utilisée en transport, notée "gep". On rappelle qu'un litre de super équivaut à 750 gep, tandis qu'un litre de gazole en représente 840.

1.4.1.1 Distances

La réalisation d'une étude DEED nécessite la reconstitution³⁶ des distances entre origines et destinations des déplacements (repérées par centroïdes des zones choisies pour échantillonner l'enquête comme dans le cas de Lille). Un soin particulier doit être apporté à l'estimation réaliste des distances dans le cas de déplacements "intrazones", i.e. dont l'origine et la destination sont dans la même zone. La confrontation des distances et durées de déplacement permet de vérifier le « réalisme » des vitesses inférées.

1.4.1.2 Polluants retenus

Un large spectre de polluants, regroupant les principaux polluants atmosphériques routiers, sont retenus dans la méthode DEED (CO₂, CO, COV, NO_x et Ps, *cf.* encadré ci-dessus et début du §1.3). Ils sont estimés simultanément grâce à l'équation permettant de vérifier le bilan carbone (« tout le carbone introduit doit être ré-émis »). Cette équation relie ces émissions et la consommation énergétique : le bouclage permet de déduire l'une des valeurs (ici le CO₂) des autres. Ils regroupent :

- les gaz à effet de serre (GES) (en traduisant le CH₄ et le N₂O en équivalent-CO₂) ;
- les polluants locaux, aux effets néfastes avérés sur les personnes exposées à l'échelle de la région urbaine (*cf.* encadré page suivante).

1.4.1.3 Coefficients de consommation et émissions, variables d'entrée retenues

Sans entrer dans le détail de leur description, notons que les équations permettant d'estimer la consommation d'énergie et les émissions polluantes sont différenciées selon les modes de transport empruntés lors des déplacements. Outre l'année d'enquête, les variables prises en compte intègrent :

- la classe technologique du véhicule pour les modes automobiles, *ie.* les caractéristiques du mode ou véhicule utilisé (notamment d'une des voitures du ménage), principalement le type de carburant, la tranche d'âge et la tranche de cylindrée de ce véhicules (pour tenir compte des différentes normes d'émissions), selon les catégories de la nomenclature Copert³⁷ ;
- toujours pour la voiture, la vitesse en km/heure, rapport entre la distance moyenne parcourue et la durée moyenne du déplacement³⁸, bordée par les limites d'apurement; uniquement pour la voiture je pense

³⁶ notamment à l'aide des modèles d'estimation de trafic, éventuellement différents pour la voiture et les transports collectifs.

³⁷ NB : au sujet des modèles d'émission, il convient de souligner que la recherche en est désormais à une étape ultérieure, avec la base de données Artemis (*Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems*) de mesure des émissions des véhicules dans différentes situations (nouveau projet pluriannuel européen débuté en 2000), mais aussi avec Copert 4 (Université de Thessalonique), nouvelle formulation du modèle Copert (modèle continu fonction de la vitesse moyenne), partie des méthodes d'inventaire d'émissions Corinair. Le travail demandé par LMCU imposait toutefois l'utilisation du logiciel DEED de l'ADEME, et par voie de conséquence la version 3 du modèle Copert.

³⁸ En fonction des différents modes, ces vitesses moyennes estimées à partir de l'EMD varient entre 4 km/h à pied et 29 km/h en deux roues de plus de 50 cm³; au milieu du spectre, les vitesses sont de 13 km/h pour les transports en commun et par exemple 23 km/h pour le mode voiture conducteur. En automobile, la vitesse s'avère dépendante de la distance du déplacement, de sa tranche horaire, et dans une moindre mesure de sa localisation géographique (par rapport aux centres).

- la (part de la) distance parcourue à froid pour les modes automobiles³⁹, pour déterminer surconsommation et surémissions à froid ;
- et enfin la distance parcourue en kilomètres (un facteur correctif, dépendant de la portée des déplacements, permet de prendre en compte la sinuosité et la densité du réseau d'infrastructures , afin d'obtenir des distances plus réalistes que la distance à vol d'oiseau);
- ainsi qu'un paramètre d'occupation pour les modes collectifs et d'une fonction de répartition pour les principales combinaisons multimodales;
- l'horaire du déplacement enfin est utilisé pour différencier des coefficients d'émissions pointe/creux pour les bus, et pour ajouter une surconsommation liée aux phares ;

En dehors de l'automobile, les émissions polluantes sont établies à partir de la distance parcourue et de coefficients d'émissions unitaires. Pour l'automobile, l'émission prend en compte la surémission liée au départ à froid (dépendant de la distance) et multiplie la distance du déplacement par des taux d'émissions unitaires qui dépendent fortement de la vitesse du véhicule (fonctions de plusieurs puissances) et prennent en compte l'équipement en pot catalytique.

³⁹ Les véhicules utilisés sont décrits dans l'EMD en termes de type de carburant (essence/diesel), année de mise en circulation et puissance fiscale; motorisation, tranche d'âge et tranches de cylindrée sont alors reconstituées.

Effets des polluants locaux sur la santé

La présence de ces substances polluantes dans l'atmosphère contribue à la dégradation de la qualité de l'air à l'échelle des villes et des régions. A des degrés divers, tous ces polluants ont des effets néfastes sur la santé. Leur nocivité est avérée **depuis de nombreuses années** :

- le monoxyde de carbone (CO), est un gaz asphyxiant qui, à de fortes concentrations, agit au niveau de l'hémoglobine en empêchant, par sa fixation, le transport de l'oxygène dans le sang ;
- les oxydes d'azote (NO_x) sont principalement constitués de deux gaz. Le monoxyde d'azote (NO), le plus abondant mais d'une durée de vie assez courte, provoque des cyanoses. Le dioxyde d'azote (NO₂) affecte les voies respiratoires et peut provoquer des intoxications aiguës en cas d'exposition à des concentrations élevées ;
- les hydrocarbures ou composés organiques volatils (COV)⁴⁰ regroupent des polluants tels que les aldéhydes, le benzène, le toluène, etc., dont plusieurs sont cancérigènes ; on les considère généralement comme les plus préoccupants du point de vue sanitaire ;
- les particules totales en suspension (TSP) incluent une grande hétérogénéité de matières aéroportées (aérosols, fumées, cendres, pollen, brouillard...), sans considération de leur nature chimique. Les particules dont le diamètre est inférieur à 10 microns peuvent pénétrer profondément dans l'appareil respiratoire, à l'instar de celles rejetées par les moteurs diesel.

En outre, CO, NO_x et COV évoluent chimiquement sous l'effet du rayonnement solaire et sont à l'origine d'une pollution photochimique, caractérisée par la production d'ozone et d'autres espèces dangereuses pour la santé et l'environnement. Malgré les baisses notables d'émissions de CO et COV, les teneurs en ozone croissent régulièrement dans les basses couches de l'atmosphère, notamment en Europe. L'ozone se distingue des principaux autres polluants associés au transport en ce qu'il se distribue sur de larges échelles géographiques, et participe aussi à l'effet de serre.

A l'heure actuelle, les effets sanitaires de ces polluants locaux, pour des concentrations désormais bien plus faibles que voici quelques décennies (comme par exemple 10 fois moins de CO dans l'air qu'il y a 30 ans), ne peuvent être mis en évidence que grâce à des études sur de très vastes populations.

Les résultats les plus récents permettent d'établir des relations dose-effet en distinguant :

- les effets à court terme, suivant de quelques jours des augmentations minimales des teneurs journalières de certains de ces polluants. Sont ainsi étudiés la mortalité cardio-pulmonaire, les épisodes bronchiques aigus et les crises d'asthme, en suivant particulièrement des groupes à risque connus (nourrissons et jeunes enfants, personnes âgées, insuffisants respiratoires ou cardiaques) ;
- et les effets à long terme, résultant d'effets cumulatifs sur une longue période, qui observent les effets d'augmentation de concentrations en moyennes annuelles, avec apparition de cancers, notamment pulmonaires, et l'installation de maladies chroniques, comme la bronchite chronique.

Connaissant l'exposition de la population, ces relations dose-effet permettent de calculer un nombre de cas de ces maladies attribuables à la pollution atmosphérique.

Finalement, la surveillance épidémiologique, sur un grand nombre de villes en France et en Europe, met en évidence les effets sur la santé (court et long terme) de la pollution atmosphérique urbaine, dont une moitié environ (part en baisse) est attribuable au trafic routier. Les risques sont « faibles » au niveau individuel, mais, compte tenu de l'importance des populations exposées, les cas attribuables à cette pollution représentent des effectifs non négligeables. Pour plus de détail, on se reportera à l'annexe 1 du présent rapport sur le lien entre pollution atmosphérique des transports et santé.

⁴⁰ Appellation issue d'un arrêté ministériel daté du 1er mars 1993.

1.4.1.4 Moyennes et distribution des budgets individuels, Principaux indicateurs utilisés

Les quantités par déplacement sont sommées par individu, ménage, zone ou finalement région. La dépense d'énergie et les émissions polluantes dues aux déplacements des personnes varient finalement en fonction de deux éléments principaux :

- la distance parcourue de manière sensiblement proportionnelle,
- le mode de transport utilisé qui détermine la quantité d'énergie consommée et de polluants émis au kilomètre parcouru.

Nous appuyons aussi les analyses des DEED sur des indicateurs synthétiques associés à ces deux dimensions clés des comportements individuels de mobilité :

- le budget-distance (DIST) décrit la distance journalière parcourue par chaque individu ou chaque ménage pour ses déplacements internes à la zone d'enquête,
- le budget-temps (DUREE) donne la durée journalière que chaque individu ou chaque ménage consacre à ses déplacements internes à la zone d'enquête,
- la répartition modale permet d'évaluer la part des différents modes (agrégats modaux) de transport dans le budget-distance ; cinq catégories ont été distinguées dans le cas général :
 - les modes de proximité non polluants (MPROX) : marche à pied et vélo,
 - les deux roues motorisées (DRM),
 - les transports en commun (TC) qu'ils soient urbains ou interurbains,
 - les modes de type « voiture conducteur » (VPC) : voitures, véhicules utilitaires comme conducteur et taxis,
 - les modes passagers (VPP) limités à la voiture en tant que passager.

La consommation kilométrique (BET/DIST), calculée à partir du rapport entre le Budget Énergie Transport (BET) et le budget-distance, donne la consommation moyenne d'énergie au kilomètre parcouru ; elle est mesurée en gep/km.

1.4.1.5 Sommation au zonage, représentation géographique des budgets

Dès lors qu'elles sont estimées au niveau désagrégé le plus fin des déplacements, consommations et émissions peuvent être sommées au niveau des individus, des ménages qui les regroupent, des zones qui accueillent leur résidence, *etc* (et de tout autre regroupement, comme certaines analyses par mode, motif, *etc* que nous avons déjà pratiquées dans un passé récent). La sommation peut donc être rapportée sans difficulté au niveau des zones, communes ou regroupements de communes de résidence, permettant une représentation géographique (ou cartographie) détaillée.

NB : il s'agit bien de rapporter les quantités consommées et émises aux seules zones d'habitation des ménages qui se sont déplacés. Concernant spécifiquement le secteur des transports, il faut insister sur le fait que cette répartition géographique ne correspond pas à la réelle répartition des émissions dans l'espace (qui dans d'autres contextes s'avère utile, par

exemple pour passer des émissions aux concentrations, ou dans le calcul d'exposition des populations aux émissions plus "locales")⁴¹.

Il importe également de préciser à ce stade deux autres types de limitation notables, que l'usage des EMD, source statistique pourtant incontournable, impose à la cartographie des consommations et émissions liée à la mobilité des résidents :

- le périmètre d'enquête (ou zone géographique; ici l'arrondissement de Lille) est malheureusement indépassable, et généralement fixe dans le temps, d'une enquête à l'autre, alors qu'il est pourtant bien rare que ce périmètre englobe l'ensemble de la zone périurbaine sur laquelle "l'étalement" se développe au cours du temps ;
- la taille des échantillons des EMD (de l'ordre de quelques milliers d'observations de ménages, certes choisies avec un plan de sondage minutieux, mais censées représenter des centaines de milliers ou des millions de ménages) débouche en outre inmanquablement sur une bien faible représentativité de ces observations au niveau spatial le plus fin pour la représentativité des flux entre zones d'origines et de destinations.

Un paradoxe est donc attaché à la notion de "finesse" attendue du zonage auquel on rapporte ces émissions pour obtenir leur représentation cartographique (en un mot, plus le zonage est fin et moins les résultats sont représentatifs; et réciproquement, moins il est fin et plus les résultats sont fiables et robustes). Un compromis est obligatoirement nécessaire sur la taille des zones - regroupant souvent plusieurs communes - afin de concilier les objectifs de "finesse" espérée et de "robustesse" souhaitable des résultats...

1.4.2 Du DEED classique au bilan élargi...

Rappelons également que dans le cadre du « DEED classique » l'EMD ne nous permet d'estimer les impacts environnementaux que pour les déplacements journaliers dont on connaît ou reconstitue la longueur, c'est à dire que pour celles des mobilités quotidiennes des résidents qui sont internes au périmètre de l'enquête. En un mot, le DEED⁴², comme l'enquête-ménages, n'est initialement centré que sur les déplacements voyageurs internes.

Il apparaît pourtant souhaitable de pouvoir compléter cette estimation environnementale par la prise en compte exhaustive de toutes les catégories de trafics en présence. Comme précisé dans la plaquette de premiers résultats de l'EMD :

« Il faut remarquer que l'EMD ne permet pas de connaître le trafic de transit et d'échange venant de l'extérieur de la métropole ni le trafic de marchandises qui représentent environ 30% du trafic total sur la métropole lilloise. L'enquête « cordon » prévue en 2007 donnera ces informations », [LMCU, 2006].

⁴¹ Ce n'est qu'au prix d'un travail bien plus important que la méthode des DEED, couplée avec le module de plus court chemin d'un modèle d'affectation de trafic peut permettre de rapporter les émissions aux zones traversées par les déplacements. Mais tel n'est pas notre sujet.

⁴² bilan sur les territoires et analyses désagrégées des mobilités et de leurs impacts environnementaux, en fonction de leurs différents déterminants, en tenant compte des évolutions technologiques et des évolutions de comportements.

Formellement, un diagnostic environnement de la mobilité global doit viser l'estimation globale des quantités de gaz à effet de serre (GES), ou de CO₂, émises par le secteur des transports dans une région urbaine. Il nécessite *a priori* de prendre en compte :

- l'ensemble des déplacements réalisés par les membres des ménages y résident (que ces déplacements soient ou non réalisés au sein de la région urbaine de résidence), qu'ils le soient dans les espaces du quotidien, ou sur de plus longues distances, en week-end, en vacances, etc.;
- l'ensemble des déplacements d'autres personnes y séjournant ou traversant cette même zone urbaine;
- mais aussi les transports de marchandises (locaux ou en transit), de déchets, ainsi que les déplacements engendrés par différents services (de santé, de police, etc.) dans cette zone.

La partie 2 ci-après détaille sources, méthodes et résultats de cet exercice de diagnostic élargi à l'ensemble des trafics (échange, transit, marchandises⁴³, par tous les modes et pas seulement routiers) qui concernent LMCU. Dans toute la suite, nous dénommerons « Diagnostic Environnemental de la Mobilité » (DEM) ce « DEED élargi » qui offre une photographie de la situation des déplacements et de leurs impacts environnementaux sur le territoire communautaire.

⁴³ Livraisons de marchandises en ville, échange et transit des poids lourds.

2 Bilan environnemental global des transports

Rappelons en introduction que le DEED dit « interne » ne calcule que les consommations énergétiques et émissions de polluants liées aux déplacements internes des résidents du périmètre communautaire. Il ne donne donc qu'une vision partielle des émissions des transports sur le territoire. Les résultats de ce DEED interne - analyses détaillées en fonction des principaux déterminants de la mobilité- seront décrits dans la troisième partie.

Le bilan environnemental global vise à donner une vision complète en étendant le calcul à l'ensemble des trafics concernant le territoire de la communauté urbaine de Lille.

Contrairement au DEED « interne », sa seule vocation est d'établir les poids respectifs des différents modes ou types de trafic dans les émissions totales et de mesurer leur évolution dans le temps, non d'analyser les différents déterminants de la formation de la dépense énergétique et des émissions des transports.

Formellement, ce bilan global, qui n'a pas encore fait l'objet d'une standardisation méthodologique comme le DEED « interne », se construit en 4 étapes :

- ❑ Recensement des trafics à prendre en compte ;
- ❑ Recueil des données de trafic ;
- ❑ Recherche des facteurs d'émission ;
- ❑ Calcul des consommations énergétiques et émissions polluantes.

Les différents paragraphes de cette partie suivent ce schéma.

2.1 Trafics pris en compte

Le tableau suivant recense les différents trafics pris en compte dans le calcul global des consommations et émissions polluantes du transport sur le territoire communautaire.

Il distingue notamment :

- le type de transport : voyageurs ou marchandises ;
- la catégorie de déplacements : interne, échange ou transit ;
 - trafic interne : origine et destination dans le périmètre d'étude;
 - trafic d'échange : depuis le périmètre vers l'extérieur ou depuis l'extérieur vers le périmètre ;
 - trafic de transit : déplacement traversant le périmètre sans s'y arrêter.
- le mode de transport : voiture particulière, deux-roues motorisés, modes de transports collectifs pour les voyageurs ; route, fer et voie d'eau pour les marchandises.

Le tableau reprend aussi la source de la donnée mobilisée ainsi que l'unité dans laquelle elle s'exprime :

Type de transport	Catégorie de déplacements	Mode de transport	Source utilisée	Unité
Voyageurs	Interne	VP résidents	Enquête déplacements	Véhicules*km
		VP non résidents	Enquête déplacements	Véhicules*km
		VP non recensés	Modèle de trafic	Véhicules*km
		Autres modes	Enquête déplacements	Voyageurs*km
	Échange	VP	Enquête cordon	Véhicules*km
		Train	Horaires SNCF	Véhicules*km
		Car	Enquête cordon	Véhicules*km
	Transit	VP	Enquête cordon	Véhicules*km
		Train	Horaires SNCF	Véhicules*km
		Car	Enquête cordon	Véhicules*km
Marchandises	Interne	Routier PL	Modèle Freturb	Véhicules*km
		Routier VUL	Modèle Freturb	Véhicules*km
		Ferroviaire	Compte marchandises	Tonnes*km
		Fluvial	Compte marchandises	Tonnes*km
	Échange	Routier PL	Enquête cordon	Véhicules*km
		Routier VUL	Enquête déplacements	Véhicules*km
		Ferroviaire	Compte marchandises	Tonnes*km
		Fluvial	Compte marchandises	Tonnes*km
	Transit	Routier PL	Enquête cordon	Véhicules*km
		Routier VUL	Enquête déplacements	Véhicules*km
		Ferroviaire	Compte marchandises	Tonnes*km
		Fluvial	Compte marchandises	Tonnes*km

Tableau 6 : sources de données mobilisées

*VP : Voiture Particulière
 PL : Poids Lourd
 VUL : Véhicule Utilitaire Léger*

Les sources de données peuvent être hétérogènes, à la fois concernant le mode de recueil, l'unité dans laquelle elles se présentent ainsi que l'année de collecte. Le paragraphe suivant détaille les données recueillies et méthodes employées pour homogénéiser ces données.

2.2 Les données de trafic

2.2.1 Déplacements de voyageurs

2.2.1.1 Voiture particulière

Les déplacements internes des résidents sont recensés par l'enquête ménages déplacements. Les non résidents de l'aire d'étude peuvent effectuer aussi des déplacements internes. Leur volume et les distances parcourues sont estimés par deux moyens :

- déplacements VP des non résidents : estimation d'un ratio de déplacements internes réalisés par les non résidents grâce à l'enquête grand territoire qui recense les déplacements des résidents de l'aire métropolitaine lilloise élargie aux territoires frontaliers belges de Flandre et de Wallonie. Trois déplacements d'échange entrants des non résidents génèrent un déplacement interne, ce déplacement ayant une longueur moyenne de 6 km ; le trafic total généré par ces déplacements est d'environ 500 000 km en 2006.
- déplacements VP non recensés : certains déplacements ne sont pas recensés dans l'enquête déplacements. Il s'agit essentiellement des :
 - déplacements de marchandises
 - déplacements de tournée des professionnels (taxis par exemple)
 - ...

La modélisation des déplacements permet d'estimer l'écart entre le trafic généré par les déplacements recensés dans l'enquête et le trafic total à partir de comptages routiers notamment. Ce coefficient est d'1,19. Lorsque l'on soustrait de ce total les déplacements non recensés mais calculés par ailleurs (marchandises par le modèle FRETURB et interne des non résidents par l'enquête grands territoires), le coefficient de calage des déplacements non recensés est de 6,7%

Le trafic routier des voyageurs non recensé s'élève donc à environ 650 000 km en 2006.

Les déplacements d'échange et de transit, qu'ils soient réalisés ou non par des résidents, sont estimés grâce aux enquêtes cordons de 1998 et 2007.

Ces enquêtes permettent d'estimer, aux points d'entrée et de sortie du périmètre d'étude, les origines et destinations des trafics d'échange et de transit des voitures et poids lourds en circulation. Elles portent sur un jour moyen ouvrable représentatif de semaine (mardi ou jeudi) hors ponts et vacances scolaires.

Les résultats poste par poste permettent de constituer des matrices origine/destination de ces déplacements. L'utilisation d'un modèle d'affectation permet de répartir le trafic d'échange et de transit sur le réseau routier modélisé de l'agglomération et de reconstituer ainsi des itinéraires, et donc des distances, proches de la réalité.

Le logiciel utilisé sur l'agglomération lilloise est EMME/2. Il permet une sortie de résultats en unité véhicule*km, produit des trafics sur chaque section du réseau par la longueur du tronçon.

Une autre approche, moins précise, consisterait à évaluer la distance moyenne d'un déplacement d'échange et de transit et de les multiplier par le nombre de déplacements interceptés aux points d'enquêtes.

Redressement des données d'enquêtes cordon :

Les enquêtes cordon n'interceptent pas la totalité des trafics, car un certain nombre de voiries secondaires ne sont pas enquêtées, essentiellement pour des raisons de coût. Ce trafic a pu être estimé grâce à des données de comptages automatiques à 7% du trafic enquêté.

Par ailleurs, le périmètre de l'enquête (arrondissement de Lille) correspond à un territoire supérieur à celui de la communauté urbaine de Lille. Une partie du trafic d'échange et de transit relativement à l'arrondissement a dû être reclassée relativement à la communauté urbaine.

Les résultats tiennent compte de cet écart.

2.2.1.2 Train

Les trafics voyageurs de train sont estimés sur la base du CD des horaires disponible auprès de la SNCF. Le CD fournit l'exhaustivité des services de trains voyageurs sur une période de 6 mois. La période choisie est celle du 10 décembre 2006 au 7 juillet 2007.

La donnée fournie est donc la distance parcourue par les trains voyageurs sur le territoire de la communauté urbaine de Lille, selon deux croisements :

- *le type de déplacement* : interne, échange ou transit. Un train s'arrêtant à Lille Europe sans que cette gare ne soit son terminus est compté en échange, la donnée passager par passager n'étant pas accessible ;
- *le type de train* : TER, grandes lignes (Corail, ...) ou grande vitesse (TGV, Eurostar, Thalys).

Les tableaux de résultats, en JMA et en JMO, sont les suivants :

Trafics JMA	Échange	Transit
TGV/Eurostar/Thalys	1 855	1 380
Grandes lignes/Corail	391	44
TER	5 985	0
TOTAL	8 231	1 424

Trafics JMO	Échange	Transit
TGV/Eurostar/Thalys	1 947	1 505
Grandes lignes/Corail	390	46
TER	6 928	1
TOTAL	9 265	1 552

Tableau 7 : trains*kilomètres (voyageurs) réalisés dans LMCU (JMA et JMO)

Source : SNCF – CD des horaires

2.2.1.3 Car

Cette catégorie exclut les lignes régulières dont les déplacements sont déjà comptabilisés dans le DEED « interne ». Il s'agit donc de comptabiliser les distances parcourues par les cars de tourisme, cars scolaires (ex : déplacements de visites ...), etc.

La source utilisée est l'enquête cordon, qui fournit des comptages de cars sur l'ensemble des points d'enquête. Les points retenus sont ceux situés sur le réseau autoroutier, de manière à

exclure les cars de lignes régulières, et en faisant l'hypothèse que ce type de déplacements utilise très majoritairement le réseau primaire autoroutier.

Une distance forfaitaire de parcours sur le territoire communautaire est ensuite retenue. Cette valeur, de 15 km, correspond approximativement au rayon de la communauté urbaine, moyennant ainsi des déplacements plus courts et d'autres plus longs incluant des arrêts et des trajets non directs.

Un car en transit, compté en 2 points, sera donc comptabilisé pour 30 km.

La répartition entre l'échange et le transit est elle aussi forfaitaire, faute de données plus précises. Elle est fixée à 80 % d'échange et 20 % de transit. Par comparaison, la même répartition concernant le trafic des véhicules particuliers est de 90% / 10%. Il est donc supposé que la part de transit des cars de tourisme dans l'agglomération est supérieure à celle des voitures.

Les résultats sont les suivants :

- distances parcourues par les cars en échange (JMO) : 6 264 km
- distances parcourues par les cars en transit (JMO) : 1 566 km

2.2.2 Transport de marchandises

2.2.2.1 Mode routier

Deux sources sont utilisées pour le mode routier, selon que le trafic considéré soit interne ou externe :

Trafic interne

Le fret routier lié à la logistique urbaine a été estimé en 2000 par le modèle « Freturb ».

Freturb est un modèle de simulation de transport de marchandises en ville dont le modèle de génération s'appuie sur des ratios de livraison/enlèvement par catégorie d'emploi.

Le modèle a été calé grâce à de nombreuses enquêtes auprès des établissements générant du transport de marchandises.

Les données fournies en sortie permettent une distinction entre 3 types de véhicules :

- Véhicules Utilitaires Légers (VUL) ;
- Poids Lourds (PL) porteurs constitués d'un véhicule sans remorque ;
- Poids Lourds (PL) articulés constitués d'un véhicule tracteur et d'une ou plusieurs remorques.

Le modèle est construit à partir de données dont l'année de référence est 2000. Une actualisation aux années 1998 et 2006 est donc nécessaire.

La variable emploi, explicatrice de la génération de fret urbain, a été utilisée. Le site de l'INSEE fournit par zone d'emploi, l'emploi total selon 5 grandes catégories depuis l'année 1998.

A partir des résultats du modèle de 2000, des ratios de mouvements de marchandises par catégorie d'emploi ont été recalculés et affectés ensuite aux emplois des années 1998 et 2006.

Cette méthode permet d'estimer une hausse entre 1998 et 2000 de 2% du trafic de marchandises, et une nouvelle hausse de 2% entre 2000 et 2006.

Le tableau ci-dessous reprend les éléments de calcul et hypothèses effectués.

	Agriculture	Industrie	Construc.	Commerce	Services	Total
Emploi 1998	2 579	75 116	20 117	69 461	278 871	446 144
Emploi 2000	2 417	72 606	20 849	70 939	287 604	454 415
Emploi 2006	2 818	55 935	24 102	74 262	309 485	466 602
Ratios de mouvements par semaine	0.1	1	1	4.2	0.5	/
Mouvements 1998 par semaine	258	75 116	20 117	291 736	139 436	526 663
Mouvements 2000 par semaine	242	72 606	20 849	297 944	143 802	535 443
Mouvements 2006 par semaine	282	55 935	24 102	311 900	154 743	546 962
Évolution 1998/2000	7%	3%	-4%	-2%	-3%	-2%
Évolution 2006/2000	17%	-23%	16%	5%	8%	2%

Tableau 8 : mouvements de marchandises internes LMCU par grands secteurs

Source : modèle FRETURB

Trafic externe

Ce trafic, qui inclut l'échange et le transit, est estimé, comme pour les véhicules légers, par l'enquête cordon et une affectation de matrices sur le réseau modélisé de l'agglomération lilloise.

2.2.2.2 Mode ferroviaire

Les données utilisées pour le transport ferroviaire de marchandises sont issues d'une étude datant de 2000 intitulée « compte marchandises » et portant sur le territoire de l'arrondissement territorial de Lille.

Cette étude, à laquelle le lecteur pourra se référer, fournit la répartition du trafic de marchandises par le mode ferré selon les 3 types de trafic : interne, échange et transit.

Les résultats sont les suivants :

- Trafic interne : 658 tonnes*km
- Trafic d'échange : 213 051 tonnes*km
- Trafic de transit : 1 789 310 tonnes*km

Compte tenu de la difficulté de mobiliser des données plus récentes et du poids de ce mode dans les émissions totales, le travail d'actualisation de la donnée n'a pas été réalisé.

2.2.2.3 Mode fluvial

Le compte marchandises fournit les mêmes indicateurs de trafic que pour le mode ferroviaire :

- Trafic interne : 6 093 tonnes*km
- Trafic d'échange : 246 164 tonnes*km
- Trafic de transit : 255 664 tonnes*km

Comme pour le trafic ferroviaire, les valeurs 1998 et 2006 n'ont pas été calculées, la valeur du compte marchandises a été affectée à ces deux années de référence.

2.2.3 Transport aérien

Les données de transport aérien détaillées ne sont pas connues.

La DGAC, qui a mené une étude de calcul des émissions du cycle LTO (Landing and Take-Off), nous a fourni le nombre total de mouvements commerciaux :

- 1998 : 20 058 mouvements
- 2006 : 16 935 mouvements

2.3 Les facteurs d'émission

Le mode de calcul des consommations énergétiques et émissions polluantes diffère largement dans le DEED dit « interne » et le reste des trafics pris compte.

L'approche sur le DEED interne est très fine, le calcul effectué déplacement par déplacement selon les caractéristiques du véhicule utilisé (année de mise en circulation, type de motorisation et puissance fiscale) et du déplacement effectué (mode, vitesse, distance).

Pour les autres trafics, le calcul se fait par l'usage de facteurs d'émissions agrégés qui ne tiennent pas compte d'autant de variables. En ce sens, la méthode se rapproche de celle du bilan carbone TM de l'ADEME.

Comme le paragraphe précédent, celui-ci sera décomposé en déplacements de voyageurs et transport de marchandises.

2.3.1 Déplacements de voyageurs

2.3.1.1 Voiture particulière

Le calcul pour la voiture particulière utilise des sources issues de la méthodologie COPERT 3 croisées avec des données issues de la modélisation du trafic de l'agglomération lilloise. Le principe est d'utiliser les résultats du DEED dit « interne », détaillé dans la partie 3 du rapport, en faisant appel à une clé de passage pour convertir des facteurs d'émission du trafic interne en facteurs d'émission des trafics d'échange et de transit.

Cette clé est construite à partir du logiciel IMPACT_DEED utilisé dans la construction du DEED « interne ». Ce logiciel fournit des données de consommation énergétique et d'émissions polluantes selon 5 caractéristiques :

- *trois liées au véhicule* : année de mise en circulation, type d'énergie, puissance fiscale. Lorsque l'une des données est manquante le logiciel fait appel à des caractéristiques moyennes du parc national l'année considérée ;
- *deux liées au déplacement* : vitesse et distance. La distance permet notamment de prendre en compte les surconsommations et surémissions à froid du véhicule.

Ce sont ces deux dernières caractéristiques que l'on fait varier pour estimer le rapport entre les émissions des trafics internes, d'échange et de transit. En l'absence de données précises de parcs de véhicules, on fait l'hypothèse que les parcs de ces différents trafics ne sont pas suffisamment différents pour que cela joue de façon importante sur les facteurs d'émission.

La vitesse moyenne des différents trafics est estimée par le modèle de trafic de l'agglomération lilloise.

- *Interne* : 38 km/h
- *Echange* : 55 km/h
- *Transit* : 76 km/h

La distance de prise en compte de surémission du moteur froid est de 4 km. Sur un déplacement interne de distance moyenne 5,7 km, cette distance est de 3 km, de nombreux déplacements étant inférieurs à 4 km. Pour l'échange, environ un déplacement sur deux a son origine dans la communauté urbaine de Lille, la distance moyenne parcourue à froid est donc de 2 km. Pour le transit, elle est négligeable.

Ces hypothèses étant prises, le logiciel IMPACT_DEED fournit les coefficients de passages entre les facteurs d'émission relatifs au trafic interne et ceux relatifs au trafic d'échange d'une part et les facteurs d'émission relatifs au trafic interne et ceux relatifs au trafic de transit d'autre part, repris dans le tableau ci-dessous :

	Conso	CO	NO _x	COV	PM	CO ₂	EqCO ₂
Passage Interne/Echange	0,74	0,39	0,78	0,47	0,54	0,75	0,74
Passage Interne/Transit	0,63	0,12	0,71	0,17	0,46	0,64	0,64

Tableau 9 : coefficients de passage des facteurs d'émission (interne, échange, transit)

Source : CETE-Inrets

Les facteurs d'émission du trafic interne sont estimés en retenant le facteur d'émission moyen calculé dans le DEED « interne ».

En utilisant les coefficients de passage ci-dessus, on obtient, pour les trois catégories de trafic en 1998 et 2006 les facteurs d'émission suivants :

	Conso (gep)	CO (g)	NO _x (g)	PS (g)	COV (g)	CO ₂ (g)	EqCO ₂ (g)
Trafic interne 1998	80	13,6	1,0	0,08	1,4	224	234
Trafic d'échange 1998	59	5,3	0,8	0,04	0,8	168	173
Trafic de transit 1998	50	1,6	0,7	0,01	0,7	143	149
Trafic interne 2006	73	4,8	0,6	0,06	0,5	205	216
Trafic d'échange 2006	54	1,9	0,5	0,03	0,3	154	160
Trafic de transit 2006	46	0,6	0,4	0,01	0,2	131	138

Tableau 10 : facteurs d'émission par type de trafic

Source : calcul CETE-Inrets

2.3.1.2 Train

Les facteurs d'émission du transport ferroviaire de voyageurs ont été estimés grâce aux données récupérées sur le matériel roulant utilisé par la SNCF pour différents types de trafic (régional, grandes lignes et grande vitesse) :

	Facteur d'émission (g éq.CO ₂ /km)
TGV/Eurostar/Thalys	193
Grandes lignes/Corail	385
TER	612

Tableau 11 : facteur d'émission des trains

Source : SNCF

2.3.1.3 Car

Le facteur d'émission du car est issu du tableur de facteurs d'émission agrégés de COPERT 3. Ce tableur fournit pour l'ensemble des polluants de l'air et la consommation énergétique des facteurs kilométriques. Ils sont disponibles de 5 ans en 5 ans entre 1970 et 2025. L'année de référence choisie est 2005 pour les données de l'enquête cordon 2007.

Les facteurs d'émission agrégés distinguent le type de route selon 3 catégories :

- urbaine ;

- routière ;
- autoroutière.

Le modèle de trafic permet d'estimer la part du trafic externe de voyageurs réalisé sur ces différents réseaux. Il se répartit en 75% autoroutes et 25% urbain.

Le facteur d'émission global est donc calculé par une combinaison linéaire de ces facteurs d'émission. Le tableau suivant liste par polluant le facteur retenu :

	Conso	CO	NO _x	COV	PM	CO ₂	EqCO ₂
Facteurs d'émission du car	244	1,5	5,3	3,5	0,14	753	764

2.3.1.4 Transport aérien

La DGAC nous a transmis les résultats d'une étude portant sur les 50 principaux aéroports français. Les résultats sont disponibles aux deux années de référence du DEM : 1998 et 2006.

Le calcul porte ici sur le cycle LTO (Landing and Take-Off) que le schéma suivant résume :

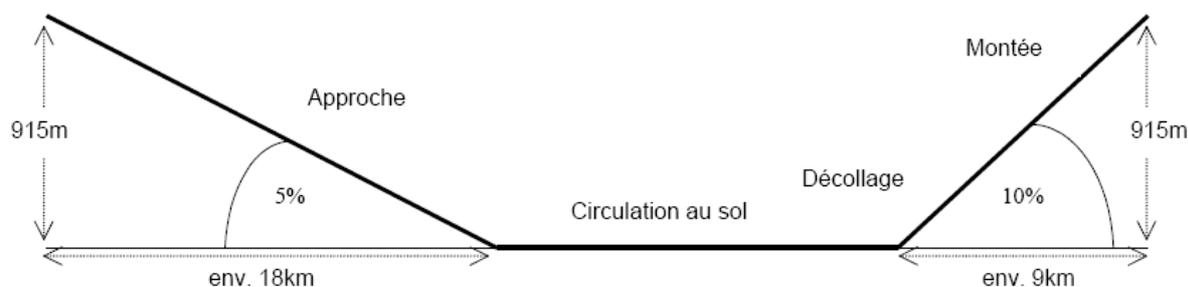


Figure 10 : cycle LTO (atterrissage, décollage)

Source : DGAC

Le calcul est désagrégé, pour chaque polluant, par type d'avion, et pour chaque phase du cycle. Le paragraphe 2.4 présente quelques grands résultats de cette étude et les comparent aux autres trafics pris en compte dans le DEM.

2.3.2 Transport de marchandises

2.3.2.1 Mode routier

Les facteurs d'émissions du transport routier de marchandises sont calculés à partir de données de COPERT 3.

Toutefois, un certain nombre d'opérations intermédiaires sont nécessaires pour faire correspondre les facteurs d'émission de COPERT 3 avec les données de transport mobilisables par les différentes enquêtes (cordon pour le trafic externe, freturb pour le trafic interne).

Pour rappel, les enquêtes fournissent des kilomètres parcourus par 4 types de véhicules :

- VUL ;
- PL porteur ;

- PL articulés ;
- PL trains routiers ;

COPERT 3 fournit des facteurs d'émissions agrégés selon 5 types de véhicules :

- VUL ;
- PL de PTAC 3,5 t à 7,5 t ;
- PL de PTAC 7,5 t à 16 t ;
- PL de PTAC 16 t à 32 t ;
- PL de PTAC supérieur à 32 t.

Une correspondance entre les 2 nomenclatures s'est donc avérée nécessaire. Elle a été construite à la fois à dire d'experts, selon la connaissance des différents types de poids lourds et en s'appuyant sur des données fournies par l'enquête TRM (Transport Routier de Marchandises) de 2006.

Le tableau suivant présente les combinaisons linéaires retenues :

	Porteur	Articulé (urbain)	Semi- remorque	Train routier
<i>VUL</i>	9 %	0 %	0 %	0 %
<i>PTAC 3,5 t à 7,5 t</i>	17 %	0 %	0 %	0 %
<i>PTAC 7,5 t à 16 t</i>	51 %	0 %	70 %	0 %
<i>PTAC 16 t à 32 t</i>	23 %	80 %	25 %	0 %
<i>PTAC > 32 t</i>	0 %	20 %	5 %	100 %

Tableau 12 : table de correspondance des nomenclatures de type de véhicules de transport de marchandises routiers

Source : calcul CETE-Inrets à partir de l'enquête TRM

Un deuxième niveau d'agrégation est nécessaire, car les facteurs d'émissions agrégés sont disponibles selon 3 types de réseaux : urbain, routier et autoroutier.

Une correspondance est donc à construire entre les types de trafic (interne, échange, transit) et les types de réseaux. Le modèle de trafic de l'agglomération nous a permis de répartir le trafic d'échange selon ces 3 catégories de circulation. Les trafics internes et de transit sont affectés par simplification totalement à des circulations respectivement urbaine et autoroutière :

	Interne	Échange	Transit
Urbain	100 %	11 %	0 %
Routier	0 %	15 %	0 %
Autoroutier	0 %	74 %	100%

Tableau 13 : table de correspondance type de trafic – type de réseaux

Source : calcul CETE Inrets

Ces deux niveaux d'agrégation permettent de définir les facteurs d'émission, polluant par polluant, pour chaque type de véhicule selon le type de trafic :

FE 1995		Conso (gep/km)	CO (g/km)	NOX (g/km)	COV (g/km)	PM (g/km)	CO ₂ (g/km)	EqCO ₂ (g/km)
Interne	VUL	121	1.9	3.0	0.3	0.48	375	381
	Porteur	250	4.0	9.6	2.5	0.92	767	778
	Articulé	408	4.3	17.5	2.6	1.23	1263	1276
Échange	VUL	104	1.4	1.8	1.3	0.27	318	324
	Porteur	175	1.9	5.0	3.6	0.27	535	544
	Articulé	211	2.1	6.2	4.4	0.33	644	654
	Train routier	326	2.0	11.9	7.9	0.71	995	1006
Transit	VUL	108	1.3	1.7	1.7	0.15	329	335
	Porteur	168	1.6	4.3	4.3	0.14	510	520
	Articulé	199	1.7	5.3	5.3	0.17	607	617
	Train routier	297	1.6	10.1	10.1	0.33	901	912

FE 2005		Conso (gep/km)	CO (g/km)	NOX (g/km)	COV (g/km)	PM (g/km)	CO ₂ (g/km)	EqCO ₂ (g/km)
Interne	VUL	113	1.0	1.7	0.3	0.21	352	358
	Porteur	249	2.0	5.0	1.6	0.41	772	782
	Articulé	408	1.9	7.1	1.2	0.35	1274	1285
Échange	VUL	96	0.8	1.3	1.0	0.12	295	301
	Porteur	174	1.1	2.9	2.2	0.12	538	548
	Articulé	211	1.2	3.6	2.7	0.14	651	661
	Train routier	326	1.1	5.5	3.7	0.21	1009	1019
Transit	VUL	99	0.8	1.3	1.3	0.09	305	311
	Porteur	167	0.9	2.6	2.6	0.06	514	524
	Articulé	199	1.0	3.1	3.1	0.07	615	625
	Train routier	297	1.0	4.7	4.7	0.10	918	928

Tableau 14 : facteurs d'émissions des véhicules de transport routier de marchandises

Source : calcul CETE-Inrets

Notons que l'équivalent CO₂ n'est pas directement accessible dans le tableau des facteurs d'émission. Il est à recalculer de la même façon que pour le DEED des déplacements internes, par la prise en compte de trois gaz (dioxyde de carbone – CO₂, méthane – CH₄ et protoxyde d'azote – N₂O) et de leurs pouvoirs de réchauffement globaux respectifs (cf. 1.3.1.3) :

$$\text{EqCO}_2 = \text{CO}_2 + 21 * \text{CH}_4 + 310 * \text{N}_2\text{O}$$

2.3.2.2 Mode ferroviaire

Le transport ferré de marchandises représente 14% du trafic total de marchandises (tonnes*km) en 1998 pour descendre à 13% en 2006. La démarche du DEED élargi est d'intégrer dans le bilan énergétique et environnemental de la LMCU des trafics ferrés de marchandises bien que la quasi-totalité du volume de marchandises, soit 82% en 1998 et 84% en 2006, soit transportée par la route.

Les facteurs déterminants du bilan pour le transport ferré de marchandises sont le type d'alimentation énergétique (diesel ou électrique, et dans ce dernier cas, la source de la production d'électricité qui alimente le réseau), la charge (ici train entier ou wagons).

Nous avons pris les facteurs d'émission et de consommation énergétique qui ont été harmonisés en termes de charge (retour à vide compris) avec d'autres modes de transport de marchandises. C'est pourquoi nous avons retenu les indicateurs définis par l'étude menée pour le compte de l'ADEME en 2002 par le cabinet EXPLICIT.

	Conso unitaire gep / t*km	émission unitaire CO2 g / t*km
Trains entier électrique	3.20	-
Trains entier diesel	13.84	43.44
Total trains entiers	4.68	6.07
Transport combiné électrique	4.52	-
Transport combiné diesel	14.08	44.21
Total transport combiné	4.65	0.60
Wagons isolés électriques	6.28	-
Wagons isolés diesel	25.45	79.87
Total Wagons isolés	8.71	10.12

Tableau 15 : facteurs d'émissions et de consommation unitaires par type de train

Source : cabinet EXPLICIT pour ADEME

2.3.2.3 Mode fluvial

Le transport fluvial en Nord-Picardie est plus que modeste, ne représentant que 2% du trafic total (transit et échange compris) de marchandises (en tonnes*km) de la région en 1998 et 3% en 2006. Pour disposer d'un bilan environnemental complet des activités du transport sur la LMCU, il faut inclure les consommations d'énergie et les émissions d'éq-CO₂ de ces flux même marginaux.

Les différentes études sur les consommations sur les différents modes de transport se limitent à l'évaluation de l'impact en termes d'émissions de GES et de consommation de carburants, et n'incluent pas les émissions de polluants locaux. C'est pourquoi nous avons du nous limiter à la consommation énergétique et aux facteurs d'émission éq-CO₂ pour le DEED élargi.

Trois facteurs sont déterminants pour le bilan environnemental du secteur fluvial : le type de carburant (fuel)⁴⁴, les caractéristiques technologiques des véhicules et le taux de charge.

L'ADEME a commandé en 2006 une étude synthétisant les différentes méthodes permettant de dresser le bilan environnemental et énergétique du secteur fluvial. La comparaison des différentes méthodologies devant permettre de s'entendre sur les facteurs d'émission à utiliser pour des comparaisons en termes de consommation énergétique et d'émissions de GES avec d'autres modes de transport de marchandises.

Les différentes études menées par Enerdata et Explicit ont essayé d'établir des comparatifs d'une part entre les facteurs d'émissions de GES et d'autre par les niveaux d'émission de GES entre les différents modes de transport de marchandises, notamment pour le transport sur moyenne et longue distance. La méthodologie pour établir le bilan du mode fluvial a consisté dans les deux cas à récolter des collectes de données pour des trajets en conditions réelles (incluant par conséquent une part du trajet à vide) sur différents bassins. Les données collectées dans le cadre du projet d'études EXPLICIT résultent de face à face avec les opérationnels du secteur fluvial et par conséquent permettent de définir des facteurs d'émissions en conditions réelles. De part la spécificité de la collecte des données, l'étude EXPLICIT offre des informations sur le secteur fluvial plus variées et plus nombreuses que celle fournies notamment par Enerdata ou Eurostat, en ce qui concerne les bassins de circulation et les bateaux considérés.

Finalement, compte tenu de la faible part de ce trafic dans le bilan global, nous avons retenu les facteurs d'émission moyens fournis par l'étude explicit : 11,96 gep/t*km pour la consommation énergétique et 37,68 g-éq.CO₂/t*km pour les émissions de GES.

REFERENCES

- EXPLICIT-ADEME, *Evaluations des efficacités énergétiques et environnementales des modes de transports*, 2000.
- EXPLICIT-ADEME, *Actualisation des efficacités énergétiques et environnementales des modes de transports*, décembre 2002. (Etude réalisée par le cabinet d'études EXPLICIT pour l'ADEME régionale de Picardie).
- EXPLICIT, *Etude du bilan énergétique et des émissions polluantes dues aux transports en Aquitaine-Année de référence 2005*, Décembre 2008, (Etude réalisée pour le compte de la DRE Aquitaine)
- ENERDATA, *Efficacité énergétique des modes de transports*, 2002. (Etude réalisé pour le Ministère du développement durable-MEEDAAT).
- ADEME, *Etude sur le niveau de consommation de carburant des unités fluviales françaises*, Janvier 2006 (Etude réalisé par TL&Associés).
- ADEME, *Efficacités énergétique et environnementale des modes de transport-Synthèse publique*, Janvier 2008 (Etude réalisé pour le compte de l'ADEME par DELOITTE, Coordination technique Eric Vidalenc).

⁴⁴ Les différents types de carburant utilisés par les différents modes de transport ont des pouvoirs énergétiques différents et leur combustion se traduit par des volumes d'émissions de gaz à effet et d'émissions locaux de serre différents.

2.4 Résultats globaux

Les résultats complets, décomposés par type de transport (voyageurs/marchandises), type de trafic (interne/échange/transit) et mode de transport sont annexés au présent rapport.

Cette partie reprend les résultats importants, en valeur absolue et en évolution :

	Conso. (tep)	CO2 (t)	EqCO2 (t)	CO (t)	NOX (t)	COV (t)	PM (t)
1998	1 448	4 090	4 237	164	25.0	24.4	1.83
2006	1 482	4 258	4 430	62	16.2	10.8	1.18

Tableau 16 : consommations et émission journalières en 1998 et 2006

Source : calcul CETE-Inrets

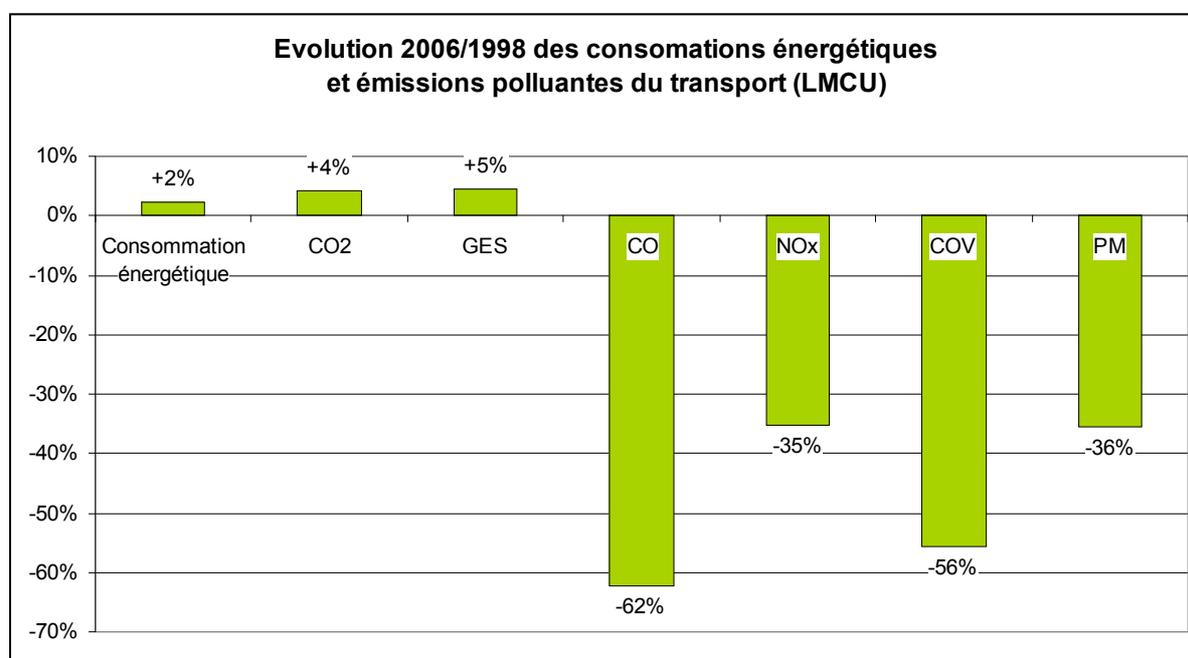


Figure 11 : évolution 1998-2006 des émissions et consommations

Source : calcul CETE-Inrets

Les évolutions sont très marquées selon le type de polluant :

Les émissions de gaz à effet de serre et la consommation énergétique sont en légère hausse sur les 8 dernières années, de respectivement +5% et +2%.

Ce résultat confirme la part de plus en plus importante des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports. Au niveau national et régional, les résultats vont dans le même sens. Pour rappel, les émissions de GES du secteur des transports représentent 26% du total national en 2005, et leur valeur est en hausse de 22% entre 1990 et 2005 (+27% en Nord-Pas-de-Calais), dans un contexte de baisse de 5% du total des émissions françaises.

En estimant par interpolation les émissions totales de GES en 1990 des transports sur le périmètre communautaire, on constate une croissance de ces émissions de 45% entre 1990 et 2006.

Les polluants locaux sont tous orientés au contraire à la baisse : de -35% pour les NOx à -62% pour le monoxyde de carbone.

2.5 Poids des différents postes

Le bilan est fortement contrasté par type de transport :

	1998	2006	Évolution 98-06
Total	4 237	4 430	5%
Voyageurs (t-éqCO ₂)	3 159	3 128	-1%
Marchandises (t-éqCO ₂)	1 077	1 302	21%

Tableau 17 : émissions journalières de GES voyageurs et marchandises

Source : calcul CETE-Inrets

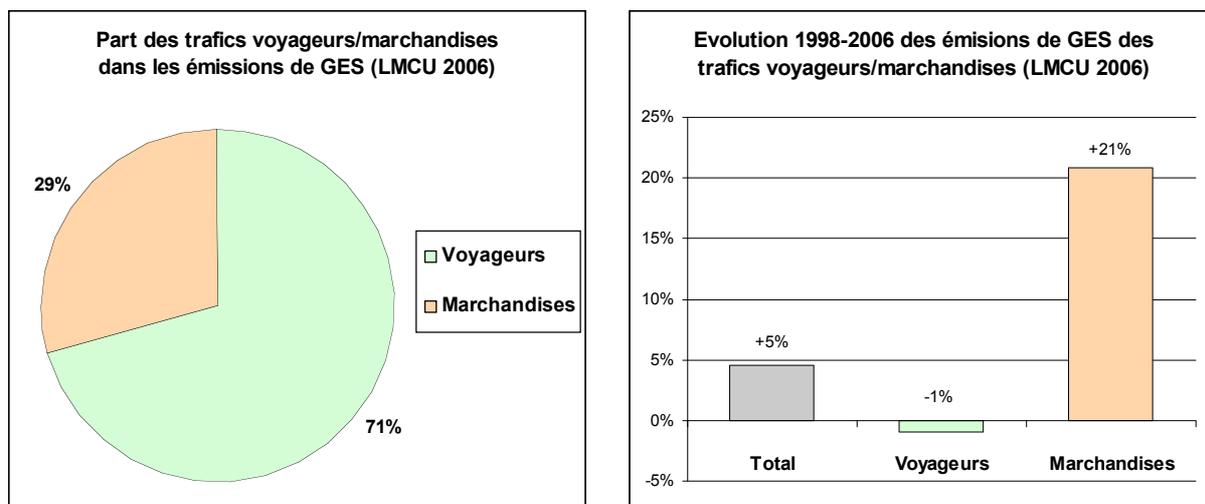


Figure 12 : répartition et évolution des émissions de GES Tous trafics

Source : calcul CETE-Inrets

Le trafic de voyageurs représente 71% des émissions de GES des transports en 2006.

Ces émissions sont stables par rapport à 1998.

Le trafic de marchandises, qui représente près de 30% des émissions en 2006, est lui en forte hausse de 26% sur 8 ans. Sa part a donc fortement augmenté dans le bilan global, de 25% en 1998 à 29% en 2006.

2.5.1 Déplacements de personnes

2.5.1.1 Répartition par type de trafic

Au sein des déplacements de personne, les évolutions sont là aussi fortement contrastées selon le type de trafic considéré :

	1998	2006	Évolution 98-06
Total voyageurs (t-éqCO ₂)	3 159	3 128	-1%
Voyageurs interne (t-éqCO ₂)	2 515	2 334	-7%
Voyageurs échange (t-éqCO ₂)	573	710	+24%
Voyageurs transit (t-éqCO ₂)	71	84	+19%

Figure 13 : émissions de GES selon le type de trafic - voyageurs

Source : calcul CETE-Inrets

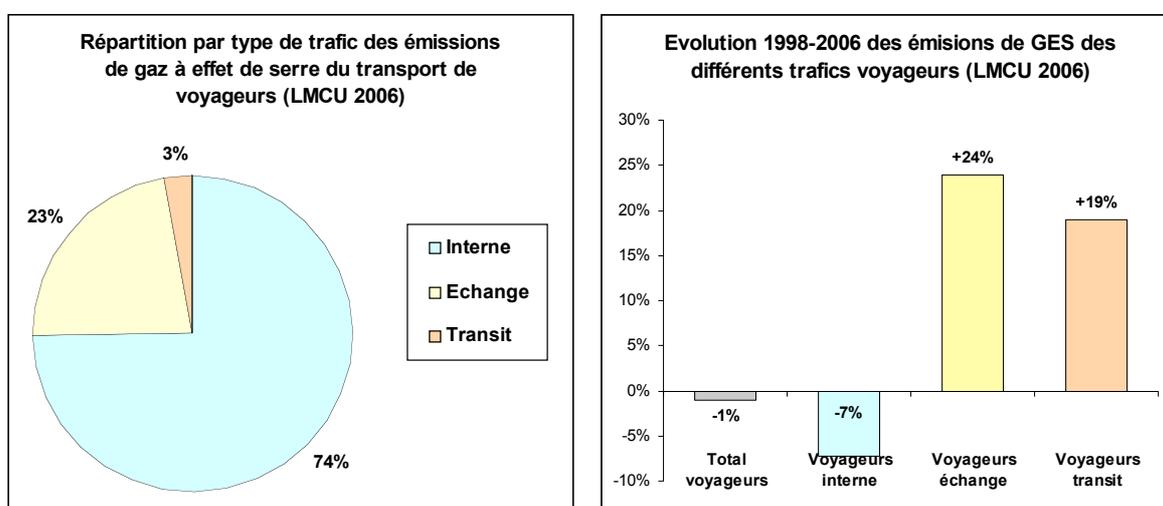


Figure 14 : répartition et évolution des émissions de GES du transport de voyageurs

Source : calcul CETE-Inrets

Les émissions de GES des déplacements internes des résidents sont en baisse de 7% entre 1998 et 2006. Ce résultat s'explique par deux phénomènes :

- La stabilisation du trafic interne des résidents LMCU entre 1998 et 2006, pour la 1^{ère} fois observée sur une période entre deux enquêtes déplacements à Lille
- Les progrès technologiques des véhicules, combinés à un renouvellement du parc

Entre 1987 et 1998, les progrès technologiques, déjà observés, n'avaient pu compenser la forte progression du trafic automobile.

Les deux autres types de trafic sont toutefois en forte hausse (respectivement +30% et +29% pour l'échange et le transit), ce qui explique une hausse élevée des émissions de GES (respectivement +24% et +19%).

La part de ces deux trafics étant minoritaires (26% en 2006), l'évolution globale est stable.

Notons toutefois que la part de l'échange dans les émissions passe de 18% en 1998 à 23% en 2006 (hausse de 25% en valeur relative).

2.5.1.2 Les modes de transport

La voiture représente en 2006 79% des kilomètres parcourus par les voyageurs au sein du périmètre communautaire, part en légère baisse par rapport à 81%.

Très majoritaire dans les trafics, elle l'est encore plus dans les émissions polluantes :

- 95% des émissions de GES ;
- 96% des émissions de CO ;
- 92% des émissions de NO_x ;
- 91% des émissions de COV ;
- 94% des émissions de particules.

A l'inverse, les transports collectifs représentent 15% des trafics mais seulement 4% des émissions de GES notamment.

Les modes doux ont une part modale de 5% (en kilomètres parcourus) et sont totalement non émetteurs.

2.5.2 Transport de marchandises

2.5.2.1 Répartition par type de trafic

Pour les marchandises aussi, l'évolution est très différente selon les types de trafic :

	1998	2006	Évolution 98-06
Total marchandises (t-éqCO ₂)	1 077	1 302	+21%
Marchandises interne (t-éqCO ₂)	428	439	+3%
Marchandises échange (t-éqCO ₂)	338	441	+31%
Marchandises transit (t-éqCO ₂)	311	421	+35%

Tableau 18 : émissions de GES selon le type de trafic- marchandises

Source : calcul CETE-Inrets

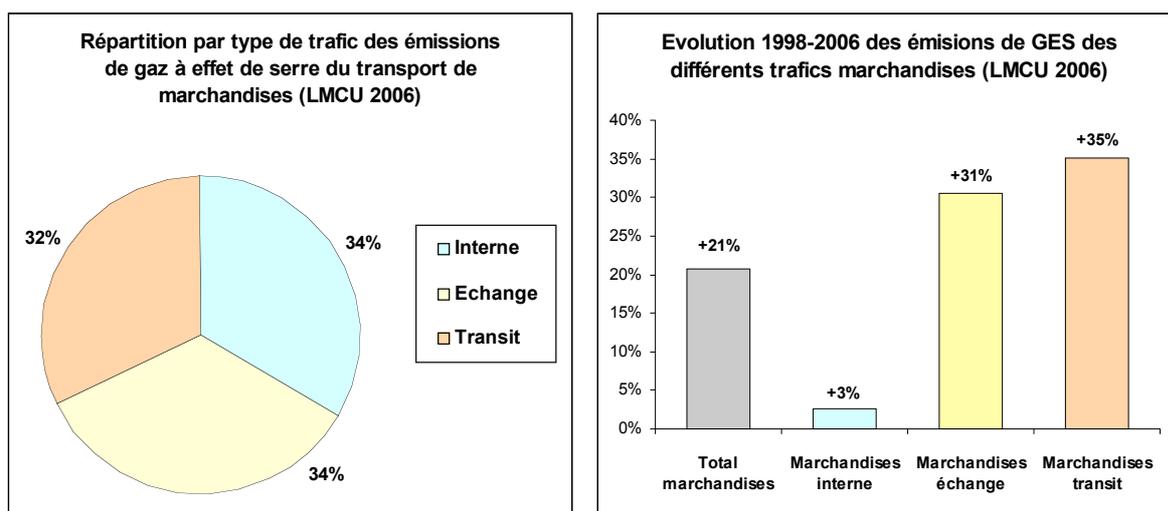


Figure 15 : répartition et évolution des émissions de GES du transport de marchandises

Source : calcul CETE-Inrets

Les émissions de GES du transport de marchandises 2006 sont à peu près réparties en 3 tiers égaux, mais ces parts évoluent :

Le trafic interne a peu progressé sur la période, les émissions de GES suivent cette tendance (+3%).

A l'inverse, les trafics externes de marchandises explosent (+14% pour l'échange PL, +31% pour le transit et triplement du trafic des VUL en échange) et les émissions encore plus (respectivement +31% et +35% pour l'échange et le transit).

Les facteurs d'émission kilométriques des PL sont ainsi en légère hausse sur cette période, contrairement à ce qui est observé pour les véhicules particuliers.

La part des émissions du trafic externe (échange+transit) augmente donc fortement entre 1998 et 2006, de 60% à 66%.

2.5.2.2 Les modes de transport

La prépondérance du mode routier est ici encore plus importante : 84% du trafic en 2006 (en hausse par rapport à 1998 de 2 points), et 97% des émissions de gaz à effet de serre.

2.6 Le transport aérien

Les tableaux de résultats des émissions du cycle LTO sont les suivants :

	1998	2006	Évolution relative
Mouvements	20 058	16 935	-16%
Consommation (tep)	2 750	3 279	19%
GES (t)	8 764	10 450	19%
NOx (t)	32	41	27%
CO (t)	18	24	33%
HC (t)	2.5	3.2	25%

Tableau 19 : émissions et consommation du trafic aérien

Source : calcul CETE-Inrets d'après DGAC

Malgré une forte baisse du trafic commercial (-16% entre 1998 et 2006), toutes les émissions polluantes sont orientées à la hausse : plus modérée pour la consommation énergétique et les GES (+19%), plus marquée pour les polluants locaux (jusqu'à +33% pour le CO).

Les évolutions sont donc très différentes de celles constatées pour les trafics routiers notamment (baisse des polluants locaux, légère hausse des GES).

Le tableau suivant met les émissions du transport aérien de passagers au regard de celles des autres trafics pris en compte dans le DEM (tous modes terrestres et fluvial pour les passagers et marchandises) :

	1998	2006
Consommation énergétique	0.6%	0.7%
CO ₂	0.7%	0.8%
EqCO ₂	0.7%	0.8%

NO _x	0.4%	0.8%
CO	0.0%	0.1%
HC	0.0%	0.1%

Tableau 20 : part du trafic aérien dans les émissions et consommation

Source : calcul CETE-Inrets d'après DGAC

La part du transport aérien ne dépasse jamais 1%.

Toutefois, la part de ce transport est en légère hausse pour les GES (de 0,7% en 1998 à 0,8% en 2006) mais double pour les NO_x par exemple (0,4% à 0,8%).

3 Les déplacements des résidents (DEED interne)

Les analyses de cette troisième partie portent spécifiquement sur la mobilité interne au périmètre communautaire des résidents, telle qu'elle a pu être observée lors des enquêtes ménages déplacements successives de 1987, 1998 et 2006. Elles constituent le DEED dit « interne » ou « classique » et succèdent aux résultats publiés dans [Gallez, 1996] et [Quételard, 2002]. La consommation énergétique et les émissions polluantes de chaque déplacement recensé dans l'EMD⁴⁵ ont ici été (ré-)estimées de façon totalement homogène en utilisant la méthode « stabilisée » par le logiciel de l'ADEME, DEED interfacé IMPACT⁴⁶. C'est pourquoi les estimations présentées sur les EMD précédentes peuvent légèrement différer de celles qui avaient été publiées en 1996 et 2002 dans les travaux antérieurs. Le changement de périmètre d'étude (arrondissement dans les travaux antérieurs, communauté urbaine de Lille aujourd'hui) est aussi à l'origine des écarts que l'on pourra constater entre l'ancienne et la présente étude.

Le premier chapitre établit le bilan global à l'échelle du périmètre communautaire, les bilans unitaires par déplacement et par kilomètre avec un zoom particulier sur la voiture particulière.

Le second chapitre s'intéresse aux caractéristiques « physiques » des déplacements eux-mêmes (mode, motifs, tranches horaires, distances et vitesses), le troisième aux déterminants socio-économiques et démographiques de la mobilité quotidienne (structure et revenus des ménages, position dans le cycle de vie, catégorie sociale et niveau d'instruction des individus). Enfin, le quatrième chapitre, centré sur les déterminants géographiques, met en évidence le rôle des structures urbaines dans la formation de la consommation énergétique et des émissions polluantes des transports des individus au quotidien.

3.1 Bilan global

3.1.1 Bilan global

Récapitulons tout d'abord, à titre de cadrage général, la part que représente ce DEED interne dans le diagnostic environnement global (DEM) de 2006, présenté dans la partie précédente :

- en tenant compte de tous les types de trafics recensés, les mobilités de voyageurs sont responsables de 87,5% de l'ensemble de près de 17,2 M véh*km (seule unité permettant de comparer les trafics voyageurs et marchandises) parcourus sur le territoire communautaire ;
- ce trafic de 15 M véh*km correspond en fait à 24,3 M voy*km, dont 68% (16,57 M voy*km) sont composés de déplacements internes, c'est à dire dont l'origine et la destination sont incluses dans le territoire LMCU ;

⁴⁵ La dernière édition de 2006 et en rétroplant les deux dernières de 1998 et 1987.

⁴⁶ C'est à dire en utilisant le modèle d'émissions copert3, comme cela nous était imposé. On ne s'étonnera donc pas, dans ces conditions, que les estimations des consommations et émissions des déplacements diffèrent des deux études précédentes sus-mentionnées. En amont de ces impacts, il faut également souligner que les nombres de déplacements, de kilomètres parcourues et d'heures passées diffèrent également, puisque l'étude et l'enquête précédentes portaient sur tout l'arrondissement de Lille, alors que l'actuelle (à partir de l'ED 2006 et en restreignant les EMD précédentes) ne porte que sur le territoire de la seule communauté...

- le paragraphe 2.2.1.1 nous a également montré qu'une petite part (1,14 M, soit 6,9%, évalués grâce à l'enquête grand territoire et à la modélisation) de ce trafic interne peut être le fait de non résidents ou de déplacements non recensés dans l'EMD ;
- *in fine*, le nombre de voyageurs*kilomètres considérés dans le DEED interne s'élève à 15,43 M voy*km (soit 63,4% de l'ensemble des trafics voyageurs internes recensés dans le DEM 2006) ; on note que ces 15,43 M de km parcourus sont générés par 3,84 M déplacements recueillis dans la dernière EMD, qui représentent la mobilité quotidienne interne des résidents de LMCU.

Cette Enquête Déplacements de 2006 a mis en évidence, pour la première fois depuis les années soixante-dix, une baisse de la mobilité (en nombre de déplacements)⁴⁷, se traduisant par une quasi stabilité du trafic automobile (+0,6% en kilomètres) des résidents de la communauté urbaine de Lille entre les deux dernière enquêtes à l'intérieur du territoire communautaire, [LMCU, 2008]. Le bilan global du DEED (cf. tableau ci-dessous) indique quelles sont les conséquences de ce trafic stabilisé en termes d'impacts énergie-émissions ; son estimation pour les trois années d'enquête permet également de rendre compte des évolutions observées.

DEED LMCU : le diagnostic territorial de la mobilité interne des résidents

Bilan DEED LMCU	1987	1998	2006	1998/1987	2006/1998	2006/1987
Déplacements (M)	3,38	4,04	3,84	+19,4%	-4,9%	+13,5%
Distance (M km)	11,83	15,34	15,43	+29,6%	+0,6%	+30,4%
Durée (M heures)	0,78	0,97	1,23	+24,8%	+26,2%	+57,4%
%Dist modes doux	9%	7%	8%	+1,2%	+4,0%	+5,3%
%Dist 2R motorisés	1%	1%	1%	-27,6%	+5,0%	-24,0%
%Dist VP passager	19%	19%	16%	+30,0%	-16,4%	+8,6%
%Dist VP conducteur	56%	59%	58%	+36,2%	-0,6%	+35,4%
%Dist TC	13%	13%	17%	+25,9%	+31,2%	+65,1%
Vitesse	15,2	15,8	12,6	+3,9%	-20,3%	-17,2%
Consommation (TEP)	679	779	707	+14,7%	-9,2%	+4,1%
Émission CO2 (t)	1644	2170	1982	+32,0%	-8,7%	+20,6%
Émission EqCO2 (t)	1686	2268	2088	+34,5%	-7,9%	+23,8%
Émission CO (t)	267	128	45	-52,2%	-64,4%	-83,0%
Émission COV (t)	25,6	14,5	4,9	-43,5%	-66,2%	-80,9%
Émission NOx (t)	13,2	10,5	6,3	-20,3%	-40,3%	-52,4%
Émission PS (t)	0,29	0,86	0,60	+201,3%	-29,7%	+111,7%

Tableau 21 : DEED LMCU : le diagnostic territorial de la mobilité interne des résidents

Source : estimation CETE-INRETS, logiciel DEED sur les EMD 1987, 1998 et 2006

Concernant la mobilité interne des résidents à l'échelle de l'ensemble du territoire, on observe des évolutions nettement contrastées selon les deux périodes (1987-1998 et 1998-2006) :

- un léger recul (-5%) du nombre de déplacements, après une forte croissance en première période (près de 20%), se traduisant également par un coup d'arrêt à la forte croissance des budgets-distances enregistrée lors de la première période ;
- en ce qui concerne les distances parcourues (cf. annexe statistique n°5), on note un ralentissement de la croissance de la longueur moyenne des déplacements : 8,6% sur la première période, 5,7% sur la seconde ;

⁴⁷ 3,76 déplacements par personne et par jour en 2006, contre 4,00 en 1998, mais 3,47 en 1987. Voir aussi les totaux en millions dans le tableau du bilan global.

- les temps passés dans les transports semblent, quant à eux, toujours en forte augmentation (les 26% de la seconde période succèdent aux 25% de la première) ;
- des changements assez profonds dans la répartition modale des km parcourus ; la seconde période se caractérise surtout par la très nette progression de la part des TC (+31%, après +26% en première période), puis par une croissance sensible des parts des modes doux (+4%) et des deux roues motorisés (+5%), au détriment du mode voiture particulière, avec une décroissance marquée du mode passager (-16%).

Cette évolution des budgets-distances et de leur répartition modale aboutit schématiquement aux évolutions suivantes pour le total du DEED à l'échelle territoriale.

Évolutions du DEED

Sur l'ensemble des deux décennies 1987-20006, le nombre de déplacements a augmenté de 13,5%, ce qui correspond à un accroissement de 30,4% des distances parcourues⁴⁸ (dont un accroissement de 35,4% des distances parcourues en voiture conducteur, cf. bilan spécifique VP, §3.1.4). Les évolutions des impacts qui en découlent sont les suivantes :

- malgré l'augmentation des voy*km parcourus en voiture, une augmentation de l'énergie consommée pour se déplacer limitée à 4,1%, car la progression la plus notable (+65%) s'observe pour les kilomètres parcourus en transports collectifs ;
- tandis que les émissions de CO, de COV et de NO_x ont fortement diminué (respectivement de -83%, -81% et -52%), l'émission de CO₂ a augmenté de plus de 20%, aboutissant à une augmentation des émissions de GES approchant 24% en eqCO₂, et les émissions de particules ont finalement augmenté de plus de 110%, malgré un rattrapage important en seconde période (plus de 200% sur la première période de 1987 à 1998).

Pour la seule dernière période 1998-2006, comme déjà mentionné en présentant le DEM (partie 2), la stabilisation du trafic voyageur interne des résidents (+0,6%), à laquelle s'ajoute l'amélioration progressive des rendements des moteurs, entraîne une légère diminution des consommations énergétiques et des émissions :

- on observe ainsi -9% d'énergie consommée,
- quasiment -8% pour les émissions de GES⁴⁹, induites par ces déplacements (en évolution sur cette période, on compte en fait -7,9% d'eqCO₂, contre -8,7% pour le CO₂ seul),
- et une forte baisse pour chacune des émissions des polluants locaux (de -30% pour les particules à -65% et -66% pour le CO et les COV, en passant par -40% pour les NO_x).

De fait, la stabilisation de ce trafic interne a permis, au cours de la dernière période, de profiter à plein des progrès technologiques des motorisations⁵⁰, comme le montrent également les bilans unitaires par déplacement, par kilomètre et le bilan spécifique de la voiture particulière, dans les paragraphes suivants.

Ce DEED dans lequel figurent tous les déplacements internes des résidents appelle enfin deux remarques complémentaires sur l'évolution des caractéristiques de la mobilité.

- « ***De plus en plus seuls en voiture*** » : du côté des voitures, en rapportant le nombre de kilomètres parcourus en tant que passager à ceux qui sont parcourus en tant que conducteur, on obtient le tableau ci-dessous (grille de lecture : en 1987, pour 100 km

⁴⁸ A comparer à la stabilité de ce kilométrage sur la dernière période 1998-2006.

⁴⁹ c'est à dire l'équivalent-CO₂ estimé en tenant compte du méthane et du protoxyde d'azote, selon la formule indiquée au §1.2.1.

⁵⁰ D'ailleurs, le poids toujours largement prédominant du trafic interne (81% en 1998 et 79% en 2006 dans l'ensemble voyageurs) explique la stabilité globale des émissions de GES des déplacements de voyageurs, alors que les trafics d'échange et de transit ont notablement augmenté (cf. partie 2). On rappelle que la valeur de -7% indiquée dans la partie 2 (DEM) pour les GES du trafic interne tient compte du trafic interne non résident.

réalisés en tant que conducteur, on compte 33,5 km effectués en tant que passager), recouvrant nécessairement une baisse notable du taux d'occupation des voitures. Qui plus est, le phénomène, d'ailleurs confirmé par la baisse observée du motif « accompagnement », semble s'accélérer au cours du temps, puisque ce ratio baisse de 4,6% au cours de la première période, puis de 15,9% au cours de la seconde.

	1987	1998	2006
ratio (km pass)/(km cond)	1,34	1,32	1,27

Tableau 22 : taux d'occupation des voitures

Sources : EMD LMCU

- « **Mais prenant le temps de réapprendre la lenteur ?** » : du fait des évolutions notables en vingt ans dans la répartition des kilomètres parcourus en fonction de leur mode et de leur vitesse⁵¹ (notamment avec : forte baisse des 2 roues motorisés, qui étaient les plus rapides avec 19 km/h, émergence sensible des modes doux, du côté de 4 km/h, poursuite de la forte hausse des TC à environ 11 km/h, au détriment de la voiture) mais aussi de la baisse légère de la vitesse des déplacements réalisés en voiture (en 1987, les déplacements en voiture conducteur étaient effectués à 23,5 km/h en moyenne, ils ne le sont plus qu'à 21,4 km/h en 2006), la vitesse moyenne des déplacements (tous modes) qui avait légèrement progressé de 15,2 à 15,8 km/h en première période, semble avoir baissé de 6% en seconde période, pour s'établir à 14,8 km/h en 2006⁵².

Enfin, ce gros plan sur les déplacements internes des résidents présente l'aspect d'un ensemble de moins en moins polluant, mais dont la contribution dans l'ensemble du DEM reste très élevée :

- Les moyens de transport utilisés, les distances parcourues⁵³ avec chacun d'entre eux conditionnent les émissions polluantes des déplacements, qui peuvent aussi varier au cours de la journée et notamment avec les motifs de déplacements ;
- Mais les pratiques de déplacements, et donc les impacts environnementaux énergie-émissions⁵⁴, sont également étroitement liées à l'âge, au niveau de vie et à la position dans le cycle de vie des individus, ainsi qu'aux localisations résidentielles de leurs ménages.

C'est donc en fonction des caractéristiques des déplacements eux-mêmes, puis aussi des caractéristiques socio-économiques, démographiques et géographiques des ménages et des individus qui les composent que ce DEED classique à l'échelle du territoire communautaire sera décliné dans la suite de cette partie du rapport.

3.1.2 Bilan par déplacement

Le bilan 2006 par déplacement se présente de la façon suivante. Parcourant 4 km en un peu plus de 19 mn le déplacement moyen a une vitesse de 12,6 km/h. Avec 3,76 déplacements par personne et par jour, nous nous attendons donc à trouver, pour les moyennes individuelles, un

⁵¹ cf. §3.1.3 ci-dessous pour l'estimation des vitesses par mode

⁵² NB : l'estimation de ces vitesses « apparentes » ou « synthétiques » est assez sommaire, puisqu'elle ne repose en effet que sur le rapport, pour chaque déplacement, de la distance totale et de la durée déclarée (souvent avec un arrondi non négligeable).

⁵³ En soulignant notamment que les kilomètres effectués en voiture sont bien évidemment, parmi l'ensemble, ceux dont le poids est le plus déterminant (d'où un paragraphe spécifiquement dédié au diagnostic automobile).

⁵⁴ ainsi que l'ont aussi déjà montré tous les diagnostics DEED précédemment réalisés

budget-distance de l'ordre de 15 km/jour pour un budget-temps qui s'établit désormais à 72 mn/jour (contre un peu plus de 16 km et 60 mn en 1998).

Sur le territoire communautaire, la distance moyenne par déplacement était déjà de 3,8 km en 1998, contre 3,5 km en 1987. En moyenne en 2006, ce déplacement consomme à peu près ¼ de litre de super carburant et émet un peu plus de 500 g de GES. Le paragraphe 3.2.1 indiquera comment ces valeurs moyennes se déclinent en fonction du mode principal du déplacement.

Emissions par déplacement	Effectif	Distance (km)	Durée (mn)
Moyenne tous modes	3 840 364	4,0	19,2

Conso. (gep)	CO2 (g)	EqCO2 (g)	CO (g)	NOX (g)	COV (g)	PM (g)
184	516	544	11,8	1,6	1,3	0,16

Tableau 23 : consommation et émissions par déplacement en 2006

Source : estimation CETE-INRETS, logiciel DEED sur les EMD 1987, 1998 et 2006

3.1.3 Bilan par kilomètre

Le bilan unitaire (ou au kilomètre) de ces déplacements en fonction de leur mode principal s'établit comme suit. Comme on l'a vu, les évolutions notables de la répartition modale (en km) débouchent inmanquablement sur une variation importante de la vitesse moyenne du déplacement « tous modes » d'une EMD à l'autre.

Émissions par déplacement	Effectif	Distance (km)	Durée (mn)	Vitesse (km/h)
VP conducteur	1 574 129	5,7	19,6	17,4
VP passager	513 725	4,7	18,2	15,4
Voiture particulière	2 087 854	5,4	19,3	16,9
Deux-roues motorisés	26 390	5,0	15,6	19,1
Transports collectifs	358 255	7,3	39,0	11,2
Modes doux	1 345 340	0,9	12,9	4,1
Autres modes	22 525	6,4	69,9	5,5
Moyenne tous modes	3 840 364	4,0	19,2	12,6

Émissions par déplacement	Conso. (gep)	CO2 (g)	EqCO2 (g)	CO (g)	NOX (g)	COV (g)	PM (g)
VP conducteur	73	205	216	4,8	0,6	0,5	0,06
VP passager	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,00
Voiture particulière	57	162	171	3,8	0,5	0,4	0,05
Deux-roues motorisés	27	68	72	8,6	0,1	3,0	0,00
Transports collectifs	16	40	42	0,4	0,2	0,1	0,01
Modes doux	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,00
Autres modes	75	222	227	1,0	1,1	0,1	0,10
Moyenne tous modes	46	128	135	2,9	0,4	0,3	0,04

Tableau 24 : consommation et émissions par kilomètre selon le mode en 2006

Source : estimation CETE-INRETS, logiciel DEED sur les EMD 1987, 1998 et 2006

En 2006, la dépense énergétique moyenne par déplacement s'élève à 46 gep/km (soit environ 0,061 litres de super au km), mais elle est naturellement bien plus élevée pour les déplacements en voiture conducteur (73 gep ou 0,093 litres) que pour les déplacements en

transports collectifs (16 gep ou 0,021 litres), cette dernière étant assez nettement inférieure à celle observée pour les deux-roues motorisés (27 gep ou 0,036 litres)⁵⁵.

L'écart estimé en 2006 entre les modes « voiture conducteur » et « transports collectifs » varie grandement selon les polluants comme le montre le tableau suivant.

2006	Conso. (gep)	CO2 (g)	EqCO2 (g)	CO (g)	NOX (g)	COV (g)	PM (g)
VP / TC	4,53	5,07	5,19	11,96	3,82	4,97	6,03

Tableau 25 : écart 2006 entre les modes « voiture conducteur » et « transports collectifs »

Source : estimation CETE-INRETS, logiciel DEED sur les EMD 1987, 1998 et 2006 - Guide de lecture :
1 km en VP conducteur consomme (resp. émet en eqCO2) 4,53 (resp. 5,19) fois plus que 1 km en TC

L'écart est très élevé pour le monoxyde de carbone (12 fois plus pour 1 km VP que pour 1 km TC), puis un peu moins pour les particules (6 fois), de l'ordre de 5 fois pour la consommation, le dioxyde de carbone, les GES et les composés organiques volatiles, et enfin un peu plus faible (mais toujours significativement important) pour les oxydes d'azote avec un peu moins de 4 fois.

En considérant les quatre grands agrégats modaux (VP dans son ensemble incluant les modes conducteur et passager, TC, 2R motorisés et modes doux), il faut souligner que les profils d'émissions unitaires par mode sont effectivement très différenciés par polluant, en comparant ci-dessous les deux exemples des émissions kilométriques de GES et de COV (avec une mention particulière pour les COV des deux roues).

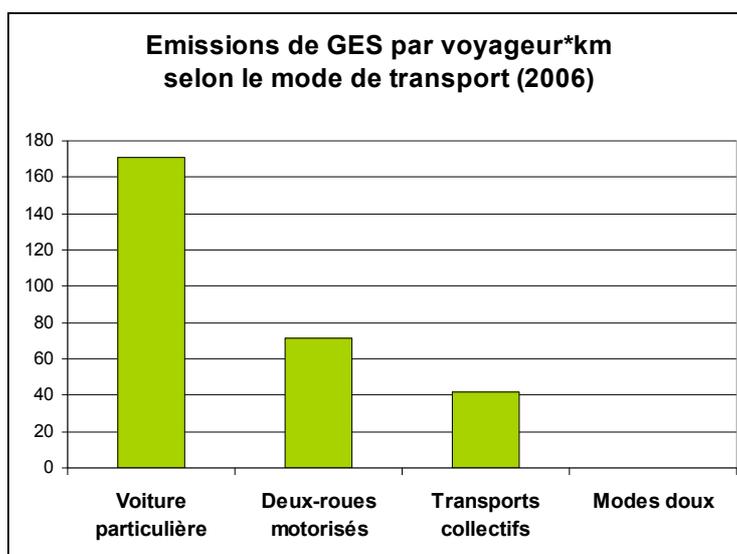


Figure 16 : émissions de GES par voyageur*km en 2006 selon le mode

Source : estimation CETE-INRETS, logiciel DEED sur les EMD 1987, 1998 et 2006
1 km en 2Roues émet des GES comme 0,42 km en VP ; 1 km en TC émet comme 0,25 km en VP.

Au kilomètre parcouru, la voiture est le mode qui émet le plus de GES, puisqu'une voiture parcourant 1 km génère en moyenne 216 g de GES. Rapporté au voyageur * km (c'est à dire à l'individu, et en prenant en compte la présence éventuelle de passagers dans les voitures), la

⁵⁵ Les valeurs unitaires indiquées dans [Quételard, 2002] étaient respectivement les suivantes : moyenne (50), VP Conducteur (78), TC (25) et deux-roues motorisés (28).

valeur reste élevée avec 172 g de GES. En comparaison, l'émission des deux-roues motorisés est de 72g de GES par voyageur*km, et celle des transports collectifs de 42g⁵⁶.

Bien évidemment, au kilomètre comme au bilan total, le mode automobile s'avère de loin le plus énergivore et le plus émetteur, à la fois en termes de GES et de polluants locaux. Il faut cependant noter ici une exception : les deux roues motorisés sont une source très importante d'émissions de composés organiques volatiles. En effet au sein du total DEED 2006, motos, scooters et autres cyclomoteurs contribuent à 8% des émissions de composés organiques volatiles, en dépit d'une très faible part modale (0,7% en nombre de déplacements et 0,9% des distances parcourues). Et, au niveau kilométrique, un voyageur*km effectué en deux-roues motorisés émet en moyenne six fois plus⁵⁷ de composés organiques volatiles qu'un voyageur*km réalisé en tant que conducteur automobile (alors qu'il émet aussi trois fois moins de GES). Au paragraphe suivant, nous décrivons le bilan spécifique de l'automobile.

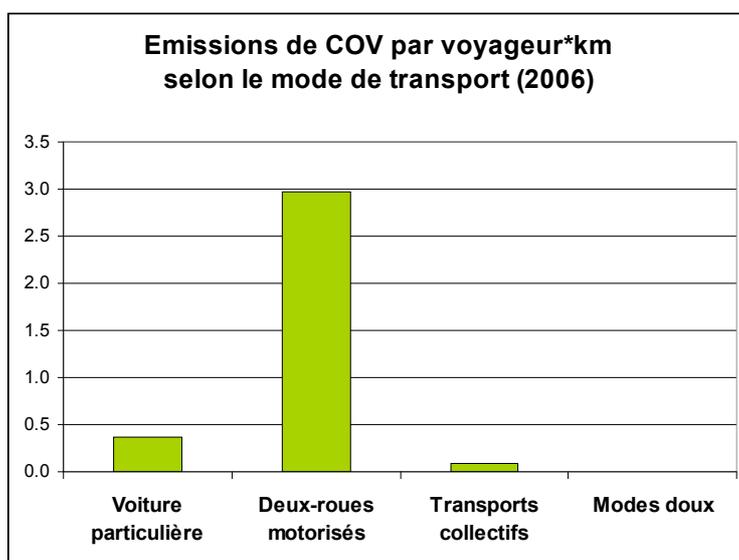


Figure 17 : émissions de COV par voyageur*km selon le mode de transport en 2006

Source : estimation CETE-INRETS, logiciel DEED sur les EMD 1987, 1998 et 2006

1 km en 2 Roues motorisé émet 7,5 fois plus de COV qu'1 km en VP ; et 1 km en TC 4 fois moins qu'1 km en VP.

3.1.4 Bilan global de la voiture particulière

Les modes routiers demeurent les principaux responsables de l'ensemble des émissions, y compris émissions de GES, liées aux transports en milieu urbain⁵⁸. C'est également vrai pour le trafic interne de voyageurs, puisque l'essentiel des émissions et consommations provient de la voiture particulière (en tant que conducteur et passager) et les variations observées au cours du temps découlent des évolutions concernant le parc automobile (évolutions de structure et de technologie des motorisations) et son intensité d'usage (kilomètres parcourus par les individus et ménages) :

⁵⁶ Cette dernière valeur cache de fortes disparités : le métro et le tramway, alimentés par l'énergie électrique, ont des émissions de GES très faibles, alors que l'émission unitaire du bus est de 100g par voyageur*km.

⁵⁷ Et même de l'ordre de 8 fois plus de COV pour les 2R motorisés que pour le mode automobile considéré globalement, en incluant les passagers.

⁵⁸ A rajouter si cela ne l'a pas été dans la partie 2 DEM : Pour les voyageurs, comme pour les marchandises, **la route** est le mode très largement majoritaire. Au total, la voiture (conducteurs et passagers) représente 79% des flux de trafic de voyageurs (voyageurs*km) en 2006, part en légère baisse par rapport à 1998 (81%). Sa contribution aux émissions polluantes est encore plus forte : elle pèse pour 95% des émissions de GES, et pour des parts variant de 91% (composés organiques volatils) à 96% (monoxyde de carbone) pour les émissions de polluants locaux dues aux transports.

- les progrès techniques (pot catalytique, filtre à particules...) permettent de diminuer les consommations et émissions polluantes unitaires des voitures ; ces progrès ont été largement accélérés par l'instauration et la sévérisation progressive de normes européennes fixant les seuils maximums d'émissions à l'échappement (seuils abaissés tous les 4 ou 5 ans, cf. tableau des normes au §1.1.3);
- ces avancées n'avaient pas été suffisantes pour compenser la forte hausse du trafic enregistrée de 1987 à 1998 (augmentation des déplacements, mais aussi allongement des distances parcourues en moyenne par déplacement) ; en revanche, la stabilisation ultérieure du trafic automobile interne de 1998 à 2006 permet de profiter à plein des améliorations technologiques.

Les valeurs obtenues pour l'établissement du bilan global (cf. §3.1.1 et annexe statistique) permettent d'ailleurs de précisément rendre compte de ces hausses de trafic. Sur l'ensemble de la période 1987-2006, on note les évolutions suivantes pour les déplacements VP :

- pour le mode VP conducteur, les voy*km ont augmenté de 35,4%, alors que le nombre de déplacements n'augmentait « que » de 21,8%, ce qui traduit un allongement de la distance parcourue par déplacement de 11,2% ;
- pour le mode VP passager, les voy*km ont augmenté de 8,6%, alors que le nombre de déplacements diminuait de 1,5%, d'où un allongement de distance par déplacement de 10,2% ;
- au total, pour l'ensemble des deux modes conducteur et passager, les voy*km ont augmenté de 28,7%, alors que le nombre de déplacement évoluait avec +15,1%, d'où finalement un allongement de la distance parcourue par déplacement automobile qui s'établit à 11,8%.

Les estimations chiffrées des impacts énergie-émissions par déplacement automobile (déplacement VP interne d'un résident, en moyenne) sont les suivantes pour les trois EMD successives. Elles montrent clairement les gros progrès accomplis pour le CO, les NO_x et les COV et, à l'opposé, l'effort « encore à réaliser » pour le CO₂ et le problème spécifique « particules » posé par le dynamisme de la diésélisation du parc.

VP interne	1987	1998	2006
Conso. (gep)	622	722	651
CO2 (g)	1 493	2 014	1 835
EqCO2 (g)	1 532	2 108	1 937
CO (g)	255	122	43
NOX (g)	11,7	9,3	5,7
COV (g)	23,2	13,0	4,2
PM (g)	0,20	0,76	0,56

Tableau 26 : consommations et émissions par déplacement en 1987, 1998 et 2006

Source : estimation CETE-INRETS, logiciel DEED sur les EMD 1987, 1998 et 2006

Toutefois, si la consommation énergétique des déplacements internes en voiture des résidents a baissé entre 1998 et 2006 (-10%, pour une distance équivalente, cf. ci-dessous), elle reste supérieure en 2006 à son niveau de 1987 (+5%), avec 651 grammes-équivalent-pétrole en valeur finale (soit près de 0,88 litre de super). On notera à ce propos que le déplacement moyen réalisé en voiture en tant que conducteur (resp. passager) a une longueur moyenne de 5,7 (resp. 4,7) km en 2006, contre 5,6 (resp. 4,6) km en 1998 et 4,8 (resp. 4,0) km en 1987 : la forte croissance enregistrée entre 1987 et 1998 était, au moins en partie, liée à cet allongement notable des distances, que l'on n'observe plus sur la dernière période.

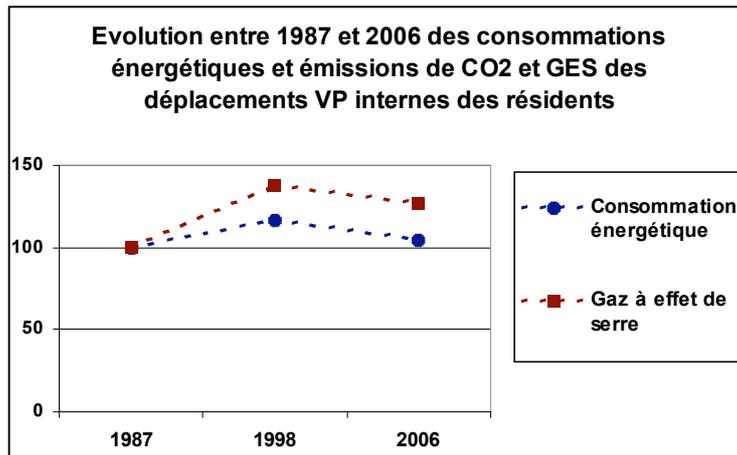


Figure 18 : évolution (1987-2006) des consommations et émissions de GES par déplacement

Source : estimation CETE-INRETS, logiciel DEED sur les EMD 1987, 1998 et 2006

Les émissions de gaz à effet de serre suivent la même tendance, avec une augmentation encore plus forte entre 1987 et 1998 (+38%), période durant laquelle les progrès technologiques des moteurs ont porté essentiellement sur les polluants locaux (NO_x, COV notamment), en négligeant plutôt le CO₂⁵⁹.

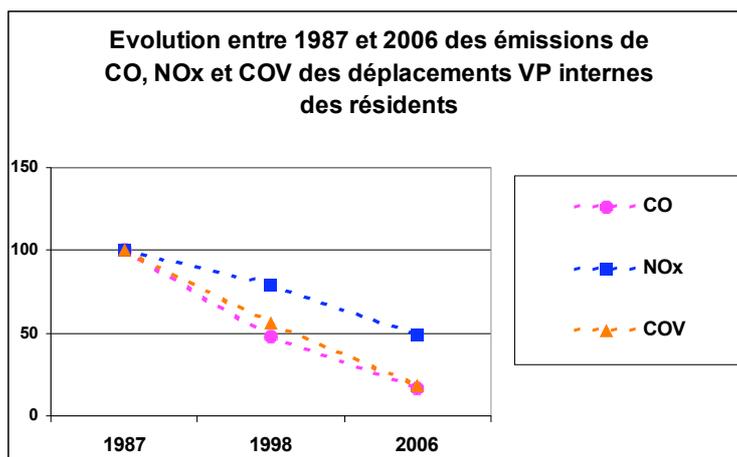


Figure 19 : évolution (1987-2006) des consommations et émissions de CO, NOx et COV par déplacement

Source : estimation CETE-INRETS, logiciel DEED sur les EMD 1987, 1998 et 2006

À l'exception des particules, les émissions de polluants locaux sont, de manière continue, en forte baisse depuis 1987 : - 50% pour les NO_x sur 20 ans, et une diminution supérieure à 80% pour le monoxyde de carbone et les composés organiques volatils.

A l'inverse, il faut mentionner l'évolution spécifique des émissions de particules de ces déplacements automobiles internes, comme indiqué dans la figure suivante. Après avoir connu une très importante hausse, de près de 300%, entre 1987 et 1998, en raison d'une forte « diésélisation » du parc (cf. § 1.1.3), ces émissions ont en effet diminué d'environ 25%, entre

⁵⁹ De fait, en valeur numérique, l'émission de GES en g d'eqCO2 était de l'ordre de 2,5 fois la consommation (en gep) en 1987, tandis qu'elle est plutôt de l'ordre de 3 fois cette consommation en 1998 et 2006.

1998 et 2006, grâce à l'introduction systématique des filtres à particules, et alors même que la part de diesel dans le parc continuait d'augmenter sur un rythme soutenu⁶⁰.

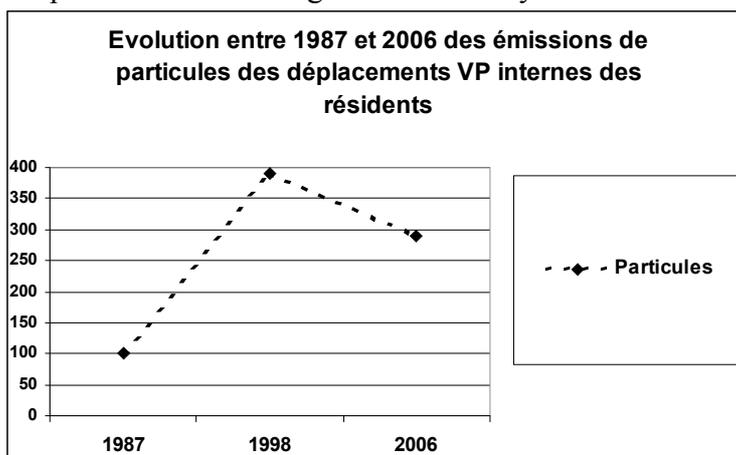


Figure 20 : évolution (1987-2006) des émissions de particules par déplacement

Source : estimation CETE-INRETS, logiciel DEED sur les EMD 1987, 1998 et 2006

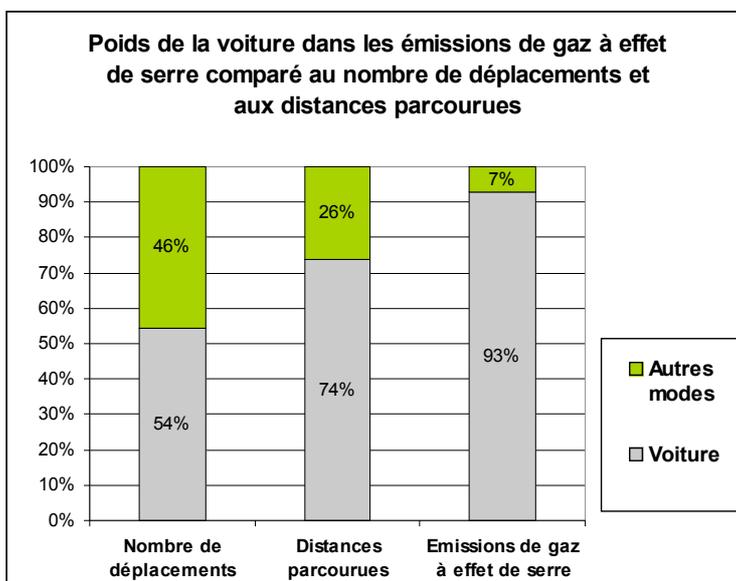


Figure 21 : part de la voiture dans le bilan de la mobilité interne des résidents.

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

⁶⁰ Rappel : entre 1987 et 1998, de 10 à 34% (puis à 53% en 2006) de l'ensemble du parc automobile à disposition des ménages au niveau France entière et, à Lille, de 7 à 33% (puis un peu plus de 49% en 2006), cf. §1.1.3.

Schématiquement enfin, le poids de la voiture dans l'ensemble du DEED interne 2006 peut être résumé dans la figure suivante :

La voiture : elle réalise 54% des déplacements, permet de parcourir 74% des distances (en 55% des temps passés dans les transports), mais contribue de ce fait à 93% des émissions de GES de cette mobilité interne des résidents. Ce constat prend tout son sens lorsqu'on le met en regard de l'impact des modes doux dont la part modale atteint 35% en volume, 8% en distances parcourues et qui sont totalement non polluants.

En détaillant ces valeurs de 2006 selon les émissions, la voiture représente : 92% de l'ensemble de la consommation énergétique, et 87% de l'ensemble des COV émis, 90% de l'ensemble des NO_x, 93% de l'ensemble du CO₂, de l'eqCO₂ et des particules et jusqu'à 95% de l'ensemble du CO émis (cf. annexe statistique). On pourra également se reporter au §3.2.5 pour des estimations par tranches de distance.

3.2 Les caractéristiques du déplacement

3.2.1 Le mode de transport

Le thème des modes a déjà partiellement été abordé, en évoquant le poids spécifique de l'automobile dans le bilan d'ensemble (§3.1.4), ainsi que dans celui du bilan kilométrique (§3.1.3 avec les émissions unitaires VP, TC et deux roues motorisés). Émissions unitaires, distances parcourues et éventuellement vitesse par mode se combinent pour aboutir à un bilan par mode nettement différencié comme indiqué dans le tableau suivant des valeurs moyennes par déplacement.

Émissions par déplacement	Effectif	Distance (km)	Durée (mn)	Vitesse (km/h)
VP conducteur	1 574 129	5,7	19,6	17,4
VP passager	513 725	4,7	18,2	15,4
Voiture particulière	2 087 854	5,4	19,3	16,9
Deux-roues motorisés	26 390	5,0	15,6	19,1
Transports collectifs	358 255	7,3	39,0	11,2
Modes doux	1 345 340	0,9	12,9	4,1
Autres modes	22 525	6,4	69,9	5,5
Moyenne tous modes	3 840 364	4,0	19,2	12,6

Émissions par déplacement	Conso. (gep)	CO2 (g)	EqCO2 (g)	CO (g)	NOX (g)	COV (g)	PM (g)
VP conducteur	413	1 166	1 231	27,4	3,6	2,7	0,36
VP passager	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,00
Voiture particulière	312	879	928	20,7	2,7	2,0	0,27
Deux-roues motorisés	134	338	357	43,1	0,6	14,8	0,00
Transports collectifs	117	294	303	2,9	1,2	0,7	0,08
Modes doux	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,00
Autres modes	483	1 420	1 452	6,3	7,2	1,0	0,61
Moyenne tous modes	184	516	544	11,8	1,6	1,3	0,16

Tableau 27 : consommations et émissions par déplacement en 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Ainsi par exemple, un déplacement effectué au volant d'une voiture (5,7 km) consomme 413 gep (0,55 litres de super) et rejette 1231 g de GES, tandis qu'un déplacement réalisé en transports collectifs (7,3 km) consomme, lui, 117 gep (0,16 litres) et rejette 303 g de GES.

3.2.2 Poids des différents modes

Le graphique de la fin du paragraphe 3.1 indiquait le poids de la voiture particulière dans ce diagnostic DEED. Les graphiques ci-dessous présentent les estimations analogues pour les transports collectifs, les deux roues motorisés et les modes doux. On peut aisément constater, comparativement à leur importance relative dans la mobilité (en nombre et en distance), que les modes sont très inégaux en matière d'émissions (ici de GES).

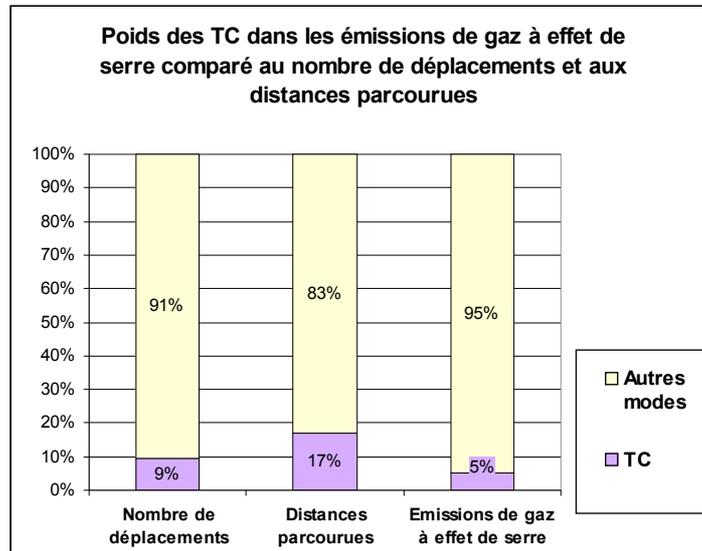


Figure 22 : poids des transports collectifs dans les émissions de GES en 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

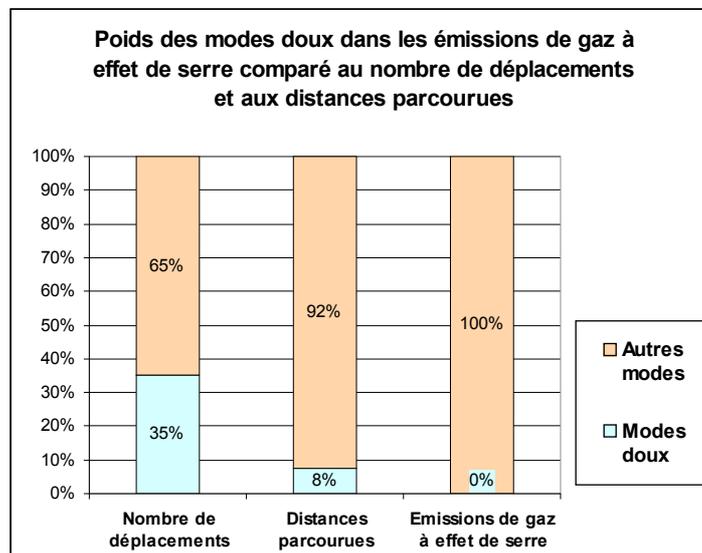


Figure 23 : poids des modes doux dans les émissions de GES en 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Ils soulignent le très net avantage des modes de proximité, puis des solutions de transport collectif, par opposition aux modes individuels motorisés, dont les deux roues déjà mentionnés à la fin du §3.1.3.

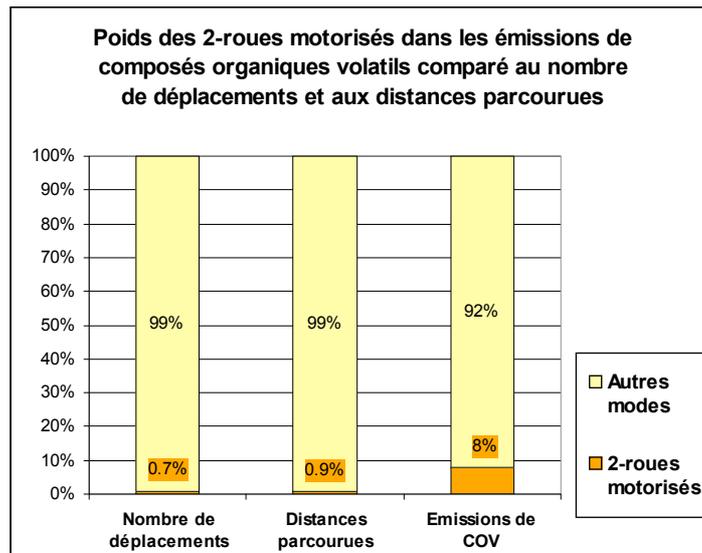


Figure 24 : poids des deux-roues motorisés dans les émissions de COV en 2006
Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

3.2.3 Poids des motifs

Les personnes actives sont évidemment les plus émettrices de GES (cf. §3.3) pour les analyses des budgets individuels.

Les déplacements liés au travail sont les principaux générateurs de pollution. Les trajets liés au lieu de travail représentent en effet 20% du total des déplacements réalisés par les résidents de la communauté urbaine de Lille, mais 34 % des distances parcourues et 40% des émissions de gaz à effet de serre, de NO_x et de particules. Les déplacements réalisés pour aller travailler sont en effet plus longs que les autres, et plus souvent réalisés en voiture (80% contre 56%).

Les déplacements pour les études contribuent dans une moindre mesure aux émissions polluantes. En effet, le motif « études » (de l'école à l'université) représente 14% des déplacements, mais seulement 4% des émissions de GES, en raison de moindres distances parcourues, mais aussi d'un recours important aux modes doux et aux transports collectifs, voire parfois à l'accompagnement.

Considérés ensemble, les motifs « travail » et « études » contribuent à 33% des déplacements, 45% des distances, 42% des durées, 44% de l'énergie consommée sur l'ensemble du DEED et 44% des émissions de GES, ainsi que des parts un peu plus variables pour les autres polluants, de 38% (CO) à 46% (NO_x).

Le motif qui vient directement après est « loisirs/affaires personnelles », avec un petit tiers des déplacements et 29% des distances parcourues, mais aussi un quart de l'énergie consommée et des émissions de GES. Avec tout juste un peu moins d'un cinquième des déplacements, le motif « achat » concourt à 15% des distances parcourues ; sa consommation d'énergie et ses émissions sont aussi du même ordre (15% de l'ensemble).

L'accompagnement, qui s'effectue souvent en voiture, est aussi une source importante d'émissions, puisqu'il représente 15% des déplacements, 12% des distances parcourues et 17% des émissions de GES. Au sein de ce motif, c'est l'accompagnement des scolaires qui représente la part la plus notable.

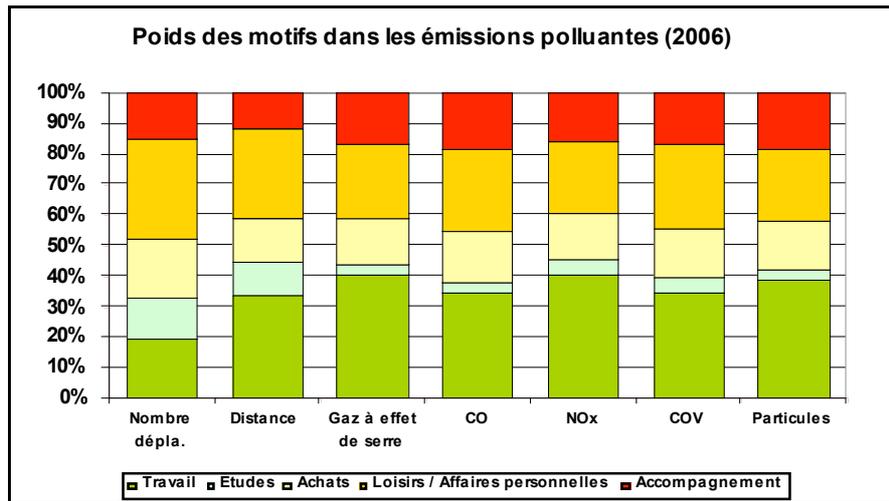


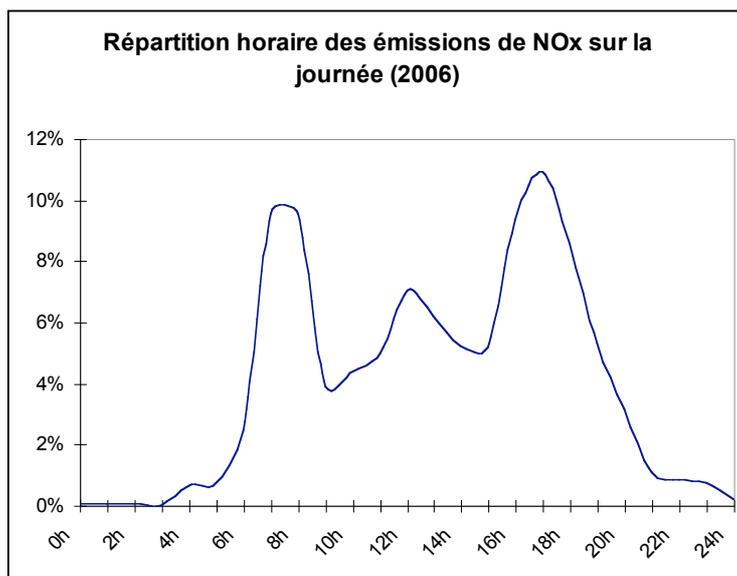
Figure 25 : poids des motifs dans les émissions en 2006
 Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

3.2.4 Poids des tranches horaires

La répartition horaire des émissions de polluants est directement liée à celle du trafic routier : son évolution horaire suit en effet celle des déplacements faits en voiture. Les graphiques ci-dessous illustrent la répartition horaire de NO_x et de GES. Cette répartition horaire permet notamment d'identifier les périodes de fortes émissions, qui précèdent en général les périodes de fortes concentrations des polluants dans l'air.

Cette analyse par tranches horaires confirme à nouveau l'impact notable du motif travail, principal constituant des pointes de circulation et donc d'émissions polluantes, en début et fin de journée, comme en atteste l'analyse des NO_x, principal marqueur de l'automobile⁶¹.

La localisation des lieux de travail et d'études par rapport au domicile et aux infrastructures de transport les reliant est donc un levier prépondérant pour agir sur la diminution globale des émissions de gaz à effet de serre.



⁶¹ même sil faut souligner que les mêmes constats subsistent pour les autres polluants locaux.

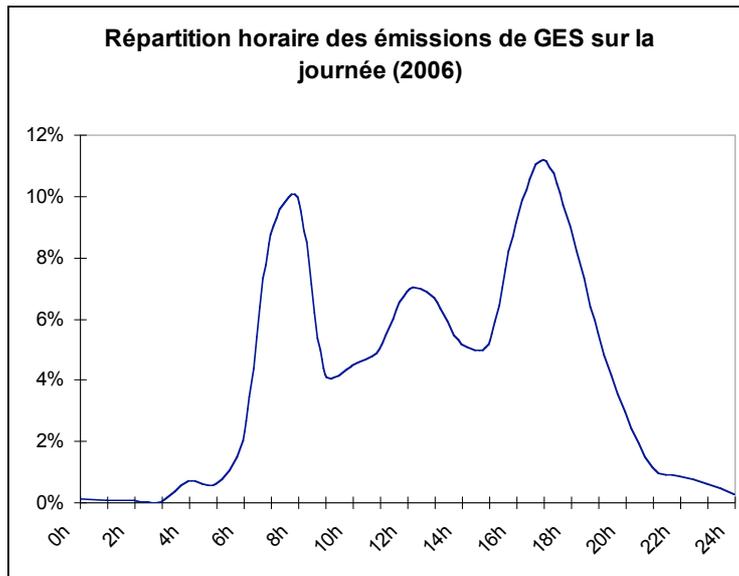


Figure 26 : répartition horaire des émissions de GES et de NOx en 2006
Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

3.2.5 Distances et vitesses

Outre les caractéristiques des véhicules (âge, puissance et type de carburant), les vitesses de déplacements s'avèrent être un élément déterminant des coefficients d'émissions unitaires, au moins dans le cas des modes automobiles (VP, taxi). Une fois ces coefficients unitaire fixés, c'est la distance du déplacement, comme multiplicateur, permet de déboucher sur les valeurs finales de consommation et d'émissions. Les deux variables 'distance' et 'vitesse' sont donc ici cruciales, au moins pour les consommations et émissions des véhicules particuliers⁶².

Le tableau ci-dessous présente, pour 2006, les consommations et émissions des déplacements en voiture conducteur selon la classe de distance.

2006	Effectif	Dist.	Durée	Vitesse	Cons/ km	CO2/ km	CO/ km	COV/ km	NOx/ km	PS/ km
< 2 km	451 620	1,3	8,5	8,9	119	329	12,1	1,13	0,80	0,111
2 à 4 km	383 181	2,9	12,8	13,7	98	274	9,3	0,90	0,79	0,110
4 à 6 km	215 630	4,9	17,1	17,2	85	238	6,7	0,65	0,72	0,080
6 à 8 km	140 065	7,0	19,4	21,5	74	208	4,9	0,47	0,63	0,066
8 à 10 km	106 401	8,9	20,7	25,8	68	191	3,7	0,36	0,61	0,058
10 à 15 km	156 721	12,2	25,1	29,1	63	179	3,1	0,30	0,57	0,045
15 à 20 km	74 662	17,2	31,7	32,5	57	162	2,3	0,25	0,57	0,040
> 20 km	45 849	23,9	33,2	43,3	50	143	1,6	0,18	0,52	0,032
Ensemble	1 574 129	5,7	16,0	21,4	73	205	4,8	0,47	0,63	0,063

Tableau 28 : consommations et émissions des déplacements en voiture conducteur selon la classe de distance

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Ces estimations indiquent clairement qu'émissions et consommations unitaires (*i.e.* au kilomètre) décroissent fortement avec la longueur du déplacement, *cf.* aussi graphique ci-après présentant l'exemple de la consommation énergétique au kilomètre en fonction des tranches de longueur de déplacement. Des décroissances analogues s'observent pour l'ensemble des rejets polluants.

Deux raisons peuvent expliquer ces variations :

- d'une part le fait que les facteurs d'émissions unitaires décroissent sensiblement avec la vitesse ;
- et d'autre part le poids des surconsommations et surémissions à froid pénalisant plus fortement les déplacements courts.

⁶² Qui plus est, on peut même remarquer que la distance intervient à la fois comme facteur multiplicatif et comme argument (via la vitesse) des fonctions qui déterminent les coefficients unitaires.

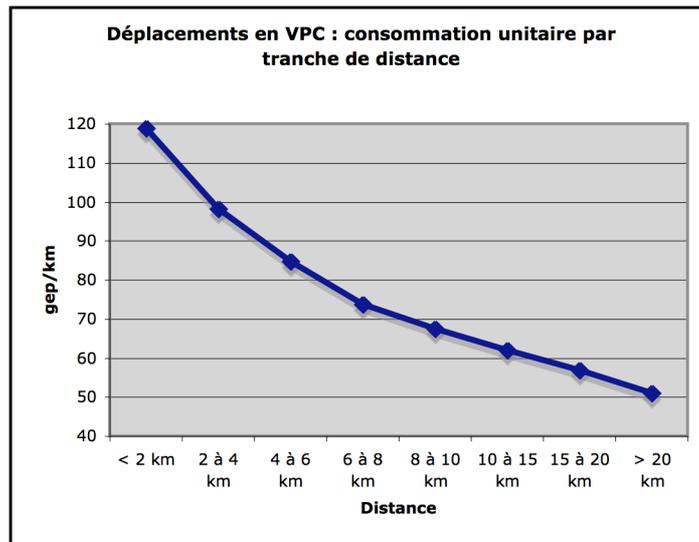


Figure 27 : consommations unitaires des voitures par tranche de distance

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Mais, au delà des ces aspects techniques de la « mise en équation » et de l'estimation, il convient de souligner à quel point l'éloignement puis la vitesse jouent un rôle-clé dans toutes les études de ce type et dans les évolutions des mobilités elles-mêmes (cf. aussi §3.4 sur le rôle des structures urbaines, à propos des distances aux centres, des distances domicile-travail, etc.).

Au cours des quinze dernières années du 20e siècle, la diffusion de l'automobile et l'étalement urbain (à la fois dans sa dimension *morphologique* par accroissement ou expansion de la « tâche » urbaine⁶³ et dans sa dimension *fonctionnelle* par la distanciation progressive des lieux de résidences et d'emplois⁶⁴) ont en effet transformé les pratiques de mobilité, qui sont, de ce fait, devenues plus consommatrices et plus polluantes.

La raréfaction du modèle "habiter et travailler dans la même commune" a dès lors progressivement conduit à une augmentation sensible des distances parcourues au quotidien, tournant toujours un peu plus les individus vers l'automobile⁶⁵; et au fur et à mesure que l'usage de modes rapides progresse en part modale (qu'il s'agisse de nombre de déplacements ou de distances parcourues), force est de constater un accroissement global des vitesses, y compris de l'indicateur « vitesse moyenne » de l'ensemble de la mobilité observée.

Selon le mode d'aménagement de l'espace, schématiquement dans les cas concentriques et radiaux autour d'un pôle central unique (car le diagnostic est plutôt à nuancer dans les cas multipolaires), les effets de ces deux facteurs se renforcent, ou se compensent dans les DEED :

⁶³ qui peut présenter un aspect notablement différent selon que « la ville » se construit de façon concentrique autour d'un pôle unique ou qu'elle apparaisse d'emblée comme multipolaire, comme c'est ici le cas avec les centres de Lille, de Roubaix et de Tourcoing

⁶⁴ Les lieux d'habitation et d'emplois peuvent en effet s'écarter ou s'étaler, mais ni toujours aux mêmes rythmes, ni toujours aux mêmes endroits...

⁶⁵ cause et effet à la fois, car c'est bien la voiture qui permet de conquérir l'espace et de progresser en vitesse, tandis qu'elle s'avère de plus en plus incontournable, car sans alternative modale crédible, pertinente ou rentable, au fur et à mesure qu'elle « urbanise » les zones de plus en plus éloignées... De fait, plus on réside loin des centres, plus on parcourt de kilomètres, et plus c'est en voiture. Voir aussi le §3.4 sur le rôle des structures urbaines à ce sujet.

- au centre, difficultés de stationnement et de circulation peuvent limiter l'usage de l'automobile, au profit des modes doux, marche et vélo, et de l'usage des transports collectifs ; ici, les surconsommations et surémissions liées à la congestion peuvent souvent être compensées par faibles distances ;
- en proche banlieue, une offre collective, même importante, ne suffit plus toujours à limiter l'usage de la voiture ; les rocades de contournement concentrent circulations automobiles et congestion ; consommations et émissions unitaires sont maximales ;
- et au delà, dans les zones périurbaines, l'usage de l'automobile devient massif ; les gains de vitesse, la rareté de la congestion et le moindre impact des départs à froid compensent partiellement l'allongement des distances.

3.3 Déterminants socio-économiques

Au delà du bilan global présenté au §3.1, ce sont, conformément à la méthodologie DEED, les budgets individuels⁶⁶, quantités d'énergie consommée et de polluants émis par individu et par jour en regard des budgets distance et temps, qui, en moyenne et pour différentes catégories de résidents, vont être déclinés dans les paragraphes suivants en fonction des déterminants de leur mobilité quotidienne, au sein de leur espace de résidence, le territoire de LMCU.

Au regard de l'estimation issue de l'ED 2006 pour les quelques 890 000 individus n'étant pas sortis du périmètre le jour d'enquête, sont ré-estimés les budgets correspondants aux éditions antérieures de l'enquête ménages déplacements. Les résultats sont les suivants.

Budgets individuels moyens	1987	1998	2006	1998/1987	2006/1998	2006/1987
Déplacements par jour	3,73	4,13	3,77	11%	-9%	1%
Budget-distance (km)	12,8	15,3	15,8	20%	3%	23%
dont VPC	55%	56%	56%	23%	3%	27%
dont TCU	11%	12%	16%	29%	44%	86%
dont VPP	20%	20%	16%	20%	-17%	0%
dont Marche	8%	7%	7%	1%	8%	9%
dont Vélo	2%	1%	1%	-25%	-17%	-38%
dont 2RM	1%	1%	1%	-26%	-7%	-32%
dont autre	3%	4%	3%	23%	-26%	-9%
Budget-temps (mn)	52	60	65	15%	8%	25%
Vitesse	14,8	15,3	14,6	4%	-5%	-1%
Consommation (BET en gep)	724	759	705	5%	-7%	-3%
eqCO2 (g)	1794	2201	2084	23%	-5%	16%
CO (g)	287	130	47	-55%	-64%	-84%
COV (g)	27,6	14,6	5,1	-47%	-65%	-82%
NOx (g)	14,0	10,3	6,4	-27%	-38%	-55%
PS (g)	0,29	0,81	0,61	183%	-25%	113%

Tableau 29 : budgets individuels moyens pour la mobilité interne des résidents

Source : estimations CETE et INRETS, logiciel DEED sur les EMD de 1987, 1998 et 2006

On rappelle que la limitation au périmètre communautaire⁶⁷, ainsi que l'utilisation de la méthode du logiciel DEED⁶⁸, ont pour conséquence que ces budgets individuels moyens

⁶⁶ Les BEED, selon leur appellation initiale...

⁶⁷ et non à l'arrondissement

diffèrent nécessairement sensiblement de ceux qui avaient été publiés lors des études précédentes en 1996 et 2002.

Budgets individuels moyens 2006 : la journée transports d'un habitant de LMCU

En 2006, le résident « interne »⁶⁹ effectue en moyenne 3,77 déplacements par jour, en parcourant près de 16 km en à peine plus d'une heure.

Pour réaliser ces déplacements, il a consommé 705 gep (soit 0,94 litres de super) et rejeté des quantités très variables des différents polluants, d'environ 2 kg de CO₂ à 0,6 g de particules, en passant par une cinquantaine de g de CO et 5 à 6 g de COV et de NO_x.

Sous nos hypothèses de calcul, on estime dès lors à 2084 g ses émissions de gaz à effet de serre.

Les évolutions de ces budgets au cours des deux périodes appellent les commentaires suivants (plusieurs des remarques qui avaient pu être faites dès la présentation du bilan total au §1 se retrouvent bien évidemment au niveau des budgets quotidiens moyens) :

- même si le nombre moyen de déplacements par individu et par jour en 2006 apparaît en retrait par rapport à 1998, il reste légèrement supérieur à celui de 1987 ;
- le budget-distance (tous déplacements internes par résident) n'a que peu augmenté sur la dernière période, par rapport au bond 'automobile' qu'il avait pu faire entre 1987 et 1998⁷⁰ ;
- parmi ces distances réalisées quotidiennement, c'est la part des transports collectifs qui a le plus augmenté, au détriment des autres (passager et 2 roues notamment) ;
- dès lors, en fonction des vitesses moyennes des différents modes⁷¹, il n'est pas surprenant que le budget-temps quotidien de transport continue d'augmenter légèrement, tandis que l'indicateur moyen de vitesse⁷² amorce une décroissance sensible en seconde période, alors que durant la première c'est l'augmentation de la part de la voiture qui l'avait fait croître ;
- on retrouve enfin également ici une forte baisse de la distance parcourue au quotidien en tant que passager d'une voiture, confirmant les éléments déjà mentionnés sur la baisse sensible des motifs d'accompagnement ;
- les évolutions des impacts énergie-émissions moyens de cette mobilité sont marqués par deux phénomènes essentiels. D'une part, les notables progrès technologiques réalisés sur les moteurs au cours de ces deux décennies aboutissent à une diminution drastique des émissions de polluants nocifs (à l'exception notable des particules, et ayant plutôt négligé le CO₂ et les GES). Et d'autre part, l'évolution de la mobilité elle-même, et surtout de sa structure modale avec l'augmentation remarquable de la part des TC, débouche, au prix de temps passés dans les transports légèrement mais significativement supérieurs, sur une diminution sensible de la consommation d'énergie et des émissions de GES.

⁶⁸ notamment avec les coefficients de copert3 et des hypothèses (départ à froid notamment) définitivement standardisées, qui peuvent différer de celles qui avaient été prises dans les versions successives de l'outil de recherche.

⁶⁹ C'est à dire qui n'est pas sorti du périmètre communautaire au cours du jour d'enquête. Seuls les personnes de 5 ans ou plus sont prises en compte

⁷⁰ Pour cette mobilité interne des résidents quine sont pas sortis du périmètre, on note toutefois plutôt une légère croissance du budget-distance que la stabilisation du trafic qui caractérisait l'ensemble...

⁷¹ de l'ordre de 11 km/h pour les TC, contre 15 à 20 km/h pour l'ensemble des modes automobiles et 2 roues motorisés, cf. §3.2.1

⁷² le simple ratio du budget-distance sur le budget-temps, en km/h

La seconde période montre un réel infléchissement, plutôt prometteur y compris du point de vue de l'effet de serre, au regard de la première qui était marquée par des évolutions très préoccupantes, pour le pas dire catastrophiques pour la mobilité et son bilan environnemental.

La suite de ce §3.3 présente les différenciations observables de ces budgets par rapport à la moyenne en fonction des principales caractéristiques individuelles, démographiques et socio-économiques, qui les influencent ou les déterminent. C'est principalement le budget quotidien d'émission de GES (en grammes d'eqCO₂) qui sera analysé dans toute la suite de ce chapitre. Rappel : à cause de la forme de l'enquête en 2006, ce sont exclusivement les budgets individuels (et non les budgets ménage) qui sont exploités ici.

3.3.1 Structure des ménages

Le niveau des émissions individuelles (gramme éq-CO₂ par jour ouvrable) est fortement déterminé par la taille et la structure du ménage : ainsi le passage de 1 à 2 personnes induit une augmentation nette du niveau d'émissions individuelles, avec un saut de plus de 30% du budget-émission de GES, augmentation qui se poursuit avec la présence d'un ou deux enfants dans le ménage. Les personnes seules (35% des ménages, mais environ 16% des individus considérés ici) sont souvent des personnes âgées qui se déplacent moins et qui sont peu motorisées.

Année 2006	Budget EqCO ₂
1-Personne seule	1 588
2-Couple sans enfant	2 341
3-Couple 1 ou 2 enfants	2 627
4-Famille nombreuse	1 656
5-Famille mono parentale -3 enfants	1 957
6-Famille mono parentale +2 enfants	1 055
Ensemble	2 084

Tableau 30 : émissions de GES par ménage selon leur type en 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Mais au-delà, lorsque la taille du ménage est supérieure à 5 personnes, la tendance s'inverse. Dans ce dernier cas, on peut parler « d'économies d'échelle » avec un taux d'occupation des véhicules à pleine capacité, mais aussi parce que le recours aux modes doux et aux solutions collectives, notamment des scolaires, fait baisser la moyenne pour aboutir presque mécaniquement à une réduction du budget, qui est ici estimé au niveau de l'individu.

On note d'ailleurs qu'en ne considérant que le nombre de personnes, et pas le détail de la structure du ménage, les budgets individuels croissent jusqu'à un maximum pour 3 personnes dans le foyer (correspondant en fait souvent aux couples avec 1 ou 2 enfants), puis décroissent au-delà. Plus d'un cinquième du budget-distance est réalisé en transport collectif dans les familles nombreuses, le record s'établissant à 33% (d'une distance certes un peu faible de 11km) dans les familles monoparentales, souvent moins motorisées, et où les enfants pèsent d'un poids plus important dans les budgets individuels moyens.

En évolution, le niveau des émissions a diminué entre 1998 et 2006 mais la répartition reste la même avec l'influence déterminante de la présence des enfants sur les comportements de

mobilité et par conséquent sur le niveau de consommation énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre.

Taille du ménage	1998	2006
1 personne	1 674	1 588
2 personnes	2 447	2 317
3 personnes	2 751	2 578
4 personnes	2 367	2 311
5 personnes	2 036	1 879
6 personnes	1 695	1 361
7 personnes et plus	1 002	1 142
Ensemble	2 201	2 084

Tableau 31 : : émissions individuelles de GES selon la taille du ménage en 1998 et 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

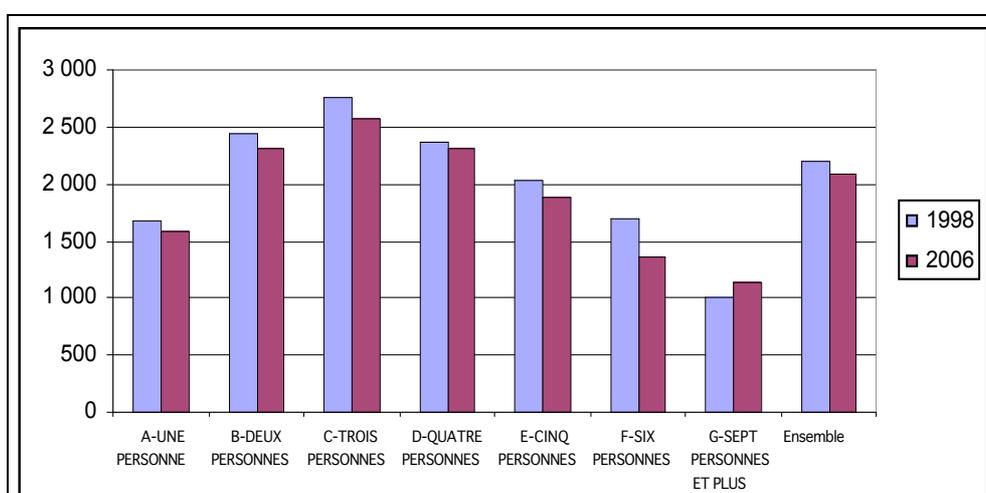


Figure 28 : émissions individuelles de GES selon la taille du ménage en 1998 et 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

Outre la taille et la structure du ménage, le taux d'équipement en voitures du ménage (qui lui est d'ailleurs fortement corrélé) détermine pour beaucoup la dépense énergétique et les émissions de l'individu : c'est chez parmi les ménages multi-motorisés que se retrouvent les individus les plus émetteurs, essentiellement car ils parcourent les plus grandes distances journalières tous modes confondus mais également en voiture particulière (71% des distances parcourues par les ménages ayant 3VP et plus le sont en voiture particulière). Le budget-distance, et sa part voiture, croissent nettement avec le nombre de voitures du ménage (et le kilométrage parcouru en TC suit assez naturellement l'évolution inverse).

Voitures à disposition dans le ménage

	Effectifs ménages	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM
0 VP	117 908	169 462	75	183	2	0,6	0,6	0,04
1 VP	208 414	381 100	678	2 000	49	5,2	5,9	0,60
2 VP	113 802	287 003	1 031	3 068	66	7,1	9,6	0,88
3 VP et plus	17 230	52 024	1 164	3 464	70	7,8	10,5	1,06
<i>(2 VP et plus)</i>	<i>131 032</i>	<i>339 028</i>	<i>1 051</i>	<i>3 129</i>	<i>67</i>	<i>7,2</i>	<i>9,7</i>	<i>0,91</i>
Total	457 353	889 590	705	2 084	47	5,1	6,4	0,61
	Effectifs ménages	Effectifs personnes	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
0 VP	117 908	169 462	8,7	0,1	1,3	0,1	5,1	2,2
1 VP	208 414	381 100	14,6	8,2	2,3	0,1	2,5	1,3
2 VP	113 802	287 003	20,2	13,7	3,2	0,1	2,0	0,8
3 VP et plus	17 230	52 024	23,4	16,4	4,0	0,4	1,9	0,6
<i>(2 VP et plus)</i>	<i>131 032</i>	<i>339 028</i>	<i>20,7</i>	<i>14,1</i>	<i>3,3</i>	<i>0,2</i>	<i>2,0</i>	<i>0,8</i>
Total	457 353	889 590	15,8	8,9	2,5	0,1	2,8	1,3

Tableau 32 : consommations et émissions individuelles selon la motorisation du ménage en 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Le nombre d'actifs du ménage est également un facteur déterminant du niveau d'émissions, puisque l'activité induit des déplacements pendulaires réguliers et par conséquent un accroissement des budgets temps et distance par rapport à un individu qui n'est pas dans la vie active. Le budget énergie-émissions de la personne active sera par ailleurs fortement influencé par le recours à une voiture particulière ou non pour ses trajets domicile-travail, qui peuvent s'enchaîner avec d'autres déplacements dans la journée sans que le choix modal initial puisse être remis en cause.

3.3.2 Position dans le cycle de vie

On sait que les comportements en matière de mobilité sont très liés à l'âge. Les personnes qui émettent le plus de GES appartiennent aux catégories d'âge comprises entre 25 et 64 ans, avec des niveaux d'émission supérieur à 3000 g pour les 25-49 ans, et un maximum de 3650 g pour les 35-49 ans (qui réalisent les $\frac{3}{4}$ de leurs 21,5 km quotidiens au volant d'une voiture). Les enfants et adolescents de moins de 17 ans ont les plus faibles émissions (parcourant 9 km dont la moitié comme passager en voiture, mais dont aussi 29% en TC) et c'est le passage à 18 ans qui marque le premier saut avec souvent soit l'entrée dans la vie active soit avec un engagement dans une formation dispensée à une plus grande distance que le lycée. On note d'ailleurs qu'en moyenne cet âge qui correspond aussi au passage du permis fait évoluer le kilométrage en voiture conducteur de 0 km avant (jusqu'à 17 ans) à 6,2 km (pour un total de 19,3 km tous modes) pour la tranche 18-24 ans⁷³

⁷³ En notant d'ailleurs que ce km VP conducteur continue de croître jusqu'à son maximum à 50 ans, et ne redescendra sous la valeur de 6,2 km qu'au delà de 65 ans.

	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2
1-5 à 17 ans	184 064	68	193
2-18 à 24 ans	106 564	568	1 641
3-25 à 34 ans	144 436	1 014	3 015
4-35 à 49 ans	187 236	1 225	3 647
5-50 à 64 ans	146 756	907	2 674
6-65 ans et +	120 534	377	1 100
Ensemble	889 590	705	2 084

Tableau 33 : consommations et émissions individuelles selon l'âge en 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

NB : on rappelle à ce propos [LMCU, 2006] que l'analyse par tranches d'âges de la baisse de la mobilité observée en 2006 résulte d'une modification des comportements des habitants et non pas un effet de l'évolution de la pyramide des âges.

Il est nécessaire d'affiner l'analyse en se concentrant sur la position du cycle de vie, qui est définie par un croisement de l'âge, du sexe et de l'occupation principale. Il apparaît clairement que les déterminants sont à rechercher dans l'activité d'une part et dans l'appartenance au genre féminin ou masculin, appartenance qui reflète des caractéristiques de mobilité différentes.

	Effectifs	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM
1-Homme	401 959	832	2 468	51	6,0	8,1	0,83
2-Femme	487 631	601	1 767	43	4,3	5,0	0,43
3-Ensemble	889 590	705	2 084	47	5,1	6,4	0,61

	Effectifs	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
1-Homme	401 959	17,5	10,7	2,0	0,3	3,0	1,2
2-Femme	487 631	14,4	7,4	3,0	0,0	2,7	1,3
3-Ensemble	889 590	15,8	8,9	2,5	0,1	2,8	1,3

Tableau 34 : consommations et émissions individuelles selon le sexe en 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Les différences de niveau d'émission entre hommes et femmes s'expliquent principalement par les distances parcourues, 21,5% plus longues dans le cas des hommes, et par le choix du mode de transport (voiture particulière plus souvent choisie par les hommes, avec 61% contre 51% des distances réalisées en tant que conducteur, mais en notant que ces parts de distance font quasiment jeu égal si l'on comptabilise avec les km parcourus en tant que passager : 73% chez les hommes, contre 72% chez les femmes). Elles peuvent aussi s'expliquer partiellement par le choix de la voiture, dans les cas des ménages motorisés. En effet, les femmes utilisent le véhicule principal du ménage moins souvent que leur conjoint, véhicule qui est le souvent le plus récent et le moins émetteur et bien souvent elles utilisent un véhicule de type familial pour accompagner les enfants, véhicule lourd et fortement émetteur.

Ce facteur est à croiser avec celui de l'activité. L'entrée dans la vie active induit des déplacements plus fréquents, plus longs et mobilisant des moyens de transport plus consommateurs d'énergie et par conséquent plus émetteurs.

Position dans le cycle de vie	1998	2006
1-Homme actif	5 044	4 451
2-Femme active	3 588	3 364
3-Femme au foyer	1 324	1 303
4-Scolaire /étudiant <18	180	188
5-Scolaire /étudiant >=18	1 967	1 182
6-Retraites	1 252	1 334
7-Chômeurs	1 730	1 480
Ensemble	2 201	2 084

Tableau 35 : émissions de GES selon la position dans le cycle de vie en 1998 et 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

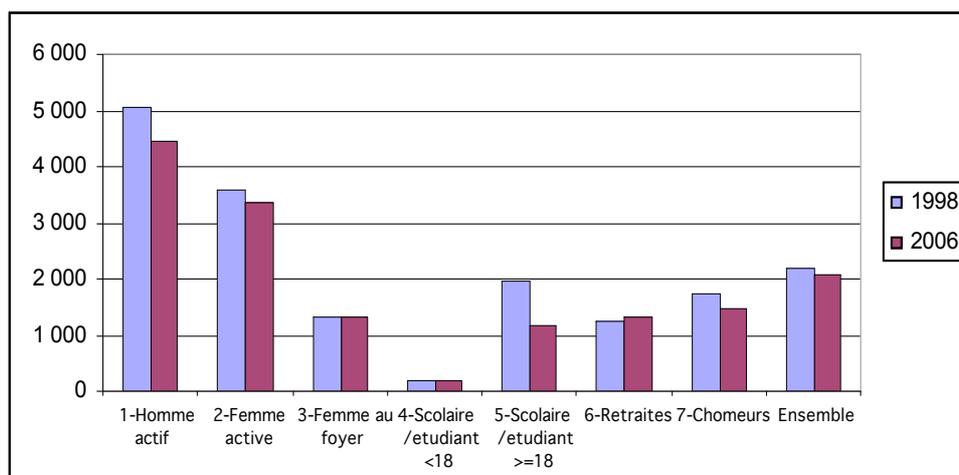


Figure 29 : émissions de GES selon la position dans le cycle de vie en 1998 et 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

En évolution d'une enquête à l'autre, on note une baisse sensible des émissions pour l'ensemble des catégories, à l'exception des retraités.

Toutefois, les actifs sont les plus importants émetteurs de gaz à effet de serre, les hommes arrivant assez nettement devant les femmes (+ 30 %), parce qu'ils parcourent les plus longues distances pour se rendre sur leur lieu de travail et qu'ils utilisent plus la voiture. À l'inverse, les personnes sans activité professionnelle émettent, elles, environ trois fois moins de GES que les actifs. Cela s'explique assez largement par le poids des déplacements domicile-travail dans les émissions polluantes. Les actifs contribuent également de manière importante à l'émission des polluants locaux.

Au travers de cet angle d'analyse s'affirme d'une part le poids prépondérant des trajets domicile-travail dans le bilan en termes d'émissions polluantes des individus, et d'autre part le recours notable à la voiture individuelle pour ce type de déplacement.

Ce dernier graphique présente les émissions individuelles de GES selon la position dans le cycle de vie en répartissant de façon différente les émissions du mode voiture : le DEED affecte par défaut les émissions en totalité au mode conducteur et rien au mode passager. Cette approche est difficilement applicable au cas des scolaires par exemple qui génèrent des déplacements d'accompagnement en voiture et dont on affecte les pollutions entièrement à l'accompagnant.

Le calcul réaffectant au passager la même valeur qu'au conducteur rééquilibre légèrement les émissions individuelles (baisse des actifs et hausse des scolaires), mais les écarts restent importants entre catégories.

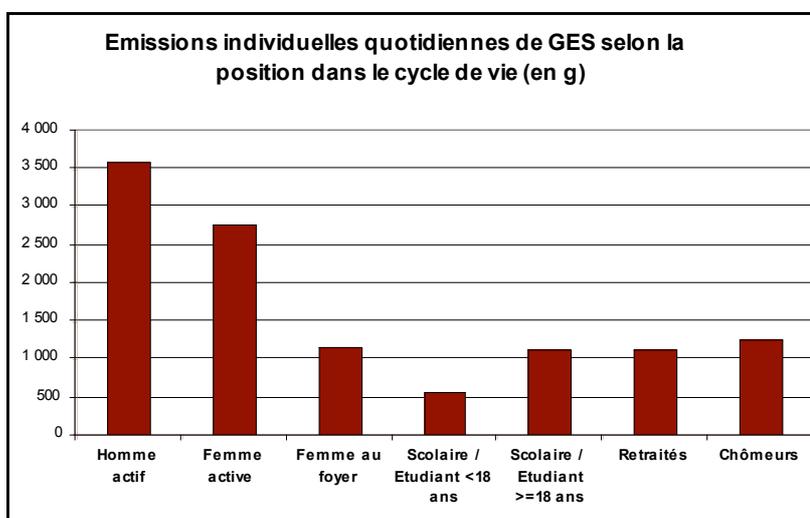


Figure 30 : émissions de GES selon la position dans le cycle de vie en 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

3.3.3 Catégorie sociale des actifs

Au-delà de la position dans le cycle de vie, les comportements de mobilité, et par conséquent les dépenses énergétiques et les émissions afférentes aux déplacements, sont également nettement différenciés selon les catégories socio-professionnelles.

PCS	1998	2006
1-Employés	2 399	2 415
2-Ouvriers	2 401	2 288
3-Cadres	4 299	3 793
4-Etudiants	2 155	1 363
5-Elèves	314	373
6-Chômeurs	949	1 488
7-inactifs	997	695
8-Autres	2 116	1 650

Tableau 36 : évolution du budget individuel quotidien d'émission de GES selon la PCS

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

	Effectifs personnes	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
1-Employés	217 527	16,3	10,3	2,1	0,1	2,4	1,2
2-Ouvriers	134 595	14,4	9,2	1,8	0,2	1,6	1,2
3-Cadres	217 527	22,3	17,8	1,5	0,2	1,8	0,9
4-Etudiants	48 514	19,2	5,4	2,0	0,0	10,0	1,8
5-Elèves	220 233	10,4	0,6	4,5	0,1	3,6	1,5
6-Chômeurs	6 477	14,2	5,1	2,3	0,0	5,7	1,0
7-Inactifs	37 923	7,8	2,5	2,4	0,0	1,3	1,5
Ensemble	889 590	15,8	8,9	2,5	0,1	2,8	1,3

	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM
1-Employés	217 527	819	2 415	61	6,2	7,1	0,69
2-Ouvriers	134 595	768	2 288	59	6,9	7,6	0,87
3-Cadres	217 527	1 276	3 793	73	7,3	11,2	1,03
4-Etudiants	48 514	483	1 363	36	4,2	4,7	0,36
5-Elèves	220 233	131	373	6	1,3	1,3	0,08
6-Chômeurs	6 477	514	1 488	60	7,5	6,0	0,86
7-Inactifs	37 923	239	695	19	2,0	1,7	0,17
Ensemble	889 590	705	2 084	47	5,1	6,4	0,61

Tableau 37 : budget individuel quotidien des consommations et émissions selon la PCS

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Du point de vue du budget-énergie-transport, un cadre consomme 1276 gep (soit 1,7 litres de super) par jour, en parcourant 22,3 km dont 79,5% en tant que conducteur. Par opposition, un ouvrier (resp. un employé) consomme 768 gep, soit 1,02 litres de super (resp. 819 gep ou 1,09 litres) en parcourant au quotidien 14,4 km (resp. 16,3 km) dont 64% (resp. 63%) en voiture conducteur.

La tertiarisation des activités économiques dans la région urbaine de Lille se révèle à travers le DEED. Ces activités se sont localisées dans les zones périphériques de la région et ont profité à l'emploi des employés et des cadres. Ce sont les cadres qui émettent le plus de GES et de polluants atmosphériques locaux en raison de leur choix de l'automobile pour leurs déplacements et de budgets-distance plus élevés (cf infra 3.4). Ainsi, malgré une démocratisation de la voiture maintenant avérée, les différences sociales, quoiqu'en léger recul au cours du temps⁷⁴, restent marquées quant à l'équipement et à l'usage des véhicules motorisés.

Toutefois on notera :

- Une baisse des émissions entre 1998 et 2006 pour l'ensemble des catégories à l'exception des employés et des chômeurs ;
- Pour ces derniers, l'augmentation des émissions polluantes est très importante et marquée en raison d'une mobilité accrue.

⁷⁴ Un cadre consomme 1,6 fois plus qu'un employé, contre 1,8 fois plus en 1987...

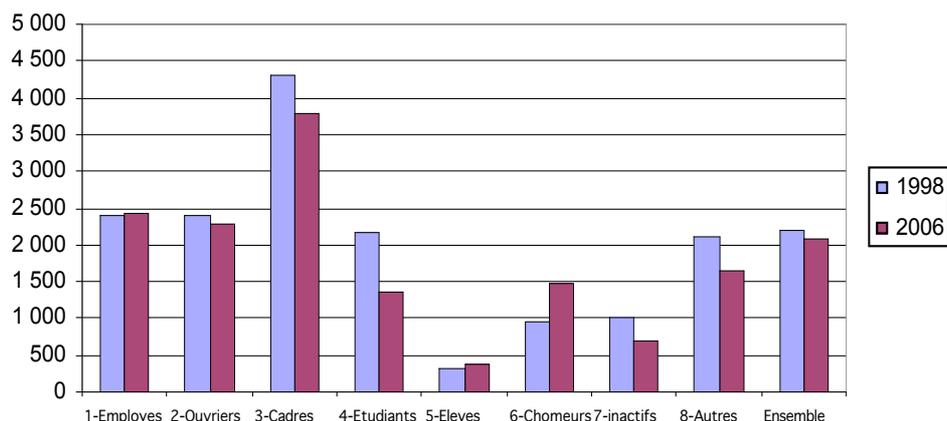


Figure 31 : évolution des budgets individuels quotidiens des consommations et émissions selon la PCS

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

Pour une compréhension plus fine de la corrélation très forte entre niveau d'émission et professions catégories sociales (PCS) - les cadres ayant le niveau le plus élevé d'émissions - il faut croiser la catégorie socio-professionnelle et l'équipement automobile :

	0 VP	1 VP	2 VP	3 VP et plus	(2 VP et plus)	Total
1-Employés	46 643	97 536	63 925	9 423	73 348	217 527
	21%	45%	29%	4%	34%	100%
2-Ouvriers	35 012	63 594	30 159	5 830	35 989	134 595
	26%	47%	22%	4%	27%	100%
3-Cadres	17 714	94 204	89 234	16 374	105 609	217 527
	8%	43%	41%	8%	49%	100%
4-Etudiants	20 884	15 641	8 179	3 810	11 989	48 514
	43%	32%	17%	8%	25%	100%
5-Elèves	32 450	85 832	87 178	14 774	101 952	220 233
	15%	39%	40%	7%	46%	100%
6-Chômeurs	1 953	3 459	641	424	1 065	6 477
	30%	53%	10%	7%	16%	100%
7-Inactifs	13 044	17 579	6 216	1 084	7 300	37 923
	34%	46%	16%	3%	19%	100%
Ensemble	169 462	381 100	287 003	52 024	339 027	889 590
	19%	43%	32%	6%	38%	100%

Tableau 38 : budgets individuels quotidiens des consommations et émissions selon la PCS et la motorisation du ménage

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

L'élément déterminant et le plus explicatif apparaît être non seulement l'accès au véhicule particulier mais surtout la multi-motorisation, les cadres étant la catégorie dont le niveau d'équipement automobile est le plus important. Cette multi-motorisation induit apparemment un recours plus systématique à l'usage de la voiture particulière.

Cependant, l'analyse doit être nuancée en fonction de la localité de résidence car la motorisation ne s'explique pas uniquement et de manière réductrice par la PCS, mais également par une « dépendance » accrue à l'automobile dans le cas d'une résidence dans une zone mal desservie entre transports en commun (cf. §3.4).

Les résultats de ce budget émission de GES en fonction des PCS et des localisations résidentielles sont les suivants.

	1-Lille		2-Roubaix Tourcoing		3-Banlieue de Lille		4-Banlieue de Roubaix Tcoing		5-Reste LMCU		Ensemble	
	GES	Effectif	GES	Effectif	GES	Effectif	GES	Effectif	GES	Effectif	GES	Effectif
1-Employés	1 308	34 738	2 135	31 279	2 380	90 041	3 151	42 665	3 423	18 804	2 415	217 527
2-Ouvriers	1 698	13 377	1 922	36 098	2 467	42 273	2 412	27 070	2 937	15 777	2 288	134 595
3-Cadres	2 700	36 220	3 503	25 174	3 728	91 059	4 570	43 099	4 669	21 975	3 793	217 527
4-Etudiants	742	22 287	1 511	3 290	1 499	15 665	2 748	5 387	3 361	1 885	1 363	48 514
5-Elèves	380	28 254	211	44 310	413	76 590	328	46 260	618	24 819	373	220 233
6-Chômeurs	1 353	801	2 268	2 245	1 158	1 363	987	1 908	0	160	1 488	6 477
7-Inactifs	147	4 755	297	11 553	886	11 875	1 345	6 529	907	3 211	695	37 923
Ensemble	1 382	141 248	1 605	155 141	2 203	331 114	2 521	173 689	2 740	88 398	2 084	889 590

Tableau 39 : budgets individuels quotidiens des consommations et émissions selon la PCS et le lieu de résidence

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Quelles que soient les PCS considérés, ce sont les résidents de Lille qui ont les niveaux d'émission les plus faibles et les habitants des franges urbaines (banlieue de Lille mais surtout la banlieue de Roubaix-Tourcoing et « reste LMCU ») qui ont les niveaux de pollution les plus élevés. Le facteur de la localisation résidentielle est par conséquent le plus déterminant ; en se concentrant sur une zone particulière cependant, les déterminants sociologiques ou socio-économiques semblent à nouveau jouer à plein leur rôle différenciateur, et l'on retrouve une corrélation positive forte entre niveau d'émission élevé et PCS supérieure (et intensité de l'usage de la voiture).

3.3.4 Niveau d'instruction

La relation entre niveau d'études et émissions de gaz à effet de serre est quasiment linéaire : plus les individus sont diplômés, plus ils utilisent la voiture et plus ils participent au changement climatique et à la détérioration de la qualité de l'air.

On aurait pu penser que les personnes les plus instruites seraient les plus à même de prendre conscience et de se responsabiliser face aux problématiques environnementales. Ce n'est pas le cas puisqu'en raison d'une forte motorisation et d'un usage important de la voiture, ce sont elles qui consomment et émettent le plus de polluants au cours de leurs déplacements.

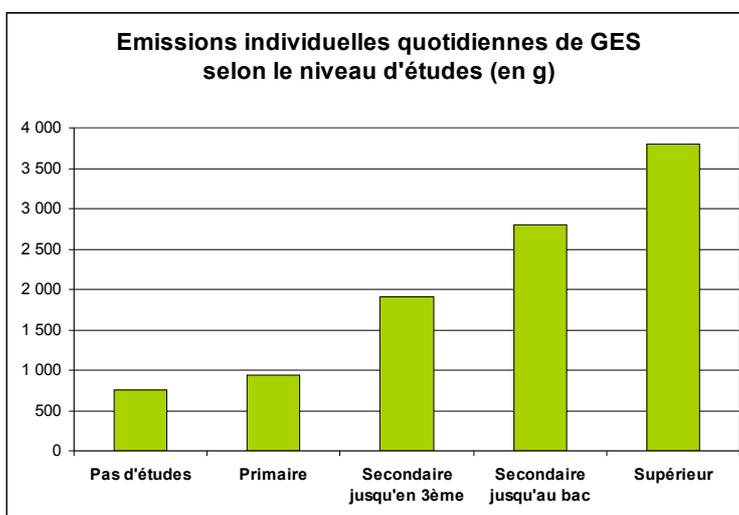


Figure 32 : émissions individuelles quotidiennes de GES selon le niveau d'études

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Niveau d'études	1998	2006
1-Pas d'études	710	754
2-Primaire	1 218	945
3-Secondaire jusqu'en 3eme	2 418	1 907
4-Secondaire jusqu'au bac	3 696	2 805
5-Superieur	4 516	3 798
6-Autre-Indetermine	714	534
Ensemble	2 201	2 084

Tableau 40 : évolution des émissions individuelles quotidiens de GES selon le niveau d'études

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

Comme nous l'avons vu au niveau du bilan DEED global, le niveau des émissions a baissé entre 1998 et 2006. En 2006 comme en 1998 il existe une corrélation positive forte entre budgets distance, consommation énergétique et niveau d'études.

Mais pour avoir une vision plus juste de cette corrélation, il faut se concentrer sur la population en âge d'occuper un emploi afin d'exclure les retraités (dont le niveau d'instruction est plus bas que les générations actuelles) et la population susceptible d'être encore en formation. On remarque d'ailleurs que niveau d'études est lui-même très dépendant de l'âge : plus de 40 % des personnes n'ayant pas été scolarisées ou s'étant arrêté en primaire ont plus de 60 ans, contre 14 % en moyenne de la population. Ce phénomène devrait donc s'atténuer avec le changement de génération.

	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM
1-Pas d'études	4 063	280	841	7	1,7	3,0	0,50
2-Primaire	10 252	556	1 632	41	4,1	4,5	0,50
3-Secondaire jusqu'en 3eme	63 752	865	2 559	66	7,4	8,8	0,97
4-Secondaire jusqu'au bac	78 014	1 222	3 641	78	8,5	11,5	1,21
5-Superieur	107 870	1 463	4 364	79	7,9	12,8	1,25
Ensemble	267 201	1 187	3 532	73	7,7	10,9	1,13
	Effectifs personnes	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
1-Pas d'études	4 063	16,9	3,5	8,6	0,1	3,6	1,1
2-Primaire	10 252	13,2	6,0	1,9	0,0	3,4	1,7
3-Secondaire jusqu'en 3eme	63 752	15,4	10,5	1,7	0,1	1,6	1,2
4-Secondaire jusqu'au bac	78 014	21,6	15,6	1,8	0,1	2,6	1,0
5-Superieur	107 870	25,3	20,6	1,6	0,3	1,9	0,8
Ensemble	267 201	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0

Tableau 41 : émissions individuelles quotidiens de GES selon le niveau d'études (personnes de 30 à 50 ans)

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

En se concentrant sur les personnes entre 30 et 50 ans, on peut observer que la consommation énergétique liée aux déplacements augmente fortement avec le niveau d'instruction et la corrélation positive forte entre niveau élevé d'émissions et niveau d'études supérieures est confirmée, et les personnes ayant le plus d'instruction sont les plus émettrices et celle qui ont

le comportement le plus polluant (alors que l'on pourrait croire qu'elles sont le plus à même de comprendre les mécanismes et les impacts de la pollution).

On notera également qu'il existe indubitablement une corrélation forte entre ce niveau d'instruction et le niveau de revenu, dont l'analyse fait l'objet du paragraphe suivant.

3.3.5 Niveau de revenus

La quantité individuelle moyenne de GES émise par jour selon la classe de revenus mensuels par unité de consommation du ménage⁷⁵ est éloquent. Dans les ménages dont le revenu mensuel par UC est inférieur à 1 000 €, les émissions individuelles moyennes de GES sont de l'ordre de 1700 g. Cette valeur est deux fois plus importante pour les revenus de la tranche 2 000 € à 3 000 €. Au-delà de 3000 €, l'augmentation par rapport à la tranche précédente est moins forte. Comme les personnes ayant fait des études longues sont en général celles disposant des revenus les plus élevés, la convergence des deux analyses n'est guère étonnante.

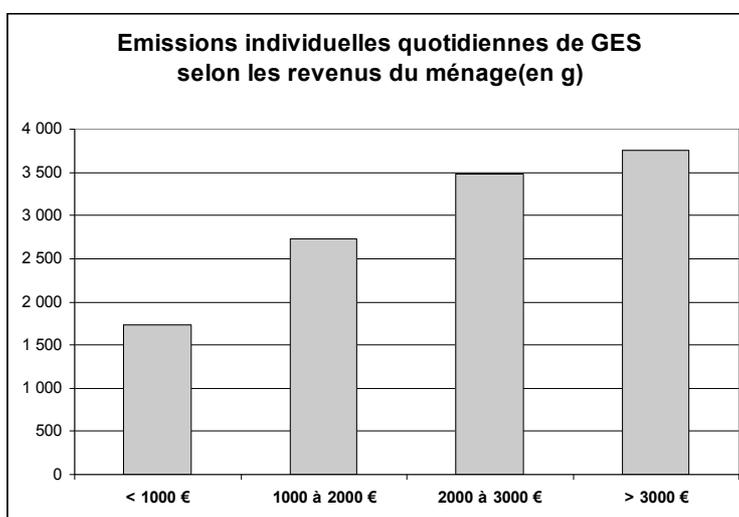


Figure 33 : émissions individuelles quotidiennes de GES selon les revenus du ménage

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Ainsi, ce sont les individus appartenant à un ménage disposant d'un revenu mensuel supérieur à 3 000 euros par unité de consommation qui ont le plus haut niveau d'émissions ; toutefois, il a à noter que ce budget quotidien d'émission de GES a fortement diminué entre 1998 et 2006 pour les individus appartenant à cette catégorie de revenus.

Revenu ménage par UC	1998	2006
1-< 1000 €	1 913	1 514
2-1000 à 2000 €	3 243	2 726
3-2000 à 3000 €	3 982	3 473
4-> 3000 €	5 539	3 758
Ensemble	2 201	2 084

Tableau 42 : évolution 1998-2006 des émissions individuelles quotidiennes de GES selon les revenus du ménage

⁷⁵ Système de pondération attribuant un coefficient à chaque membre du ménage et permettant de comparer les niveaux de vie de ménages de tailles ou de compositions différentes. Avec cette pondération, le nombre de personnes est ramené à un nombre d'unités de consommation (UC) (valeurs : 1 UC pour le premier adulte du ménage ; 0,5 UC pour les autres personnes de 14 ans ou plus et 0,3 UC pour les enfants de moins de 14 ans).

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

On notera que les individus appartenant à la classe la plus aisée et la plus émettrice représentent une part marginale de l'ensemble de la population de la LMCU, même si elle est en hausse depuis 1998, traduisant une nette amélioration des niveaux de revenus dans la région :

Pourcentage d'individus appartenant à chaque classe de revenus.	1998	2006
1-< 1000 €	58,7%	43,3%
2-1000 à 2000 €	20,1%	23,2%
3-2000 à 3000 €	3,3%	6,1%
4-> 3000 €	0,9%	1,0%

Tableau 43 : répartition de la population selon les classes de revenus

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

Le budget environnemental des résidents de la région lilloise est fortement corrélé au niveau de biens, mais cette corrélation est expliquée par le lien entre niveau de revenus et motorisation, mais aussi entre niveau de revenu et comportement de mobilité, ce dernier étant fortement déterminé par l'occupation d'un emploi :

	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM
1-< 1000 €	149 496	1 326	3 950	86	9,3	12,3	1,27
2-1000 à 2000 €	94 159	1 389	4 134	88	9,5	13,0	1,14
3-2000 à 3000 €	28 662	1 523	4 520	82	8,4	13,3	1,27
4-> 3000 €	5 188	1 523	4 502	62	5,4	11,7	1,18
Ensemble	277 506	1 371	4 082	86	9,2	12,6	1,23
	Effectifs personnes	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
1-< 1000 €	149 496	23,0	17,4	2,0	0,2	2,1	0,8
2-1000 à 2000 €	94 159	24,8	19,6	1,4	0,3	2,5	0,9
3-2000 à 3000 €	28 662	27,7	22,2	2,1	0,5	1,9	0,9
4-> 3000 €	5 188	26,3	22,2	1,9	0,3	1,1	0,7
Ensemble	277 506	24,1	18,7	1,8	0,3	2,2	0,8

Tableau 44 : émissions et consommations individuelles quotidiennes selon le revenu

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Le rapport de quantités d'éq-CO2 émises pour une même tranche de revenus entre un individu actif et l'individu moyen varie quasiment dans un rapport de 1 à 2. On retrouve le poids déterminant du facteur travail et des déplacements engendrés par le fait d'être actif dans le budget énergie-environnement des individus. Dans la première catégorie (<1000 euros) pourtant, le rapport est le plus élevé car on y compte de nombreux retraités, qui ont, de manière quasi tautologique, des budgets temps et distances moindres que les actifs.

Revenu/UC	Actif à temps plein	Individu moyen	ratio
	Budget EqCO2	Budget EqCO2	
1-< 1000 €	3 950	1 726	2,3
2-1000 à 2000 €	4 134	2 726	1,5
3-2000 à 3000 €	4 520	3 473	1,3
4-> 3000 €	4 502	3 758	1,2

Ensemble	4 082	2 084	2,0
----------	-------	-------	-----

Tableau 45 : émissions de GES des actifs comparés à la moyenne selon le revenu

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Les distances parcourues par les individus, notamment pour les trajets domicile-travail, sont contingentes des structures urbaines, qui seront analysées dans la partie suivante.

3.4 Le rôle des structures urbaines

Les impacts environnementaux par déplacement, mais aussi par individu, c'est à dire par sommation dans les budgets individuels, sont aussi fortement dépendants de données géographiques, qu'il s'agisse de la distribution des lieux d'origine et de destination des déplacements, c'est à dire de la distribution des flux, ou aussi de la répartition spatiale des lieux de résidence.

Des premières recherches sur les budgets-énergie-transport au début des années 80⁷⁶ jusqu'aux DEED les plus récents, en passant notamment par les travaux de Newman et Kenworthy au cours des années 90⁷⁷, nombre de recherches se sont penchées sur le lien entre les localisations résidentielles (et donc l'éloignement par rapport au(x) centre(s), les densités et formes urbaines, types de tissus et types de dessertes, etc.) et la formation de la dépense énergétique consacrée à se déplacer.

On peut résumer en quelques points essentiels les résultats sur les déterminants géographiques que l'ensemble de ces travaux ont pu mettre en évidence :

- **la distance est nécessairement à considérer** : alors que c'était un paramètre de la mobilité presque négligé jusqu'à alors⁷⁸, l'estimation des impacts énergétiques et environnementaux impose de mettre l'accent sur la distance de déplacement (on a déjà vu précédemment le rôle-clé joué par les distances et les vitesses...); elle joue bien évidemment un rôle fondamental dans la distribution des flux de déplacements entre zones ;
- **le système des localisations et distances forme un déterminant fort** : plus on réside loin du centre⁷⁹, ou de son emploi, plus on parcourt de kilomètres, et plus c'est en voiture – et bien évidemment, plus on consomme et on émet⁸⁰... Autrement dit, l'étalement urbain, dans ses deux dimensions mentionnées au §3.2.5, génère des accroissements de consommation et d'émissions. Chaque étude DEED, voire chaque étude de mobilité permet de le vérifier ;
- **la densité de la zone de résidence est également un facteur déterminant** : l'ensemble de ces études l'ont également montré. Les DEED, en particulier, indiquent qu'au sein d'une même région urbaine de résidence, on trouve fréquemment un rapport de 1 à 2 voire de 1 à 3 dans la consommation quotidienne d'énergie entre un résident de la ville-centre et un résident des zones les moins denses (et souvent aussi des périphéries les plus éloignées)⁸¹.

⁷⁶ [IRT et. Al, 1984] et [Orfeuill, 1986], déjà cités §1.3.

⁷⁷ [Newman, Kenworthy, 1989], également §1.3, sur le rôle capital de la densité d'habitat urbaine dans la formation de la dépense énergétique des transports, dans 32 grandes métropoles du monde.

⁷⁸ Les mobilités n'étant traditionnellement comptabilisées qu'en nombres de déplacements.

⁷⁹ Du centre ou des centres, dans le cas des régions urbaines multipolaires

⁸⁰ et cela entre directement en conflit avec toutes les tentatives, y compris législatives, de modération des trafics automobiles.

⁸¹ C'est sur la base d'une EMD, et avec des estimations comparables que ces écarts peuvent être constatés. Il n'en va pas nécessairement de même des recueils qu'avaient effectué Newman et Kentworthy lors de leurs

On notera d'ailleurs à ce propos que les effets des deux déterminants « *distance au centre* » et « *densité résidentielle* » peuvent être partiellement différents⁸²

Le rôle de ces différents paramètres dans la formation des budgets individuels est détaillé dans les paragraphes ci-après.

3.4.1 Type de liaison, portée des déplacements et poids des types de liaisons

Avant de poursuivre l'analyse des budgets individuels selon leurs déterminants spatiaux, revenons un instant à la distribution spatiale de l'ensemble des 3,8 millions de déplacements internes, c'est à dire à la distribution des flux.

Fondé sur une logique "centre/1^{ère} couronne/2^e couronne" (concentrique, mais avec deux pôles denses), le découpage du territoire en cinq zones, datant de 1996, est celui qui est utilisé comme découpage de "présentation" du Plan de Déplacement Urbains (PDU). Il distingue deux villes centres, Lille et Roubaix-Tourcoing, puis deux banlieues associées, celle de Lille et celle de Roubaix-Tourcoing et enfin le reste du territoire communautaire constitué par les zones les plus périphériques et périurbaines.

En fonction de ces différentes zones, le bilan global présenté au §3.1.1 se répartit comme indiqué dans le tableau ci-après qui appelle les remarques suivantes.

Ensemble des flux Déplts internes	Effectif déplacements (Millions)	Distance totale (M km)	Total EqCO2 (M t)	EqCO2/km (g/km)	EqCO2/déplt (g/déplt)
L-L	0,54	0,83	71	85	131
L-BL	0,38	2,24	294	131	779
L-RT	0,04	0,69	69	100	1589
L-BRT/RLMCU	0,07	1,18	131	111	1748
RT-RT	0,45	0,78	104	134	233
RT-BRT	0,22	1,06	188	178	858
RT-BL/RLMCU	0,09	1,30	167	128	1907
BAN-BAN	0,22	2,62	360	137	1632
BAN interne	1,83	4,73	703	149	384
Total	3,84	15,43	2086	135	543

Tableau 46 : émissions de GES selon le type de liaison

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Abréviations : L = Lille ; BL = banlieue de Lille ; RT = Roubaix-Tourcoing ; BRT = banlieue de Roubaix-Tourcoing ; RLMCU = reste du territoire communautaire ; BAN = banlieue ; BAN-BAN = liaison mettant en jeu deux banlieues, par opposition aux échanges de banlieue internes.

Avec 1,83 millions de déplacements les échanges internes à une même zone de banlieue représentent près d'un déplacement sur deux (48% de l'effectif total); cependant ces déplacements sont courts, puisqu'ils ne constituent « que » 31% des distances parcourues (avec 2,6 km par déplacement); ils sont également responsables de plus d'un tiers (34%) des GES émis, avec une émission unitaire relativement forte (quasiment 150g/km),

premiers travaux. C'est d'ailleurs notamment sur le point de la comparabilité d'indicateurs agrégés entre métropoles qu'ils ont été en partie critiqués.

⁸² On notera que pour différentes raisons (aménités, niveaux et qualité de desserte), ni les deux variables, ni leurs effets, ne sont parfaitement substituables l'un à l'autre : ils sont partiellement corrélés, mais non identiques, comme peut d'ailleurs en attester l'exemple les Villes Nouvelles en Ile-de-France (un précédent DEED a montré qu'à égale distance de Paris, ces communes avaient de bien meilleures performances que leurs voisines, en raison de la densité de résidences et d'emplois et bien évidemment d'une desserte en transports collectifs rapides fortement renforcée).

indiquant qu'ils sont souvent réalisés dans des modes peu économes, sans doute par manque d'alternative.

On notera également que certains des déplacements sont encore plus émetteurs : pour les échanges entre Roubaix-Tourcoing et sa banlieue (6% de l'effectif, 7% des distances et 9% des GES, pour des déplacements de 4,8 km en moyenne), on atteint la valeur unitaire de 178 g/km de GES pour ces véritables « liaisons dangereuses ».

A l'opposé du spectre, les déplacements internes à la ville de Lille (les seconds plus nombreux par ordre d'importance, avec 14% de l'ensemble), sont également courts (5% de l'ensemble et 1,5 km en moyenne), mais visiblement réalisés dans des modes moins énergivores et émetteurs, puisqu'ils comptent pour 3% de l'ensemble de l'eqCO₂ émis et sont caractérisés par une émission unitaire de 85g/km (et une émission de 131g/déplacement en moyenne).

Viennent ensuite :

- les échanges internes à Roubaix-Tourcoing : 12% des effectifs, 5% des distances parcourues et des GES émis : d'une portée moyenne de 1,7km, ils émettent 134g d'eqCO₂ par km ;
- et les échanges entre Lille et sa banlieue, avec des ordres de grandeurs du même ordre : 10% de l'effectif total et 131g d'eqCO₂ au kilomètre ; pour ces derniers, on notera cependant une contribution nettement plus importantes à l'ensemble des km parcourus (15%) et à l'émission de GES (14%), liée à une portée significativement différente de près de 6 km par déplacement.

Il convient enfin de souligner le rôle particulier joué par les « longs » déplacements, même si leurs effectifs sont peu nombreux : de Lille à Roubaix-Tourcoing, ou à sa banlieue, mais aussi au reste du territoire de la communauté, comme de Roubaix-Tourcoing à la banlieue de Lille ou au reste de la communauté (5% de l'effectif total pour ces trois liaisons), la portée moyenne des déplacements est de l'ordre de 15 à 16 km. Dès lors, ils représentent 20% de l'ensemble des distances parcourues, mais « seulement » 17% de l'ensemble des GES émis. Leurs émissions unitaires de GES (respectivement 100, 111 et 128 g/km) apparaissent comme relativement faibles par rapport à d'autres, sans doute à cause de la longueur même des déplacements : alors que certains sont sans doute (?) réalisés en TC, les autres sont effectués en voiture, mais avec un dizaine de kilomètres parcourus moteur chaud.

Les liaisons vues du côté de leur longueur

De fait, d'une manière générale, il convient de remarquer que la répartition des flux est très contrastée en termes de portée des déplacements (tous déplacements internes du bilan DEED classique) et d'émission de GES (et donc de choix modal) :

- 28% de ces déplacements ont une portée de moins de 1 km ; parmi ceux-là, près de 6 sur 10 sont des échanges à l'intérieur d'une même banlieue et près d'un sur 4 est interne à la ville-centre de Lille ; c'est en banlieue et en interne à Roubaix-Tourcoing que les émissions unitaires de GES sont ici les plus élevées avec 75 à 82g/km ; par grandes masses cependant, ce sont les liaisons internes de banlieues qui concentrent 68% de l'eqCO₂ total ;
- 46% des déplacements ont une portée comprise entre 1 et 5 km ; un sur deux est interne à une banlieue (avec 53% de l'eqCO₂ total) et trois sur dix sont internes aux villes centre (respectivement 16% pour Lille et 14% pour Roubaix-Tourcoing, mais seulement 21% de la masse totale de GES émise) ; les émissions unitaires de GES maximales sont atteintes

entre Roubaix-Tourcoing et soit Lille (248g/km) soit la banlieue de Roubaix-Tourcoing (201g/km) ;

- 15% des déplacements ont une portée comprise entre 5 et 10 km ; un tiers d'entre eux sont des échanges internes d'une banlieue, tandis qu'un autre tiers est constitué de liaison entre Lille et sa banlieue ; les émissions unitaires maximales sont ici atteintes sur les mêmes O-D, avec respectivement 196 et 175g/km ; en masse totale, les liaisons entre Lille et sa banlieue (28% des GES) font presque jeu égal avec les liaisons internes de banlieue (33%) ;
- 11% enfin ont une portée supérieure à 10 km ; ce sont ici les échanges entre banlieues qui deviennent majoritaires (27% non internes et 18% internes en nombre de déplacements, et 31% en masse de GES émise) avec des émissions unitaires de GES de l'ordre de 130 à 135g/km (mais celles des flux de Lille ou de ceux qui joignent Roubaix-Tourcoing à sa banlieue sont du même ordre).

3.4.2 Distance domicile-travail

L'analyse en fonction des distances domicile-travail fait également apparaître des résultats fortement différenciés. On trouve, comme le montre le graphique ci-dessous, une relation quasi-linéaire entre l'augmentation des distances du trajet domicile-travail et l'augmentation des niveaux d'émission.

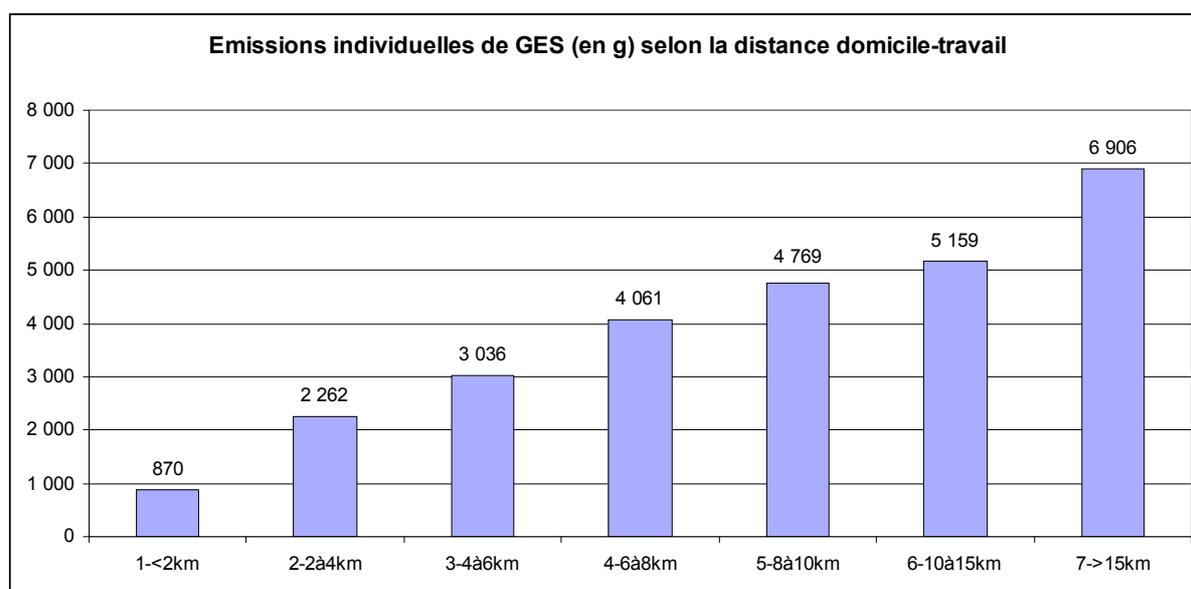


Figure 34 : émissions individuelles de GES selon la distance entre le domicile et le lieu de travail

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Ce résultat n'est guère étonnant étant donné que le bilan énergétique et environnemental est très fortement dépendant de la distance parcourue, mais aussi de la vitesse et du mode principal pour le déplacement.

Ces éléments sont déterminés conjointement par la localisation du lieu de résidence, par celle du lieu de travail et la desserte en transports en commun. Le tableau ci-dessous indique les valeurs obtenues en termes de budgets quotidiens d'émission de GES entre les zones de résidences et différentes zones d'emploi.

Résidence \ Lieu de travail Budgets GES	Lille	Rbaix Tourcg	Banl. de Lille	Banl. de Rbx Tourcg	Reste LMCU	Reste Arrond .	Reste périmè tre	Wallo nie	Ensem ble
1-Lille	1 002	3 380	1 979	3 658	6 013	4 319	0	0	1 382
2-Roubaix Tourcoing	4 811	983	4 992	3 319	4 447	0	0	1 317	1 605
3-Banlieue de Lille	2 573	5 513	2 121	4 405	5 043	355	0	2 013	2 203
4-Banlieue de Rbx Tcg	4 024	3 580	4 541	1 719	6 718	0	0	0	2 521
5-Reste LMCU	4 944	5 815	5 446	5 900	1 490	2 840	5 945	610	2 740
Ensemble	2 215	2 283	2 637	2 423	2 532	1 550	5 945	1 037	2 084

Tableau 47 : émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence et le lieu de travail

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

On constate que les liaisons intra-zones pour Lille et pour Roubaix-Tourcoing sont peu émettrices. De même, les trajets entre un centre urbain et sa plus proche banlieue sont moins émetteurs que ceux mettant en jeu les zones péri-urbaines les plus éloignées, les niveaux les plus élevés étant atteints pour les liaisons entre la banlieue de Roubaix-Tourcoing et le reste de la Métropole.

On notera à cette occasion le rôle fondamental que joue l'accessibilité à un réseau de transport public dans le choix modal des individus. Ou aussi, par opposition, le rôle que joue « la dépendance automobile » par défaut d'alternative : L'éloignement entre la zone de résidence et celle de l'emploi aboutit donc à des résultats assez analogues à ceux qu'indique l'éloignement aux centres... Ici encore, plus on réside loin (de son emploi), plus on parcourt de kilomètres, et plus c'est en voiture et plus on émet.

3.4.3 Densité de la zone de résidence

La localisation résidentielle, la densité d'habitat et la mixité des fonctions sont trois facteurs déterminants pour expliquer les différences de pollutions générées par les habitants dans leurs déplacements.

Le nombre d'habitants au mètre carré dans chacun des secteurs⁸³ et les quantités d'émissions individuelles moyennes de gaz à effet de serre des résidents se révèlent directement corrélées : les plus fortes émissions sont constatées sur les territoires les moins peuplés, et inversement, comme toutes les autres études DEED l'ont également confirmé

Densité et mixité fonctionnelle favorisent notamment les déplacements de proximité, plus facilement réalisés à pied, et la mise en place de systèmes de transports collectifs efficaces et donc attractifs. A l'inverse, faute d'alternatives collectives pertinentes ou « rentables », la nécessité de s'équiper en voiture et l'allongement des distances parcourues par les individus souvent automobilistes pour accéder aux lieux d'activités, aux équipements et aux différents services, en un mot aux aménités de la région urbaine qu'ils ne trouvent pas à proximité de leur lieu de résidence, explique en partie, l'importance des rejets de polluants, au fur et à mesure que les lieux de résidence s'éloignent des zones les plus denses et les mieux pourvues en infrastructures de transports en commun.

L'étalement urbain et ses corollaires (densité faible et moindre présence d'équipements structurants, attracteurs, services et commerces, et finalement ségrégation spatiale et manque

⁸³ suivant le découpage en 57 zones, plus ou moins éloignées des centres les plus denses, de la communauté urbaine de Lille utilisé pour la réalisation de l'enquête ménages déplacements.

d'alternatives modales) sont à l'origine d'un usage démultiplié de la voiture, surtout hors centre ville, autrement dit d'une « dépendance » accrue à l'automobile⁸⁴.

Au total, l'étalement urbain rend les différents secteurs très inégaux en matière d'offres modales et d'alternatives à la voiture. C'est finalement un facteur d'accroissement des longueurs de déplacements, de l'usage de la voiture et donc des consommations d'énergie et émissions.

Les résultats contrastés en matière de consommation d'énergie et d'émissions de la mobilité quotidienne sont particulièrement éloquentes en fonction de la densité résidentielle, selon que l'on réside en centre-ville, dans la proche banlieue ou des les zones les plus éloignées de l'agglomération. La confrontation des deux cartes ci-dessous est également marquante : celle des émissions individuelles de GES semble être le négatif de celle de la densité de population par secteur.

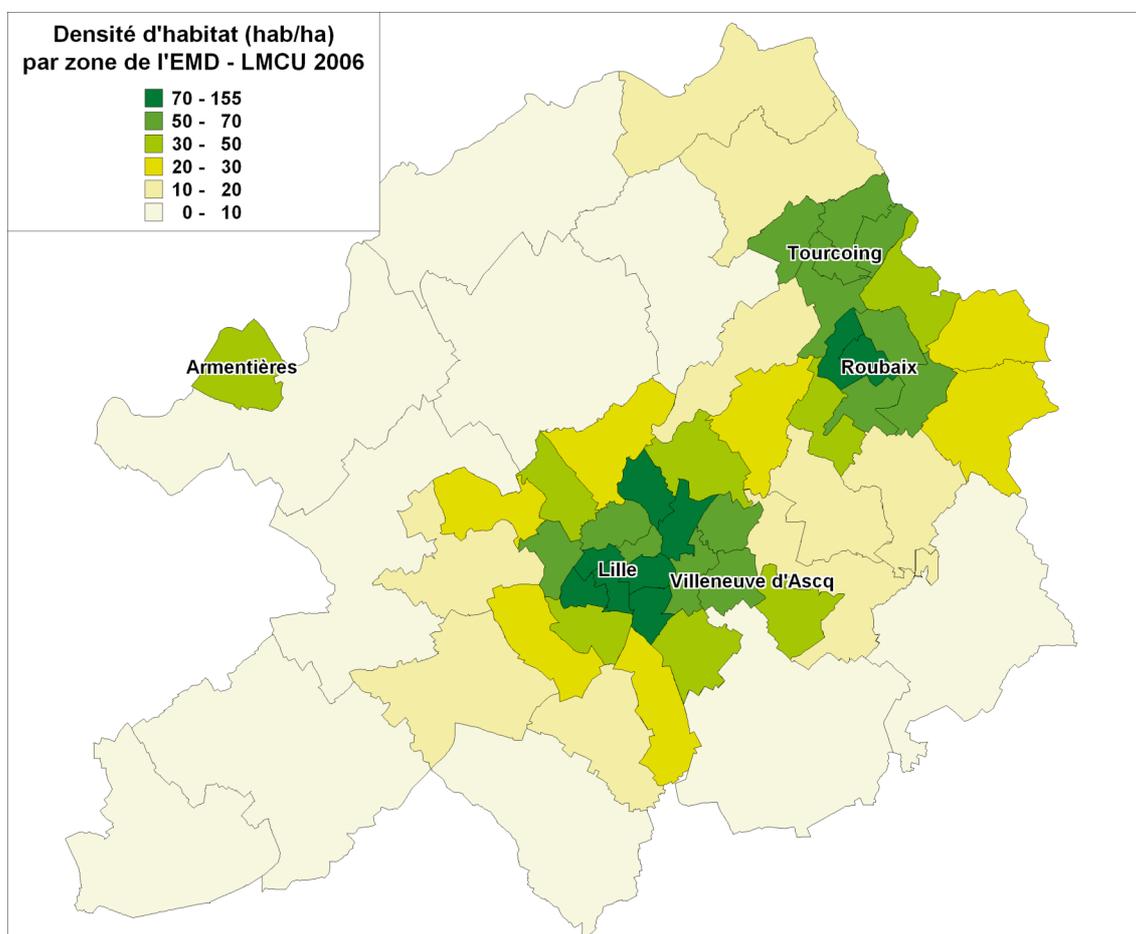


Figure 35 : densité de population par secteur de l'ED 2006

⁸⁴ On note d'ailleurs, comme souligné dans la plaquette de synthèse de l'ED 2006, que le taux de motorisation, en hausse, apparaît lui aussi fortement différencié selon les secteurs de résidences (de l'ordre de 0,31 à 0,34 véhicules par personne dans les secteurs urbains denses (Lille et Roubaix), mais pouvant atteindre 0,56 dans les secteurs périurbains), et que c'est également dans les secteurs les moins denses et les plus éloignés que la mobilité voiture a le moins baissé entre les deux dernières enquêtes de 1998 et 2006 (et qu'à l'inverse, ce n'est que dans les centres, Lille et Roubaix, que l'on note des baisses de mobilité voiture (en nombre) dépassant 20%), [LMCU, 2006

Source : EMD 2006

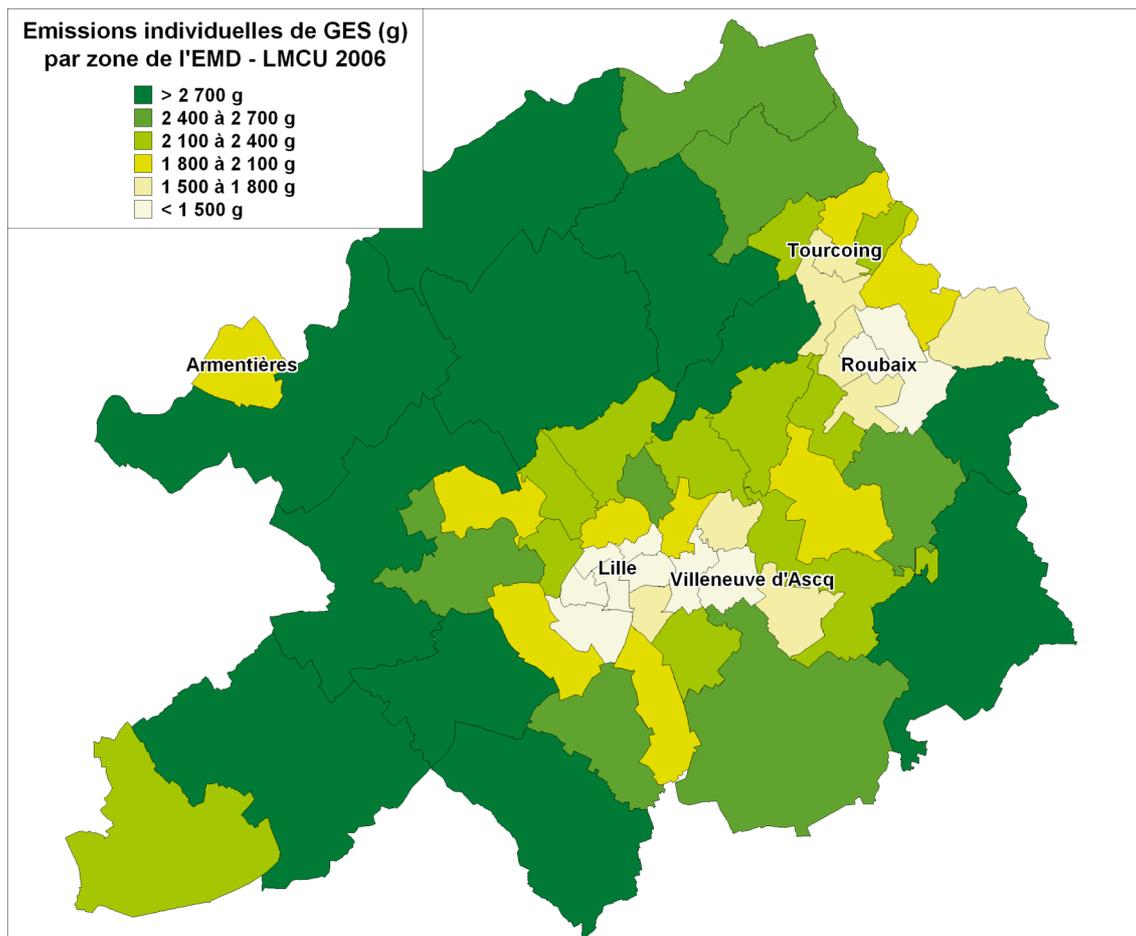


Figure 36 : émissions individuelles de GES selon la zone de résidence

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Le graphique ci-dessous représente le budget-énergie-transport individuel (en gep par individu et par jour) estimé en 2006 en fonction de la densité du secteur de résidence (en habitants au kilomètre carré) du ménage auquel il appartient.

La décroissance exponentielle de la courbe lissant le nuage de points est bien l'analogue de celle que nous avons trouvé dans toutes les études DEED précédentes et rappelle (mais pour des estimations comparables entre différentes zones d'une même région urbaine) l'allure qu'a également la fameuse courbe de Newman et Kenworthy, comparant 32 métropoles du monde en 1989, afin de souligner le rôle essentiel de la densité urbaine dans la consommation d'énergie. On note cependant une variance importante (une forte dispersion du nuage de points) autour de cette courbe d'ajustement.

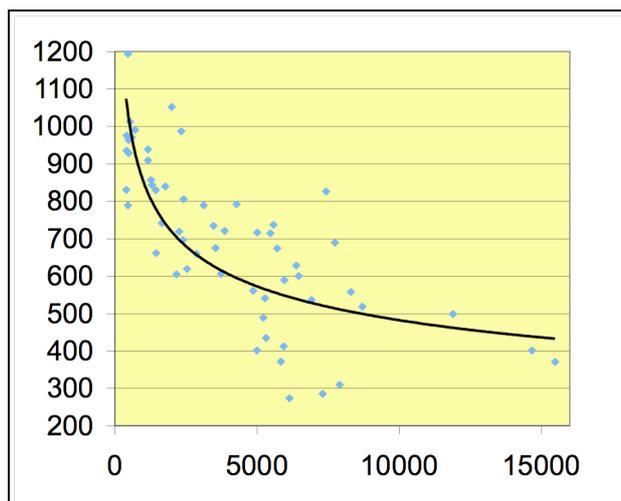


Figure 37 : émissions individuelles de GES selon la densité du secteur
 Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Dans le même esprit, et en regroupant les densités des secteurs (en habitants par hectare) par tranches⁸⁵, le graphique ci-dessous représente l'émission individuelle quotidienne de GES (le budget-émission GES ou eqCO2 par jour en grammes). La décroissance y apparaît très sensible, pour des intervalles de densité discriminant fortement les secteurs du périmètre d'étude.

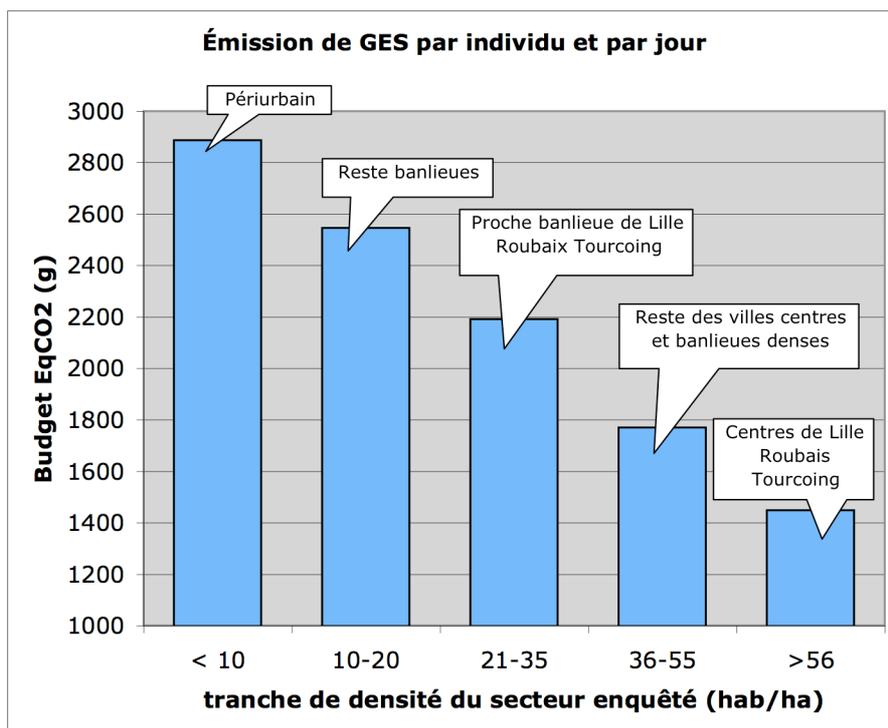


Figure 38 : émissions individuelles de GES selon la classe de densité du secteur de résidence

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

⁸⁵ à partir d'un regroupement quasiment homogène par tranches de 10 secteurs, mais en regroupant les deux dernières tranches les plus denses les villes centres qui fournissent des résultats peu différents

3.4.4 Les zones « moins » et les zones « plus »

Ce mode de représentation a été adopté par la communauté urbaine de Lille lors de son exploitation des résultats de l'enquête déplacements en 2006. Elle met en évidence, pour un indicateur donné, les 6 secteurs de l'enquête qui présentent les 6 valeurs supérieures de l'indicateur (zones « moins ») et les 6 secteurs aux 6 valeurs supérieures (zones « plus »).

La première carte ci-dessous présente le résultat sur l'indicateur « budget individuel GES » :

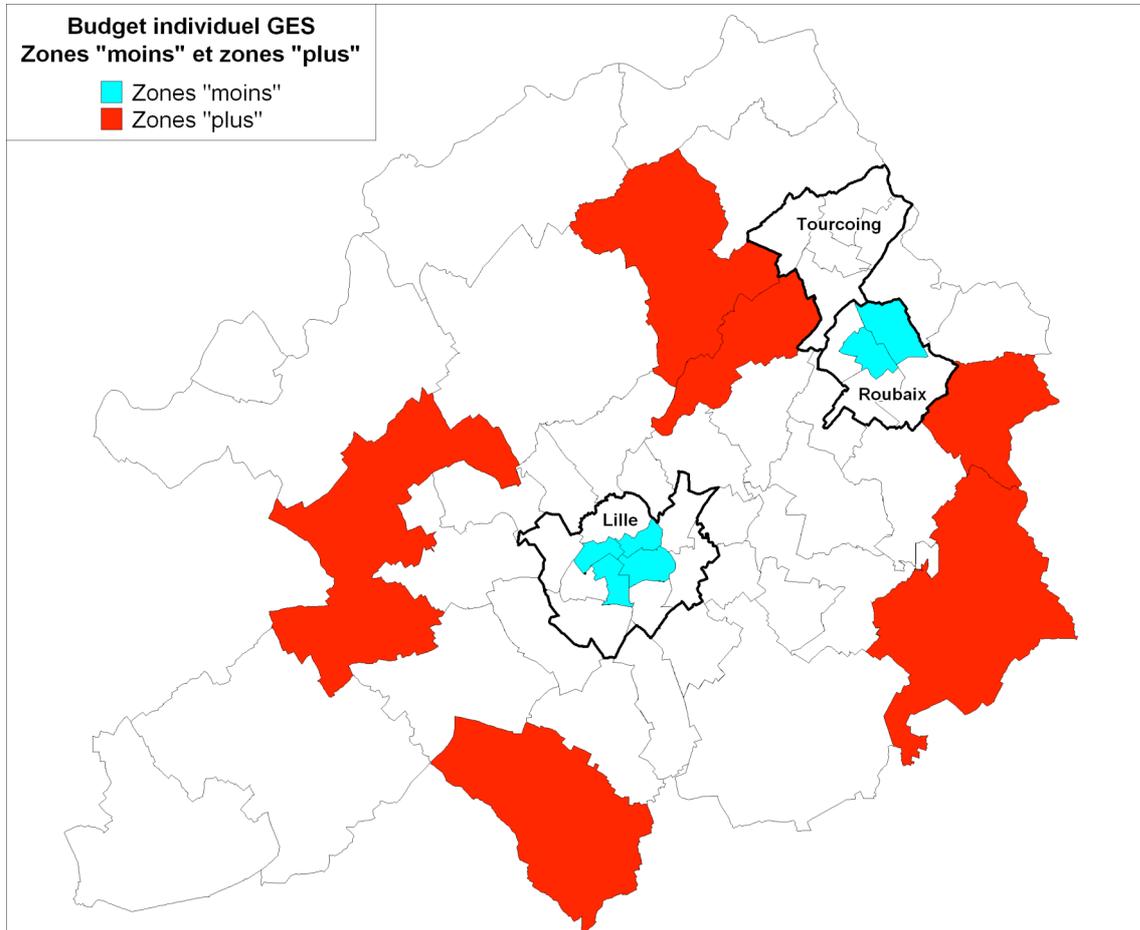


Figure 39 : budgets individuels d'émissions de GES : zones « moins » et zones « plus »

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Les 6 zones « moins » sont situées dans les centres urbains de Lille et Roubaix.

Ces deux secteurs géographiques présentent des caractéristiques similaires : concentration importante des activités (emploi, habitat, commerces, services), réseaux modes doux développés (aménagement cyclables, zones piétonnes), contraintes de stationnement automobile, bonne desserte en transports collectifs. A Roubaix, les caractéristiques sociales de la population renforcent cet état de fait : les populations précaires sont plus économes en GES car moins motorisées (voir paragraphe précédent).

A l'inverse, les zones « plus » sont marquées par une dispersion de l'habitat, de l'emploi, des services et des commerces, une plus forte dépendance à l'automobile et une desserte TC de qualité insuffisante pour assurer un usage plus fort des modes collectifs.

Pour les autres polluants, la classification peut différer légèrement, mais les zones centrales de Lille sont systématiquement présentes dans la classe zones « moins ». Les zones « plus » sont très majoritairement situées en banlieue ou dans le périurbain.

Le tableau suivant propose une synthèse des classifications zones « moins » et zones « plus » avec les paramètres moyens par type et en moyenne sur l'agglomération :

	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM
Numéro zones "moins"	1-2-3-6-30-31	1-2-3-6-30-31	1-2-3-6-30-31	1-2-3-6-30-31	1-2-3-9-30-31	1-2-3-15-30-35
Moyenne budget zones "moins"	336	975	17.5	1.9	3.0	0.31
Numéro zones "plus"	42-44-45-53-55-57	24-42-44-45-53-57	8-14-36-45-46-51	14-36-42-44-51-55	44-51-53-54-55-57	24-25-26-45-53-57
Moyenne budget zones "plus"	1 037	3 077	73.0	8.0	10.1	0.96
Rapport zones + / zones -	3.1	3.2	4.2	4.3	3.4	3.1
Moyenne budget LMCU	705	2 084	46.8	5.1	6.4	0.61

Tableau 48 : budgets individuels d'émissions de GES : zones « moins » et zones « plus »

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

L'annexe 4 présente une carte de la communauté urbaine de Lille sur laquelle figure le découpage en secteurs et leurs numéros.

Un habitant des zones « moins » émet 2 fois moins de GES que la moyenne, 3 fois moins qu'un habitant des zones « plus ».

Le rapport entre les valeurs des zones « plus » et des zones « moins » varie de 3,1 à 4,3 selon les polluants.

3.4.5 Type de zone de résidence

Les budgets individuels 2006 se déclinent de la façon suivante entre les cinq zones de résidence. C'est sans surprise que l'on découvre que le budget-énergie-transport et le budget d'émission de GES croissent notablement avec l'éloignement aux centres urbains et au fur et à mesure que les densités décroissent.

Secteur	Population	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM
1-Lille	141 248	478	1 382	31	3,3	4,2	0,44
2-Roubaix Tourcoing	155 141	541	1 605	38	4,3	5,0	0,53
3-Banlieue de Lille	331 114	745	2 203	50	5,4	6,6	0,66
4-Banlieue de Roubaix Tourcoing	173 689	853	2 521	57	6,1	7,5	0,67
5-Reste LMCU	88 398	917	2 740	53	6,2	9,3	0,72
Ensemble	889 590	705	2 084	47	5,1	6,4	0,61
Secteur	Population	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
1-Lille	141 248	13,2	5,5	1,2	0,1	4,3	2,1
2-Roubaix Tourcoing	155 141	12,4	6,3	1,9	0,0	2,7	1,3
3-Banlieue de Lille	331 114	16,0	9,3	2,7	0,1	2,6	1,1
4-Banlieue de Roubaix Tourcoing	173 689	17,5	11,2	3,1	0,2	2,0	0,9
5-Reste LMCU	88 398	21,7	12,8	3,9	0,4	3,1	1,2
Ensemble	889 590	15,8	8,9	2,5	0,1	2,8	1,3

Tableau 49 : consommations et émissions individuelles selon le lieu de résidence

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Les habitants des zones les plus éloignées des centres-villes sont ainsi ceux qui génèrent le plus de rejets polluants dans leurs déplacements : un résident du centre de Lille émet environ deux fois moins de GES pour se déplacer qu'un résident d'une des zones périurbaines.

En 2006, les trois quarts des émissions des GES sont dus aux deux tiers des résidents qui habitent dans des zones de banlieue ou périurbaines.

Et en évolution, par rapport aux deux enquêtes précédentes :

ZONE DE RESIDENCE	1987	1998	2006	2006/1987	1998/1987	2006/1998
1-Lille	1 322	1 481	1 382	5%	12%	-7%
2-Roubaix Tourcoing	1 458	1 570	1 605	10%	8%	2%
3-Banlieue de Lille	1 950	2 374	2 203	13%	22%	-7%
4-Banlieue de Roubaix Tourcoing	2 128	2 764	2 521	18%	30%	-9%
5-Reste LMCU	1 880	2 677	2 740	46%	42%	2%
Ensemble	1 794	2 201	2 084	16%	23%	-5%

Tableau 50 : évolution 1998-2006 des émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

Ce phénomène est en train de s'accroître, comme le montrent les évolutions des émissions depuis 1987, notamment en fonction de l'allongement des distances et de l'usage démultiplié de la voiture dès lors qu'on s'éloigne des centres-villes. Le périurbain est le secteur où les émissions individuelles de GES ont le plus augmenté, de 46%, alors qu'elles ne sont qu'en légère hausse dans les centres urbains (+ 10% à Roubaix/Tourcoing et + 5% à Lille). L'écart entre les périurbains et les urbains, déjà présent en 1987, s'accroît fortement depuis 20 ans.

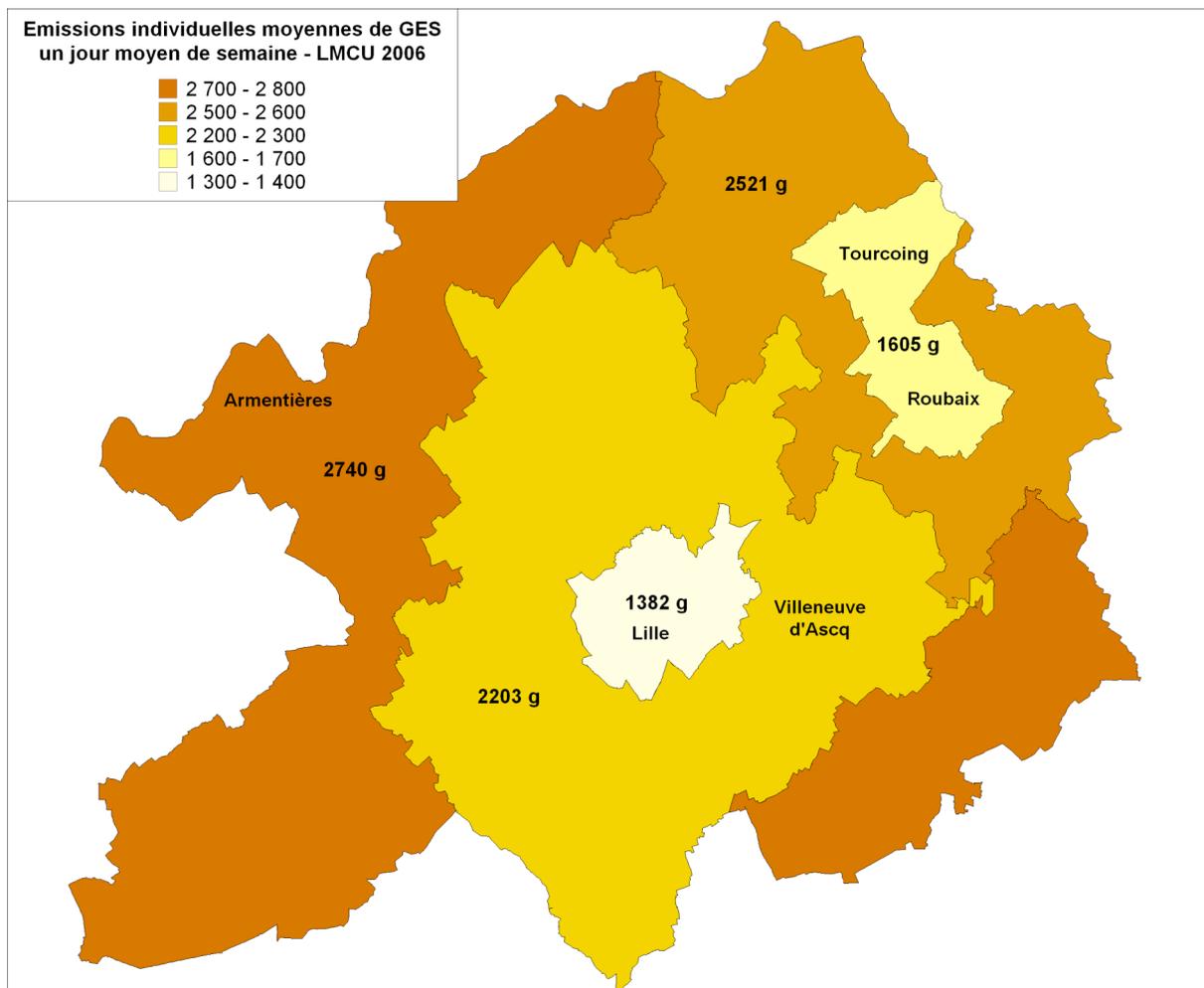


Figure 40 : émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence en 2006
 Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

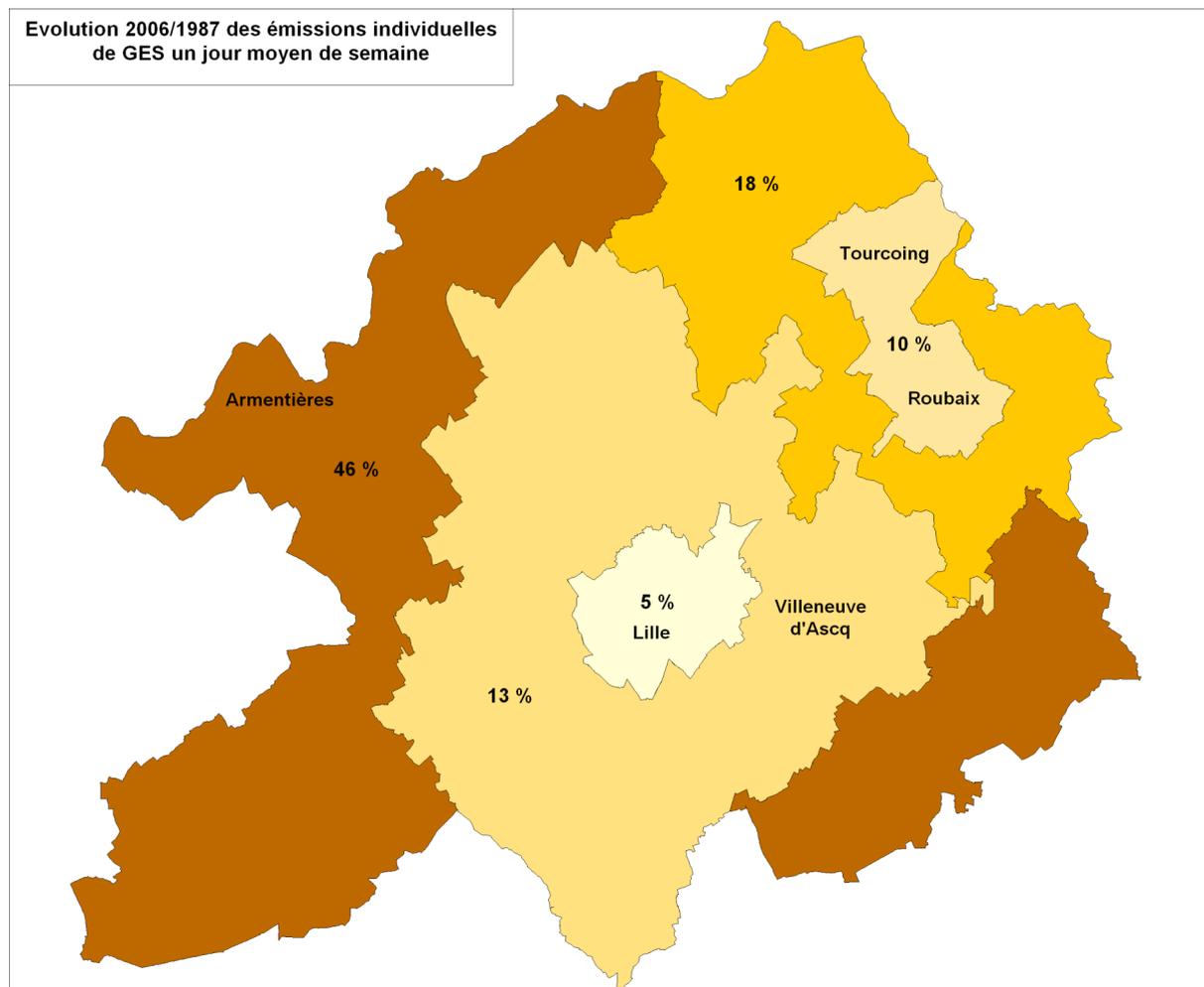


Figure 41 : évolution 1987-2006 des émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1987 et 2006

L'annexe 6 reprend l'ensemble des cartes d'émissions individuelles de GES selon ce découpage en 5 secteurs :

- LMCU 1987
- LMCU 1998
- LMCU 2006
- Evolution 1998/1987
- Evolution 2006/1998
- Evolution 2006/1987

4 Un DEED prospectif 2020 : prise en compte des objectifs du PDU

Dans le cadre de la révision du PDU, un exercice prospectif sur l'évolution de la mobilité dans la communauté urbaine de Lille a été réalisé et des objectifs ont été proposés à long terme (2030-2050) et à plus court terme (2020, horizon du PDU).

La méthode DEED a été utilisée pour évaluer l'impact de ces objectifs sur les consommations énergétiques et les émissions polluantes liés aux déplacements des résidents LMCU.

4.1 Rappel des objectifs pris en compte

Les objectifs proposés pour 2020 s'inscrivent dans une perspective plus lointaine (2050) prenant en compte :

- une logique « plan climat » qui vise à une réduction importante des circulations et des rejets de gaz à effet de serre ;
- une logique d'anticipation d'une grave crise énergétique (anticipation puisque l'hypothèse est émise que cette crise, si elle a lieu, ne s'établirait qu'après 2020) qui entraînerait un renchérissement brutal du coût des carburants et en particulier une crise de l'accès aux déplacements.

4.1.1 Objectifs à long terme (2030-2050)

Le premier objectif est le maintien de la mobilité (en nombre de déplacements par jour et par personne) tous modes à son niveau actuel, objectif fort compte tenu du renchérissement prévisible du coût des déplacements.

Par mode, les objectifs proposés sont les suivants :

- 50% de déplacements réalisés à pied (40%) ou en vélo (10%) ;
- 30% de déplacements réalisés en voiture ou en deux-roues motorisés ;
- 20% de déplacements réalisés en transports collectifs.

4.1.2 Objectifs 2020 testés

Continuer à se déplacer pour mener des activités : maintenir la mobilité quotidienne des habitants de LMCU aux alentours de 3,70 déplacements par jour et par personne.

Diminuer la portée des déplacements (ville dense, mixité fonctionnelle, ...) : Ces objectifs sont formulés ci-dessous en 4 classes de portée des déplacements.

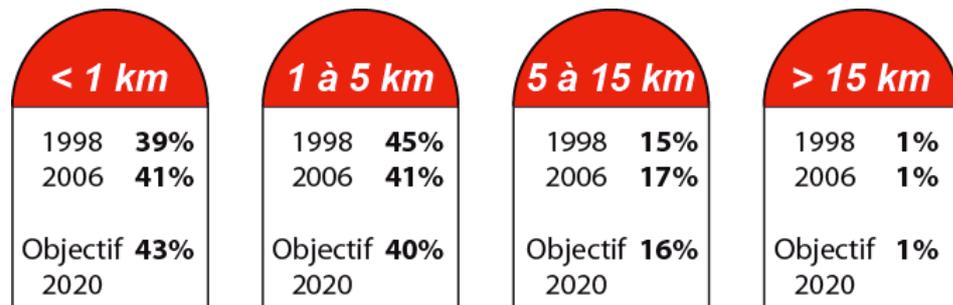


Figure 42 : objectifs de répartition des déplacements par classe de longueur

Source CETE pour LMCU

Des objectifs particuliers selon la portée, le territoire et sa desserte en transports collectifs : selon la classe de portée des déplacements considérée, les différents modes de déplacements sont plus ou moins adaptés. Chaque mode de déplacement a son domaine de pertinence en terme de portée. Les principales ambitions et objectifs par classe de portée des déplacements sont synthétisés dans le schéma suivant.

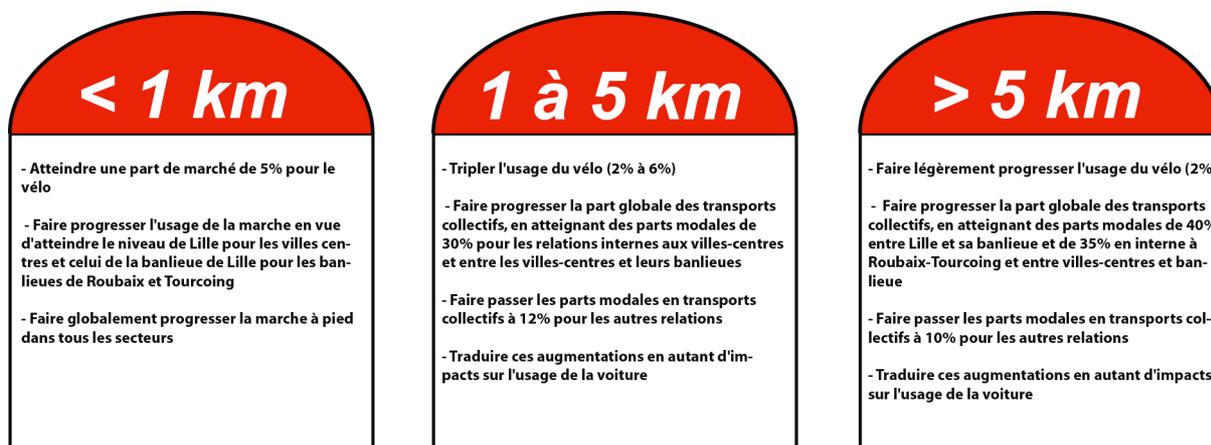


Figure 43 : objectifs de répartition modale par classe de distance
Source CETE pour LMCU

OBJECTIFS DE MOBILITE ET DE PARTS MODALES (par mode de déplacements) A HORIZON 2020

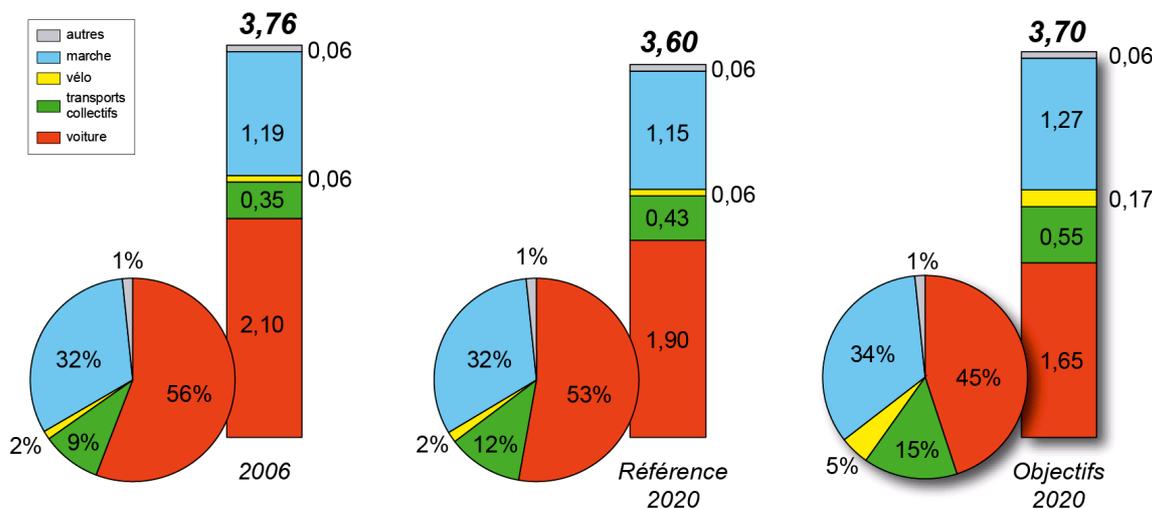


Figure 44 : les objectifs de mobilité urbaine à horizon 2020 : Synthèse
Source CETE pour LMCU

Les objectifs de mobilité urbaine à horizon 2020, qui découlent du travail explicité jusqu'ici, sont illustrés ci-dessus en les comparant à la situation actuelle et à la situation de référence 2020, en valeur absolue et en parts modales. Les évolutions globales proposées entre 2006 et 2020 sont donc les suivantes :

- maintien de la mobilité globale à 3,7 déplacements par jour et par habitant,
- croissance de 6% de l'usage de la Marche à pied,
- croissance de 66% de l'usage des transports collectifs,

- croissance de 150% de l'usage du vélo,
- baisse de 20% de l'usage de la voiture avec légère augmentation du taux d'occupation des véhicules de 2%.

4.2 Méthodologie

Les objectifs du PDU sont donc déclinés par mode, par classe de longueur de déplacement et par type de relation. Chaque déplacement recueilli lors de l'enquête déplacements de 2006 appartient à une « classe » définie par son mode, sa longueur et son type de relation.

Le nombre de déplacements 2006 de chaque classe est connu. Les objectifs indiquent pour chacune des classes le nombre de déplacements que l'on se fixe à l'horizon 2020.

Le poids affecté à chaque déplacement est corrigé par le rapport entre le nombre de déplacements objectif 2020 et le nombre de déplacements observé 2006 de la classe à laquelle il appartient.

Ce nouveau fichier déplacements « 2020 » est alors entré dans le logiciel DEED ce qui permet de calculer les consommations énergétiques et les émissions de polluants qui en résulte.

Deux calculs sont effectués :

- l'un en conservant les caractéristiques 2006 des véhicules ce qui permet de mettre en évidence les effets de l'atteinte des objectifs du PDU en matière de déplacements sans évolution technologique
- l'autre en utilisant le véhicule moyen de 2020 tel qu'il apparaît dans le logiciel Impact, *cf.* encadré ci-dessous.

Un troisième calcul est effectué :

- déplacements 2006 avec véhicule moyen 2020 ce qui permet de mettre en évidence, les effets des progrès technologiques seuls.

Évolution prospective du parc de véhicule : quel véhicule moyen pour 2020 ?

Pour les logiciels Impact et Deed, comme pour le présent exercice prospectif 2020, la composition précise du parc des véhicules⁸⁶ a été déterminée par l'inrets [Hugrel, Joumard, 2004] pour toutes les grandes familles du parc français (voitures particulières, véhicules utilitaires légers, poids lourds, deux-roues... selon la nomenclature Copert⁸⁷). Dans la lignée des thèses de C. Gallez puis de B. Bourdeau à l'inrets, mais utilisant également les données plus actualisées de la source « Parc Auto » déjà mentionnée, le modèle mis au point par l'inrets fournit⁸⁸ une image prospective⁸⁹ des structures du parc automobile roulant et statique, ainsi que des coefficients d'émissions agrégés (Copert III MEET), introduits dans Impact, et donc utilisés ici pour cette phase prospective à l'horizon 2020.

Compte tenu du peu de spécificité géographique notable du parc local, mais aussi des incertitudes qui peuvent peser sur l'avenir, il apparaît inutile de tenter de reconstituer une prospective spécialement adaptée à l'aire locale. On se réfère donc ici aux données nationales de « parc roulant » élaborées par l'Inrets et intégrées au logiciel Impact.

4.3 Résultats

	1987	1998	2006	Déplacements 2006 véhicules 2020	Objectifs 2020 véhicules 2006	Objectifs 2020 véhicules 2020
Ménages DEED	290 592	287 270	350 804	350 804		
Personnes DEED	728 301	752 159	797 442	797 442	801 500	801 500
Dépla DEED	3 382 765	4 037 772	3 840 364	3 840 365	3 802 505	3 802 505
Distances (km)	11 833 283	15 341 642	15 427 367	15 427 374	14 854 701	14 854 701
Durées (heures)	778 991	971 825	1 039 887	1 039 919	1 080 521	1 080 521
Consommations (tep)	679	779	707	588	594	497
CO2 (t)	1 644	2 170	1 982	1 375	1 657	1 158
EqCO2(t)	1 686	2 268	2 088	1 471	1 746	1 236
CO (t)	267	128	45	14	37	12
COV (t)	26	14	4.9	1.4	4.0	1.2
NOX (t)	13	11	6.3	3.8	5.7	3.3
PS (t)	0.29	0.86	0.60	0.40	0.52	0.33

Tableau 51 : impact en volume des objectifs de mobilité 2020 sur les consommations et émissions

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED

Nota : l'évolution de la population de 2006 à 2020 (+0,5%) est obtenue à partir des projections réalisées par l'INSEE pour LMCU à partir du modèle Omphale

⁸⁶ En termes de « parc statique » où les parts réfèrent à un nombre de véhicules existants, mais aussi en termes de « parc roulant » (ou de « structure de trafic ») où les parts de chaque classe se rapportent aux véhicules x km, ce qui équivaut à leurs différents taux de présence sur voirie.

⁸⁷ c'est à dire en tenant compte pour les VP et 2RM : des types de carburant et cylindrées, pour les VUL et PL : du type de carburant et du tonnage.

⁸⁸ A partir de données d'immatriculations, de lois de survie et de onctions d'utilisation des véhicules.

⁸⁹ valeurs tous les cinq ans, de 1970 à 2025.

	Évolution 87/06	Évolution 1987/1998	Évolution 1998/2006	Déplacements 2006 véhicules 2020 Effet technologie Évolution 2006/2020	Objectifs 2020 véhicules 2006 Effet PDU Évolution 2006/2020	Objectifs 2020 véhicules 2020 Tous effets Évolution 2006/2020
Ménages DEED	21%	-1%	22%			
Personnes DEED	9%	3%	6%			
Dépla DEED	14%	19%	-5%	0%	-1%	-1%
Distances	30%	30%	1%	0%	-4%	-4%
Durées	33%	25%	7%	0%	4%	4%
Consommations	4%	15%	-9%	-17%	-16%	-30%
CO2	21%	32%	-9%	-31%	-16%	-42%
EqCO2	24%	34%	-8%	-30%	-16%	-41%
CO	-83%	-52%	-64%	-69%	-19%	-74%
COV	-81%	-44%	-66%	-71%	-19%	-75%
NOX	-52%	-20%	-40%	-39%	-10%	-48%
PS	112%	202%	-30%	-35%	-14%	-46%

Tableau 52 : impact en évolution des objectifs de mobilité 2020 sur les consommations et émissions

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED

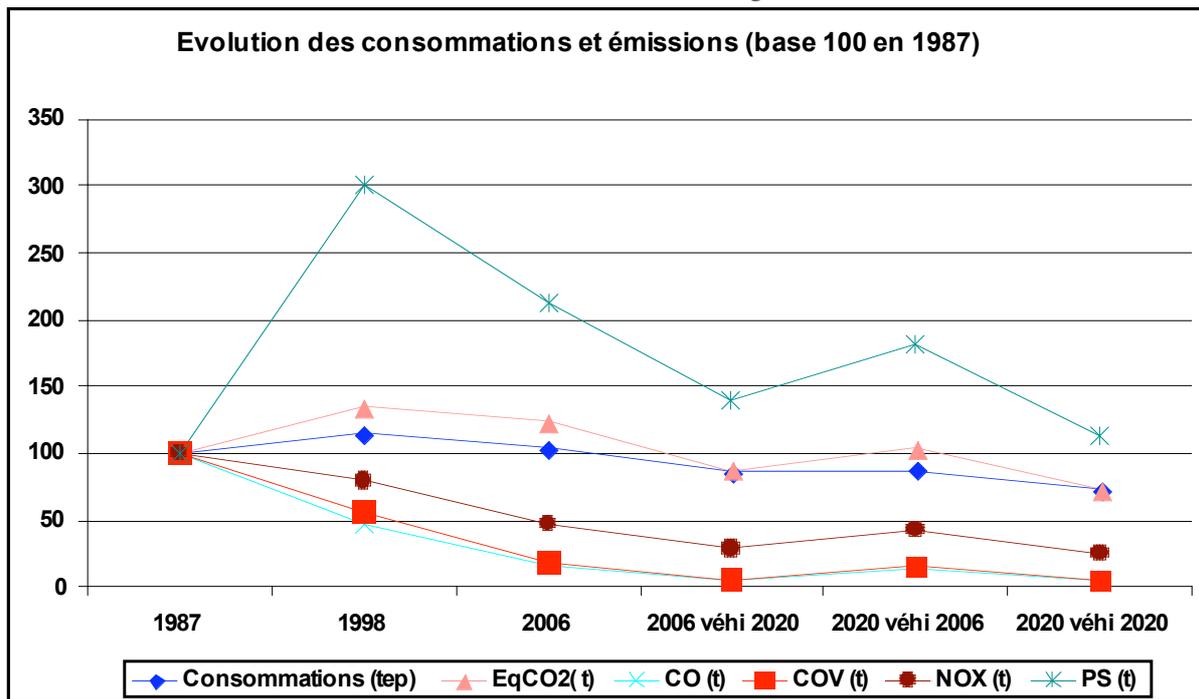


Figure 45 : évolutions des consommations et émissions rapportées à une base 100 en 1987.

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED

Le graphique ci-dessus montre bien les évolutions et les effets respectifs des progrès technologiques et de l'atteinte des objectifs du PDU. On voit aussi que la situation peut être assez différente selon que l'on observe les consommations, les émissions de gaz à effet de serre ou les polluants locaux.

4.3.1 Les polluants locaux

Globalement, pour tous les polluants locaux étudiés, les progrès technologiques apparaissent nettement plus déterminants que l'atteinte des objectifs du PDU (dans un rapport de 1 à 3 ou 4). Toutefois, l'impact du PDU est loin d'être négligeable.

- Les émissions de monoxyde de carbone et de composés organiques volatils suivent des évolutions quasi-identiques. L'atteinte des objectifs du PDU combinée aux progrès technologiques font qu'en 2020, ces émissions deviennent vraiment marginales (4% à 5% du niveau de 1987).
- Les évolutions des émissions d'oxydes d'azote sont du même type mais leur niveau reste relativement élevé (25% du niveau de 1987).
- Les émissions de particules évoluent de façons très différentes et resteraient en 2020, effets PDU et technologiques confondus, supérieures à ce qu'elles étaient en 1987. Elles seraient cependant divisées par presque 3 par rapport à la pointe de 1998. L'effet de l'atteinte des objectifs du PDU est inférieur aux effets des progrès technologiques mais pèse plus que pour les autres polluants locaux (rapport de 1 à 2,5).

4.3.2 Les gaz à effet de serre

Si les progrès technologiques pèsent plus que l'atteinte des objectifs du PDU dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, le poids de l'impact du PDU est plus élevé que pour les polluants locaux (rapport de 1 à 2).

Les seuls progrès technologiques permettraient de ramener les émissions de GES de 2020 à 87% de ce qu'elles étaient en 1987 (baisse de 30% par rapport à 2006).

L'atteinte des objectifs du PDU permettrait de les ramener à un niveau un peu supérieur à celui de 1987 (104% mais en baisse de 16% par rapport à 2006).

Le cumul technologie plus PDU permet de ramener ces émissions à 73% de leur niveau de 1987.

4.3.3 Les consommations énergétiques

Les gains de consommation énergétique liés aux progrès technologiques et aux atteintes des objectifs du PDU sont du même ordre (baisses de 12% par rapport à 1987 et de 16% par rapport à 2006).

Tous effets cumulés, la consommation énergétique serait ramenée à 73% de son niveau de 1987 (baisse de 30% par rapport à 2006).

On voit donc bien que, si pour les polluants locaux, les progrès technologiques peuvent encore apparaître décisifs dans les réductions des émissions à venir, pour les GES et surtout pour la consommation énergétique les progrès technologiques ne règlent pas tout et qu'ils doivent s'accompagner d'une politique de réduction de l'usage des modes de transport les plus polluants (et donc nécessairement d'une politique d'orientation des comportements).

4.4 Objectifs internationaux de réduction : où en est-on ?

Ce paragraphe vise à mettre en perspective les évolutions prospectives des émissions de GES du secteur des transports de la communauté urbaine de Lille par rapport aux objectifs internationaux.

4.4.1 *Rappel des objectifs*

Au niveau mondial, les derniers objectifs de réduction des émissions ont été établis dans le cadre du protocole de Kyoto en 1997 et fixaient un objectif global de réduction des émissions de 5,2% pour les 38 pays industrialisés signataires entre 1990 et la période 2010/2012. En Europe, l'objectif global est de 8%, objectif décliné pays par pays ce qui se traduit pour la France par la stabilisation des émissions sur cette période.

La conférence de Copenhague, fin 2009, fixera de nouveaux objectifs qui prendront le relais du protocole de Kyoto.

Au niveau européen, le paquet « climat-énergie » adopté en 2008 fixe un objectif de réduction des émissions de GES de 20% d'ici 2020 par rapport à leur niveau de 1990. Cette valeur pourra être portée à 30% en cas d'accord international plus large.

La France s'est dotée, depuis 2004, d'un objectif de division par 4 de ses émissions d'ici 2050 par rapport à 1990 (le « facteur 4 »).

La région Nord-Pas-de-Calais a adopté cet objectif au niveau régional dans le cadre du lancement d'un plan climat Nord-Pas-de-Calais, associant l'État, la Région, les Départements du Nord et du Pas-de-Calais et l'ADEME.

4.4.2 *Méthode de calcul*

La comparaison aux objectifs de réduction des émissions de GES nécessite d'estimer la valeur de l'année référence : 1990.

Le DEM a permis de calculer les émissions :

- du trafic interne des résidents en 1987
- de l'ensemble des trafics à l'intérieur du périmètre en 1998 et 2006

Pour le trafic interne des résidents, la valeur 1990 est obtenue par interpolation entre les deux valeurs connues.

Pour les autres types de trafic (marchandises comme échange/transit voyageurs), on fait l'hypothèse que le rapport entre trafic interne et les autres trafics évolue de la même façon sur la période 1998 à 2006 et sur la période 1990 à 1998.

En projection 2020, trois estimations différentes ont été réalisées :

Le 1^{er}, « 2020 progrès seuls », reprend la simulation de projection de la structure du parc de véhicules 2020 et suppose la stabilité de l'ensemble des trafics.

Le 2^{ème} « 2020 décroissance externe » prend l'hypothèse de l'atteinte des objectifs PDU fixés aux déplacements internes des résidents et une évolution similaire des autres trafics (échange/transit voyageurs, et l'ensemble des trafics de marchandises)

Enfin, le 3^{ème}, « 2020 croissance externe » combine atteinte des objectifs PDU et poursuite de la croissance des émissions des autres trafics sur le même rythme qu'entre 1998 et 2006.

4.4.3 Résultats

Le tableau suivant reprend l'ensemble des résultats :

	1987	1990	1998	2006	2020 progrès seuls	2020 décrois. externe	2020 crois. externe
EqCO2 DEED interne	1 686	1 845	2 268	2 086	1 449	1 220	1 220
EqCO2 complément		1 173	1 933	2 288	1 589	1 338	2 122
EqCO2 DEED total		3 018	4 201	4 374	3 038	2 558	3 342
Rapport DEED total/interne		1.64	1.85	2.10		2.10	2.74
Taux d'évolution / 1990			39%	45%	1%	-15%	11%

Tableau 53 : évolutions des émissions de GES selon différents scénarii

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED

Les principaux résultats sont présentés dans le graphique suivant :

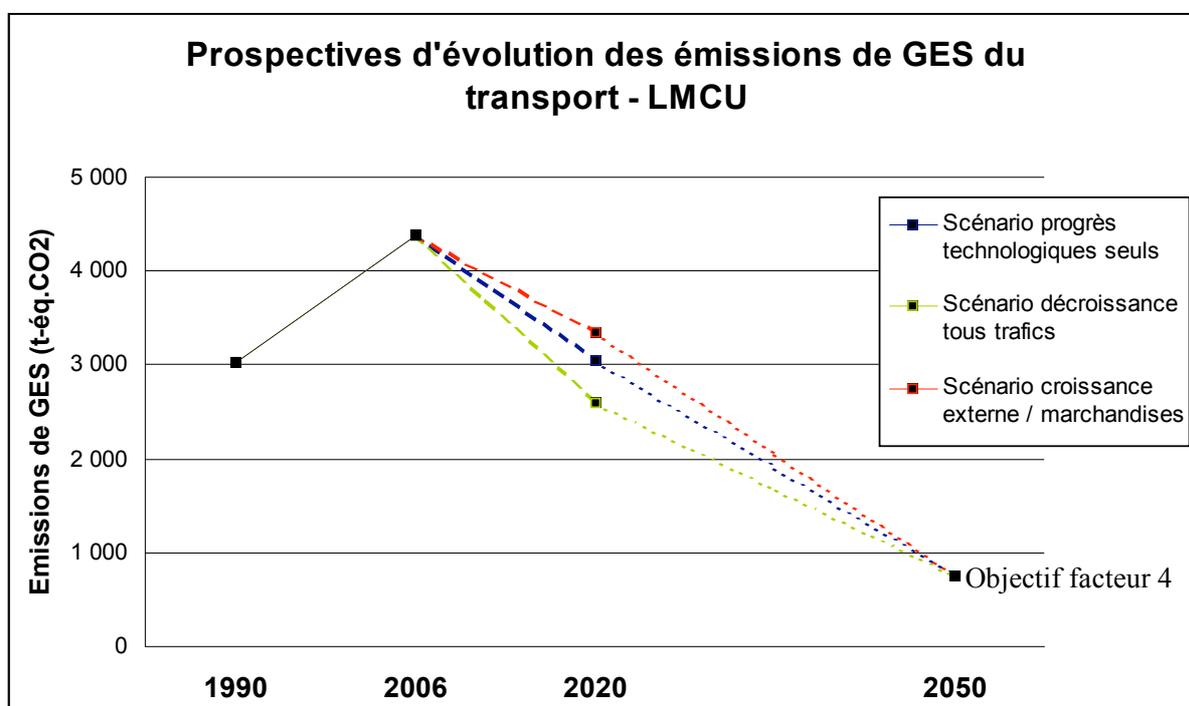


Figure 46 : perspectives d'évolution des émissions de GES

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED

Le premier enseignement réside dans l'évolution 1990 à 2006 des émissions de GES des transports sur le périmètre communautaire : +45%.

La tendance n'est donc pas à la réduction des émissions, même si la hausse s'est très fortement ralentie ces dernières années (+39% entre 1990 et 1998, puis +5% entre 1998 et 2006).

L'objectif du facteur 4 (division par 4 des émissions 2050 par rapport à 1990) obligerait donc à réaliser un objectif « facteur 6 » par rapport à l'année 2006.

Le scénario qui mesure les seuls effets des progrès technologiques attendus permettrait un retour du niveau des émissions 2020 à celui de 1990. Il est donc insuffisant pour atteindre les objectifs de baisse européens à cette échéance.

Combinée à une décroissance des trafics, tous types confondus, la baisse atteindrait 15% et se rapprocherait du niveau souhaité. À l'inverse, si les efforts de réduction de la mobilité automobile ne portent que sur les déplacements internes, et que les trafics externes et de marchandises continuent à croître, alors la valeur 2020 sera de 11% supérieure à celle de 1990.

La nécessité d'une prise en charge large (y compris hors périmètre) et globale des questions de mobilité est donc primordiale.

Conclusion

Plusieurs enseignements peuvent être tirés à l'issue de ce travail sur la région urbaine de Lille.

Le premier est de nature méthodologique. En mobilisant des sources de données nombreuses⁹⁰, nous avons pu montrer la faisabilité d'une méthode de diagnostic environnemental exhaustif de la mobilité, le DEM, prolongeant les précédents DEED en les élargissant à l'ensemble des trafics, de voyageurs comme de marchandises, internes comme d'échange ou de transit, impactant le territoire de la communauté urbaine.

Ce diagnostic fournit une photographie de la situation actuelle concernant, à l'intérieur du périmètre de LMCU⁹¹, l'ensemble des déplacements et leurs impacts⁹² en termes de consommation énergétique et d'émissions polluantes, gaz à effet de serre et polluants locaux. Tout en s'inscrivant dans un contexte mondial, le bilan global ainsi dressé peut alimenter les deux démarches du plan climat territorial et de révision du PDU. Intégrant la méthode DEED, le DEM permet enfin, au delà des sommations globales, de réaliser différentes analyses détaillées et comparatives, désagrégées dans l'espace (selon les caractéristiques géographiques à l'intérieur du périmètre et de leurs interactions avec les déterminants sociaux, démographiques et économiques) et dans le temps (EMD successives et évolutions de déterminants).

Les seconds enseignements tiennent aux résultats, en évolution rétrospective comme en simulation prospective, auxquels nous avons pu parvenir au cours de ce travail, que ce soit sur le DEM, diagnostic global, ou sur sa déclinaison à la mobilité interne des résidents, le DEED.

Concernant le diagnostic exhaustif DEM, nous pouvons résumer ces éléments à grands traits.

- l'évolution de 1998 à 2006 nous montre un panorama très contrasté selon les différents polluants. Alors que la consommation d'énergie de l'ensemble des déplacements est apparue quasi stable (+2%) entre ces deux années, les émissions de GES affichent une légère hausse (+5%) tandis que des diminutions importantes peuvent être observées pour les polluants locaux (baisse de l'ordre d'un tiers pour les oxydes d'azote et les particules, mais pouvant dépasser la moitié pour le monoxyde de carbone et les composés organiques volatils)
- contrasté selon les polluants, le diagnostic en évolution l'est aussi nettement selon les différents trafics en cause. En prenant comme indicateur les émissions de GES, le premier contraste distingue, par grandes masses, voyageurs et marchandises : alors que, en raison des progrès technologiques sur les véhicules particuliers et de la stabilisation du trafic interne, les émissions de GES du trafic voyageurs sont stables, nous avons pu observer que celles dues au transport de marchandises sont en nette progression (+21%, en passant de 25% de l'ensemble en 1998 à 29% en 2006).

⁹⁰ les enquêtes ménages déplacements successives de 1987, 1998 et 2006, les enquêtes cordons de 1998 et 2007, mais aussi des données issues de modèles de trafic, du modèle FRETURB et du compte marchandises, ... ainsi que des sources exogènes, notamment pour la validation et l'étude de la spécificité du parc automobile local

⁹¹ Par opposition à la méthode du bilan carbone territorial qui, sommant les émissions de GES de différents secteurs, comptabilise en particulier celles des trafics d'échange depuis leur origine ou jusqu'à leur destination, qu'elle soit ou non incluse dans le périmètre communautaire qui est aussi celui de l'enquête déplacements.

⁹² les mêmes, en gep et en grammes, que ceux balayés précédemment par la méthode DEED, en y incluant un ensemble « effet de serre » ou équivalent-CO₂, tenant compte aux côtés du CO₂ du CH₄ et du N₂O respectivement pondérés par leur PRG, comme le permet désormais le logiciel de l'ADEME.

- Contraste encore pour les voyageurs entre les différents types de trafic. Du fait de la stabilisation du trafic interne qui permet de bénéficier à plein des progrès technologiques des véhicules, les émissions de ce trafic diminuent (-7%) alors que les émissions des trafics d'échange et de transit sont en forte hausse (respectivement +24% et +19%). Cependant, le poids du trafic interne dans les émissions de GES reste prépondérant (74% contre 23% pour l'échange et 3% pour le transit).
- Pour les marchandises, la contribution aux émissions de GES des trois types de trafic est équivalente mais la forte hausse de ces émissions (+21%) vient surtout des trafics d'échange (+31%) et de transit (+36%), celles du trafic interne étant quasi stables (+3%).
- Pour les voyageurs comme pour les marchandises, le trafic routier est le principal responsable des émissions polluantes :
 - o Pour les voyageurs, la route pèse pour 95% dans les émissions de GES alors qu'elle ne représente que 75% des trafics
 - o Pour les marchandises, la route pèse pour 98% dans les émissions de GES alors qu'elle ne représente que 84% des trafics

Concernant les déplacements internes des habitants de LMCU, les principaux enseignements peuvent se résumer ainsi.

- Si, ces déplacements sont de moins en moins polluants, ils continuent de peser fortement sur les bilans globaux. Des différences sensibles sont constatées selon que l'on observe l'un ou l'autre polluant ou les consommations.
- Pour les consommations énergétiques et les émissions de GES, la période 1998-2006 marque une baisse sensible (respectivement -7% et -8%) alors que de fortes hausses avaient été observées entre 1987 et 1998. Les émissions de GES restent, en 2006, légèrement supérieures à ce qu'elles étaient en 1997 alors que les consommations de 2006 sont plus élevées de 5% comparées à celles de 1997.
- Les émissions de polluants locaux hors particules poursuivent leur baisse (par rapport à 1987, -50% pour les oxydes d'azote, -80% pour le monoxyde de carbone et les composés organiques volatils).
- Le cas des particules est particulier : après 300 % de hausse des émissions entre 1987 et 1998 en raison du développement des moteurs diesel (un tiers du parc en 1998 contre 10 % en 1987), on enregistre une diminution de 25 % entre 1998 et 2006 en dépit de la poursuite de la diésélisation du parc automobile (moitié du parc en 2006). Ces émissions restent près de 3 fois supérieures en 2006 à ce qu'elles étaient en 1987.
- Toutes ces évolutions s'expliquent par les évolutions technologiques (pot catalytique, filtre à particules...) largement imposées par l'instauration de normes européennes sur les polluants atmosphériques locaux de plus en plus contraignantes mais aussi par la stabilisation du trafic automobile généré par les résidents de LMCU (baisse de la mobilité automobile compensée par une légère croissance de la longueur moyenne des déplacements automobiles).
- Les modes de déplacements participent de manières très inégales aux émissions polluantes. La voiture est toujours le mode le plus polluant (54% des déplacements, 74% des distances parcourues, 93% des émissions de GES). Au voyageur*kilomètre, la voiture émet près de 3 fois plus de GES qu'un deux roues motorisés et plus de 4 fois plus que le transport collectif. Ces différences se retrouvent pour tous les polluants

sauf pour les COV : les deux roues motorisés émettent près de 8 fois plus de COV au voyageur*kilomètre que les voitures

- Les transports en commun sont des modes bien plus économes en consommation énergétique et en émissions polluantes (9% des déplacements, 17% des distances parcourues, 5% des émissions de GES). Les modes doux (marche et vélo) ne contribuent ni aux consommations ni aux émissions polluantes (35% des déplacements, 8% des distances parcourues, 0% des émissions de GES).
- Si le poids des déplacements de ou vers le lieu de travail est aujourd'hui très minoritaire (20% des déplacements), ils pèsent bien plus lourdement dans les bilans énergétiques et dans les émissions polluantes. Ils sont en effet deux fois plus longs que les autres déplacements et réalisés bien plus souvent (80%) en voiture. Ils représentent ainsi 34% des distances parcourues et 40% des émissions de GES, de NOx et de particules.
- La contribution des déplacements de ou vers le lieu d'études est bien moindre (14% des déplacements, 4% des émissions de GES) mais ce constat est à pondérer par la contribution des déplacements d'accompagnement souvent liés à l'école : 15% des déplacements, 12% des distances parcourues, 17% des émissions de GES).
- Nos consommations et émissions polluantes sont directement liées à notre position dans le cycle de vie. Les actifs sont les plus gros consommateurs d'énergie et émetteurs de pollutions : ils émettent 3 fois plus de GES que les personnes sans activité professionnelle. Parmi les actifs, les hommes émettent 30 % de plus de GES que les femmes car ils parcourent les plus longues distances et utilisent davantage leur voiture.
- Niveau d'instruction, niveau de vie et émissions polluantes sont étroitement corrélés. Plus ces niveaux sont élevés et plus les émissions de GES sont fortes en raison essentiellement des kilomètres parcourus en voiture. Les personnes les plus à même de comprendre les impacts environnementaux de leurs comportements sont aussi celles qui polluent le plus !
- La localisation géographique des habitants est déterminante et montre bien les effets néfastes de la périurbanisation. On observe d'abord une forte corrélation entre densité d'habitat, mixité des fonctions et émissions individuelles de GES des résidents : la carte des densités est sensiblement le négatif de la carte des émissions de GES. Plus les lieux de résidence s'éloignent des centres et plus les émissions augmentent en raison surtout d'une dépendance accrue à la voiture. Les centres urbains denses et compacts, mixant les fonctions, bien desservis par les transports collectifs, favorisent les distances courtes praticables à pied ainsi que l'usage des TC. A l'inverse, habiter une zone périurbaine impose aux résidents de parcourir des distances plus longues et à recourir davantage à l'automobile, faute d'alternative.
- Un résident périurbain émet 2 fois plus de GES qu'un résident du centre de Lille pour se déplacer et le phénomène s'accroît au cours du temps : les émissions moyennes des périurbains ont augmenté de 46 % en 20 ans de 1987 à 2006, celle des Lillois de 5 % seulement.
- **Mais quels sont les enjeux pour les prochaines décennies (2020, 2050) ?**
 1. La double problématique locale et globale des émissions polluantes rend incontournable des actions sur plusieurs fronts, si l'on veut à la fois obtenir des

résultats à l'échelle de la métropole lilloise et respecter les engagements nationaux et les accords internationaux en vue de protéger la planète.

2. La forte diminution des rejets de polluants locaux va se poursuivre du fait de normes de plus en plus contraignantes. Cependant les effets de ces normes ne joueront pas à plein avant un délai d'une vingtaine d'années, compte tenu de la durée du renouvellement du parc automobile. Même les émissions de particules encore supérieures en 2006 à ce qu'elles étaient en 1987 devraient se réduire fortement avec la généralisation progressive des filtres à particules.
3. La situation est bien différente pour les émissions de gaz à effet de serre dues aux transports sur le territoire communautaire : les estimations réalisées montrent une progression de 45 % entre 1990, année de référence des différents objectifs de réduction de GES, et 2006. Si l'on se limite au seul secteur des transports, l'atteinte des objectifs fixés imposerait de diviser par six les émissions de GES du transport sur le périmètre communautaire par rapport à la situation de 2006. Le facteur 4 de 1990 (à l'horizon 2050) devient donc un facteur 6 relativement à l'année 2006. En 2020, les effets attendus du renouvellement du parc automobile ancien par des véhicules neufs moins polluants permettraient seulement de revenir au niveau de 1990, si les trafics routiers se stabilisaient à leur niveau de 2006 à cette échéance. Les avancées techniques ne suffiront donc pas pour que les émissions de GES du seul secteur transport atteignent les objectifs de baisse de 20 % à 30 % en 2020 par rapport à 1990, de 50 % en 2030 puis de 75 % en 2050. Une telle diminution ne pourra être obtenue sans actions politiques fortes visant à **réduire la dépendance automobile** par une meilleure organisation spatiale et à favoriser le recours à des modes alternatifs moins polluants (modes doux et transports collectifs). Cela suppose également un indispensable changement des mentalités et des comportements individuels et collectifs en faveur d'une attitude éco-responsable. L'éco-mobilité implique la nécessité de repenser les façons de se déplacer.

Annexe 1 :

Pollution atmosphérique d'origine automobile et santé

Mireille Chiron, INRETS-UMRESTTE Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance
Transport Travail Environnement (Inrets - Lyon 1 - InVS)

Malgré le grand nombre de substances émises par les pots d'échappement de nos automobiles, il est possible, en utilisant comme indicateurs quelques polluants mesurés en routine par les réseaux de surveillance, d'établir des relations dose-effet entre les teneurs atmosphériques de ces polluants et plusieurs effets sur la santé ou indicateurs d'activité sanitaire.

On distingue les effets à court terme de la pollution, qui suivent les teneurs journalières des polluants avec des délais de quelques jours au plus, et les effets à long terme résultant d'effets cumulatifs.

Dans la première catégorie sont particulièrement étudiés la mortalité cardio-pulmonaire, les épisodes bronchiques aigus et les crises d'asthme. On dispose en France d'une surveillance épidémiologique permanente sur 9 villes, effectuée par l'institut de veille sanitaire. De plus une surveillance européenne est en place concernant 26 villes dans 12 pays.

La grande puissance de ces études permet la mise en évidence de risques relatifs de l'ordre de 1,01 pour la mortalité totale les lendemains de jours avec un excès de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de l'un des indicateurs de pollution (SO_2 , NO_2 , O_3 , particules totales) en moyenne journalière. Les risques sont plus élevés pour des effets plus légers, par exemple les appels à SOS médecin augmentent de 3% pour chaque augmentation de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} . Ils sont plus élevés pour les particules les plus fines : 6% pour chaque augmentation de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$ (particules de moins de 2,5 μ de diamètre) en moyenne journalière⁹³. Il existe des groupes à risque connus tels que les nourrissons et jeunes enfants, les personnes âgées, les insuffisants respiratoires ou cardiaques.

Lorsqu'on étudie les effets à long terme, qui sont l'addition des effets court terme cumulés sur une longue période et des effets réellement cumulatifs (cancers, installation d'une maladie chronique dont principalement la bronchite chronique), les augmentations de risque sont nettement plus importantes. Par exemple une augmentation de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en moyenne annuelle a été associée à une augmentation de 9% des bronchites chroniques dans une cohorte américaine de non-fumeurs⁹⁴ dès les années 80. Ces résultats se sont beaucoup affinés depuis, montrant par exemple l'influence particulière des plus fines particules ($\text{PM}_{2,5}$), et les effets de la pollution sur l'incidence des cancers pulmonaires. Une étude française sur 7 villes a également mis en évidence le lien à long terme entre exposition à la pollution atmosphérique et mortalité⁹⁵.

Une grande part (de l'ordre de la moitié) de cette exposition à la pollution générale est attribuable au trafic routier. D'autres études se sont cependant attelées à mesurer l'effet propre de la source trafic, en mesurant par exemple l'effet de la proximité des domiciles au trafic sur l'incidence de certaines maladies aiguës ou chroniques. On met ainsi en évidence l'hétérogénéité des expositions, même à

⁹³ Chardon et Lefranc 2005. <http://www.ors-idf.org>

⁹⁴ [Abbey DE](#), [Mills PK](#), [Petersen FF](#), [Beeson WL](#). Long-term ambient concentrations of total suspended particulates and oxidants as related to incidence of chronic disease in California Seventh-Day Adventists. *Environ Health Perspect*, 94: 43-50 1991

⁹⁵ Filleul L, Rondeau V, Vandentorren S, Le Moual N, Cantagrel A, Annesi-Maesano I, Charpin D, Declercq C, Neukirch F, Paris C, Vervloet D, Brochard P, Tessier JF, Kauffmann F, Baldi I. *Twenty five year mortality and air pollution: results from the French PAARC survey*. *Occup Environ Med*, Volume:62 Issue:7, Page:453-60 Year:2005

l'intérieur d'une même ville. Un risque relatif de 1,5 est par exemple associé au fait de résider à proximité d'une voie à fort trafic pour la mortalité générale (1,9 pour les morts cardiovasculaires)⁹⁶.

Les relations dose-effet ainsi établies par l'observation épidémiologique permettent, par la méthode de l'Évaluation quantitative du risque sanitaire, de calculer un nombre de cas attribuables à la pollution atmosphérique pour une population, pour peu que l'on ait une connaissance de son exposition (distribution de la population) et des incidences de base des événements de santé. Ainsi a-t-on pu évaluer à plusieurs milliers le nombre de décès et d'hospitalisations cardio-vasculaires et à plusieurs dizaines de milliers le nombre de bronchites aiguës ou de crises d'asthme attribuables à la pollution particulaire en France en l'an 2000.

Une façon plus positive de présenter ces mêmes risques attribuables est de calculer les améliorations sanitaires qui pourraient être obtenues par telle ou telle action de réduction de la pollution. Ainsi Apheis (étude européenne) a calculé les gains d'espérance de vie moyenne (à 30 ans) dans l'hypothèse où les concentrations annuelles moyennes de PM_{2,5} seraient maintenues à 15g/m³ dans 23 villes européennes⁹⁷. Ces gains seraient maximums à Bucarest (2,3 ans) ou Tel Aviv (1,8 ans) qui sont les plus polluées. Dans les villes françaises l'espérance de vie moyenne à l'âge de 30 ans serait augmentée de 0,1 ou 0,2 années selon les villes.

En conclusion l'épidémiologie a mis en évidence les effets sur la santé (par des mécanismes de court et long terme) de la pollution atmosphérique urbaine « de fond » principalement issue du trafic, ainsi que de la pollution « de proximité » issue du trafic routier. Les risques individuels sont « faibles », mais les populations exposées étant importantes, les cas attribuables représentent donc des effectifs non négligeables, représentant une part de l'ordre de quelques centièmes des décès cardio-vasculaires par exemple.

Il n'est pas exclu que l'augmentation continue de l'espérance de vie soit en partie attribuable à la baisse observée de la pollution atmosphérique urbaine, obtenue grâce à la réglementation des émissions des véhicules. La part du trafic dans la pollution urbaine est d'ailleurs en décroissance.

⁹⁶ Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van den Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 2002; 360: 1203–09.

⁹⁷ Medina S., Boldo E., Saklad M., Niciu E.M., Krzyzanowski M., Frank F., Cambra K., Muecke H.G., Zorilla B., Atkinson R., Le Tertre A., Forsberg B. and the contribution members of the APHEIS group. APHEIS Health Impact Assessment of Air Pollution and Communications Strategy. Third year report. Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice June 2005; 232 pages.  APHEIS Third year report(bis).

Annexe 2 : Gaz à effet de serre et réchauffement climatique

L'atmosphère se renouvelle-t-elle ? d'après [Baruch, 2008]

La durée de vie des molécules dans l'atmosphère dépend de leur réactivité chimique. Les gaz inertes comme l'argon ou le néon sont des résidus de l'atmosphère primitive. Ils résident dans l'atmosphère depuis plus de 4,5 milliards d'années et y resteront tant que l'atmosphère subsistera. Ce n'est pas le cas des gaz réactifs. Ils sont souvent dérivés du carbone, de l'azote ou du soufre. Mais le plus réactif est le radical hydroxyle (OH), issu de l'ionisation de l'eau, qui se recombine avec l'hydrogène ionisé en quelques secondes. Les oxydes d'azote et de soufre retombent sous forme de dépôts secs ou évoluent chimiquement en quelques jours. Se forment alors des acides sulfuriques et nitriques dont la teneur détermine le caractère acide de l'air et des pluies. Le séjour des autres composants dans l'atmosphère se compte en général en années (douze ans pour le méthane, cent ans pour le dioxyde de carbone), voire en milliers d'années pour l'oxygène et en millions d'années pour l'azote. Cependant, localement, l'air se renouvelle assez vite à cause des mouvements atmosphériques. Poussée par les alizés ou les vents d'ouest, une molécule effectue le tour de la Terre en seulement un mois.

Le cycle annuel du carbone

Le carbone est à l'origine des gaz à effet de serre et suivre son cycle permet de savoir ce qui sera rejeté dans l'atmosphère et qui sera alors stocké, et pouvant engendrer l'effet « cocotte minute ». Charles David Keeling (Institut Océanographique Scripps de la Jolla, Californie) a mis en place la mesure de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, et a effectué ses mesures sur une période de 47 ans, soit de 1958 à 2005. Ces recherches ont abouti à deux résultats : 1/ elles montrent un accroissement ininterrompu sur 50 ans du taux de concentration dans l'atmosphère ; 2/ l'identification du cycle annuel du carbone, variable d'une à l'autre - le cycle annuel étant principalement déterminé par le cycle annuel de croissance et de décomposition de la végétation à la surface terrestre. Le potentiel d'absorption du carbone se situe dans l'hémisphère Nord qui abrite la majeure partie des forêts d'arbres à feuilles caduques. Les experts du climat s'accordent à penser qu'en prenant simultanément en compte le cycle de vie et la répartition de la végétation, environ 8 % du dioxyde de carbone de l'atmosphère est absorbé puis rejeté par la végétation chaque année. Les travaux du physicien Freeman Dyson [Dyson, 2007] soulignent que la reforestation (type et répartition à la surface du globe) de végétation est un enjeu clé des stratégies de lutte contre l'effet de serre. Parallèlement, la préservation de la flore et des éléments phytomarins représentent également un enjeu du cycle du carbone et du maintien de puits de carbone, puits mis en danger par une acidification de l'eau liée aux carburants utilisés par le transport maritime. Le tableau ci-dessous indique en Giga-tonnes les masses de carbone émis et absorbées annuellement.

Cycle du Carbone (Gt / an)				
source de carbone	masse de C émise/an	puits de C	masse de C absorbée/an	bilan C émis
carbone fossile	~ 5	océans	2,5	2,5
déforestation	2	reforestation	2 (?)	0
dégradation de matière organique	110	photosynthèse	110	0

Tableau 54 : cycle du carbone

Source : [GIEC]

A. Le potentiel de réchauffement global (PRG)

L'estimation du PRG d'un gaz dépend :

- de la période considérée pour le calcul des effets radiatifs⁹⁸, puisque ce PRG correspond à la quantité de rayonnement infrarouge que ce gaz capte et renvoie vers la terre sur cette période⁹⁹ ;
- et des scénarios d'évolution des diverses concentrations atmosphériques, puisque la contribution instantanée au réchauffement de ce gaz (son forçage radiatif, exprimé en W/m^2) est fonction de sa concentration dans l'atmosphère.

C'est notamment parce que les concentrations varient dans le temps que les valeurs de PRG, fournies par le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)¹⁰⁰, ont légèrement changé au fil de ses rapports successifs (1996, 2001, 2007).

En pratique et par convention, la période de temps la plus fréquemment utilisée par les autorités est de 100 ans, car la durée de vie du CO_2 dans l'atmosphère est estimée à environ 100 ans. Son PRG à 100 ans vaut 1, c'est la référence. Pour compter le potentiel de réchauffement global (PRG) de chaque GES, on rapporte, sur la période, l'effet radiatif du gaz à celui du CO_2 .

Il existe des controverses et des incertitudes quant à l'estimation du PRG des gaz à effet de serre- expliquant ainsi les différentes valeurs que l'on peut trouver pour les PRG et les durées de vie des GES dans l'atmosphère. Les controverses trouvent souvent leur origine dans :

- la prise en compte ou non des potentiels indirects de réchauffement associés à l'appauvrissement de la couche d'ozone,
- la valeur donnée à la durée de vie dans l'atmosphère des GES, valeur réactualisée suite aux investigations scientifiques en cours.

⁹⁸ souvent plutôt plus courte que la durée de vie (sa période d'activité) du gaz dans l'atmosphère- certains gaz, tel le perfluorométhane, sont quasiment indestructibles. L'estimation de la durée de vie dans l'atmosphère pour les autres GES est plus complexe, notamment quand la durée de vie a un horizon temporel long.

⁹⁹ la période considérée pour le calcul des effets est très importante (et doit être rappelée dès lors qu'on fournit des valeurs de PRG) : puisque les vitesses d'élimination progressives au cours du temps sont très diverses et que les effets postérieurs à cette période sont ignorés, alors les valeurs chiffrées d'un PRG peuvent être fortement différentes selon la période choisie. Les calculs sont complexes (et les valeurs pas toujours exactes, car la vitesse d'élimination n'est parfois pas connue précisément) : les effets radiatifs de différents gaz ne sont pas proportionnels à leur concentration ; à cause de l'instabilité des gaz, les PRG diminuent plus ou moins rapidement avec le temps : un gaz rapidement éliminé dans l'atmosphère peut avoir un effet initial important mais qui décroît rapidement (ex : le méthane a un PRG de 23 sur un siècle, mais de 62 sur 20 ans – valeurs de 2001, alors que celles de 2007 sont respectivement de 25 et 72, [GIEC, 2007]).

¹⁰⁰ La dénomination anglaise du GIEC est l'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Ce groupe d'experts a été établi en 1998 à l'initiative conjointe de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).

De nombreuses incertitudes pèsent encore sur les degrés de « forçage radiatif direct » et de « forçage radiatif indirect ». Les équivalences en CO₂ du pouvoir réchauffant des différents gaz à effet de serre sont réévaluées sous l'effet de nouvelles mesures de leur teneur dans l'atmosphère, tant par leur passé (extractions de nouvelles carottes glacières) et présentes (observations sur les 8 stations d'observation en différents points de la Planète, dont le point de référence est le point Barrow au pôle Sud).

Émissions, gaz à effet de serre et équivalent CO₂

Directement issue de l'approche préconisée dans le projet MEET¹⁰¹, la méthodologie DEED (cf. description de l'outil, Partie 1) estime les consommations et émissions¹⁰² en distinguant clairement les émissions de CO₂ « pur » (ou « réel ») de celles des autres gaz, notamment de celles des GES. Il est à noter dans ce cas que la quantité de CO₂ émise n'est pas estimée par un simple coefficient de passage à partir de la seule consommation d'énergie des différents véhicules, mais simultanément avec les polluants carbonés (CO, COV et Ps), grâce à l'équation équilibrant le bilan carbone (précisant que tout le carbone introduit via le carburant, doit être réémis), cf. encadré méthodologique ci-après.

Il existe également une autre équivalence, moins souvent utilisée. Sachant que la combustion d'une tonne de Carbone correspond à l'émission d'une tonne de CO₂, on utilise aussi parfois l'équivalent-carbone¹⁰³. Puisque un kg de CO₂ contient 0,2727 kg de C, on obtient :

$$\text{Eq-Carbone} = \text{PRG} * 0,2727$$

¹⁰¹ qui, avec la version 3 du modèle Copert a abouti à l'harmonisation au niveau européen des facteurs d'émission de différentes espèces à la sortie des pots d'échappement des véhicules de transport, cf. [INRETS et al., 1999].

¹⁰² notamment des polluants atmosphériques locaux mentionnés au début du § 1.2.

¹⁰³ Compte tenu des masses moléculaires respectives (12 g/mole pour C, contre 44,01 g/mole pour CO₂, soit un rapport arrondi de 3,67 entre les deux), on peut passer des masses d'eq-carbone aux masses d'eq-CO₂ en les multipliant par ce facteur de 3,67.

Remarque méthodologique importante

Les émissions de CO₂ estimées par la méthode COPERT dans le secteur transport sont basées sur du « CO₂ réel » et non sur du « CO₂ ultime » ou « équivalent CO₂ »

La consommation d'énergie et les émissions de CO₂ sont estimées dans DEED en accord avec la méthodologie MEET-COPERT. Ainsi, la consommation d'énergie (Cons), les émissions de CO₂ « réelles » sont estimées conjointement avec les émissions de CO, COV, NO_x et Ps, en respectant l'équation chimique du bilan carbone (1) (qui traduit, en tenant compte des masses molaires, que tout le carbone « entré » doit « ressortir »...) :

$$\text{Cons}/(12.011+1.008*r) = \text{CO}_2/44.011 + \text{CO}/28.011 + \text{COV}/16.043 + \text{Ps}/12.011 \quad (1)$$

où r = 1,8 pour l'essence et r = 2 pour le diesel

Cons exprimée en grammes-équivalent-pétrole, CO₂, CO, COV, Ps en grammes

Il faut noter que cette méthode d'estimation n'est pas a priori adaptée à la problématique « effet de serre ». Elle diffère de celle qui est recommandée dans le PNLCCC (basée sur la méthodologie GIEC (IPCC Corinair) pour les inventaires de gaz à effet de serre) qui comptabilise et convertit en CO₂ dit « ultime » tout le carbone émis sous différentes formes chimiques (CO, CH₄, COVM, etc. à quelques exceptions près). Contrairement à (1), adopter cette convention (recommandée pour les problématiques « effet de serre ») conduit à une relation d'apparence plus simple, reliant le CO₂ ultime à la consommation par la formule :

$$\text{CO}_2 = a * \text{Cons} \quad (2)$$

où a = 3,1833 pour l'essence (resp. a = 3,1376 pour le diesel),

CO₂ est exprimé en grammes-équivalent-CO₂, et Cons en grammes de carburant¹⁰⁴

B. Les effets constatés des changements climatiques

Le gaz carbonique additionnel libéré par les activités humaines serait responsable de 55% de l'accroissement de l'effet de serre. Le GIEC, notamment dans son quatrième rapport, montre que les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropogénique auraient augmenté, notamment sur la période récente, soit plus de 70 % entre 1970 et 2004 en passant de 28.7 Gt eq-CO₂ à 49 Gt eq-CO₂.

Ces concentrations ne cessent de croître à un rythme très soutenu. Le niveau actuel des concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est supérieur au niveau de concentration qui peut être jugé comme acceptable et qui a prévalu jusqu'à l'ère industrielle, soit un niveau compris entre 180 et 300 ppm. Ainsi, les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère sont passées d'une valeur de 280 parties par million (ppm) lors de la période pré-industrielle à 315 ppm en 1958 pour atteindre 385 ppm en 2008.

¹⁰⁴ Ces deux estimations ne peuvent pas facilement se déduire a priori l'une de l'autre (par exemple simplement parce que dériver le « CO₂ ultime » de Cons estimée avec (1) implique d'utiliser un coefficient multiplicatif dépendant du temps, notamment pour tenir compte de l'augmentation de la diésélisation). Notons cependant que si l'on excepte les HFC de l'évaluation, le « CO₂ réel » dans (1) est plutôt une bonne approximation de la contribution réelle à l'effet de serre, bien que sous-estimant légèrement les émissions de carbone, comparativement au « CO₂ ultime ». Ainsi, par exemple selon nos estimations : l'EqCO₂ est de 1,5% supérieur au CO₂ pour l'ensemble du trafic PL ; et sur l'ensemble du DEED interne (estimation sur la mobilité quotidienne interne des résidents), il est supérieur au CO₂ de 2,6% en 1987, 4,5% en 1998 et 5,4% en 2006.

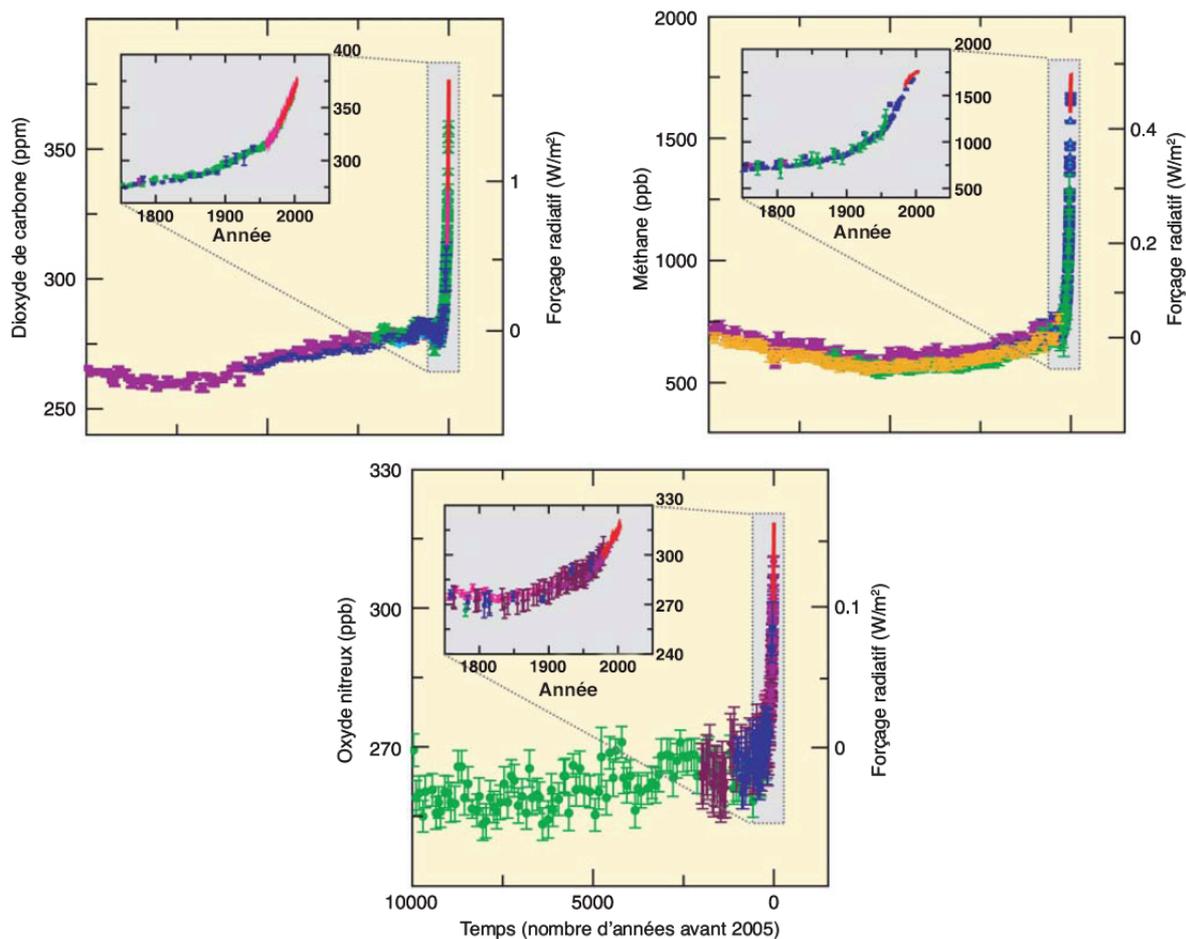


Figure 47 : évolutions des gaz à effet de serre à partir des données des carottes de glace et de mesures récentes

Source : [GIEC, 2007]

Comme le souligne le 4^{ème} rapport synthétique du GIEC sur le Bilan 2007 des changements climatiques, cette forte augmentation des concentrations des gaz à effets de serre dans l'atmosphère se traduit dès à présent par des changements climatiques et des modifications des systèmes naturels locaux (cf. figure suivante) : diminution du manteau neigeux, diminution des zones couvertes par la glace aux pôles, augmentation des températures moyennes, élévation du niveau des eaux dans certaines zones côtières, migration avancée dans le temps des espèces animales et végétales consécutives au caractère hâtif des phénomènes printaniers, *etc.*

La collecte de données relatives au changement climatique et à la concentration de CO₂ et plus largement de GES dans l'atmosphère est une entreprise récente (depuis 1970 pour les premiers et 1958 pour les seconds). Les constatations avancées pour les quarante dernières années comportent un degré d'incertitude faible. Toutefois, le degré de confiance pour les constatations relatives aux périodes précédentes s'accroît avec le développement des recherches actuelles en climatologie et météorologie (carottes glacières).

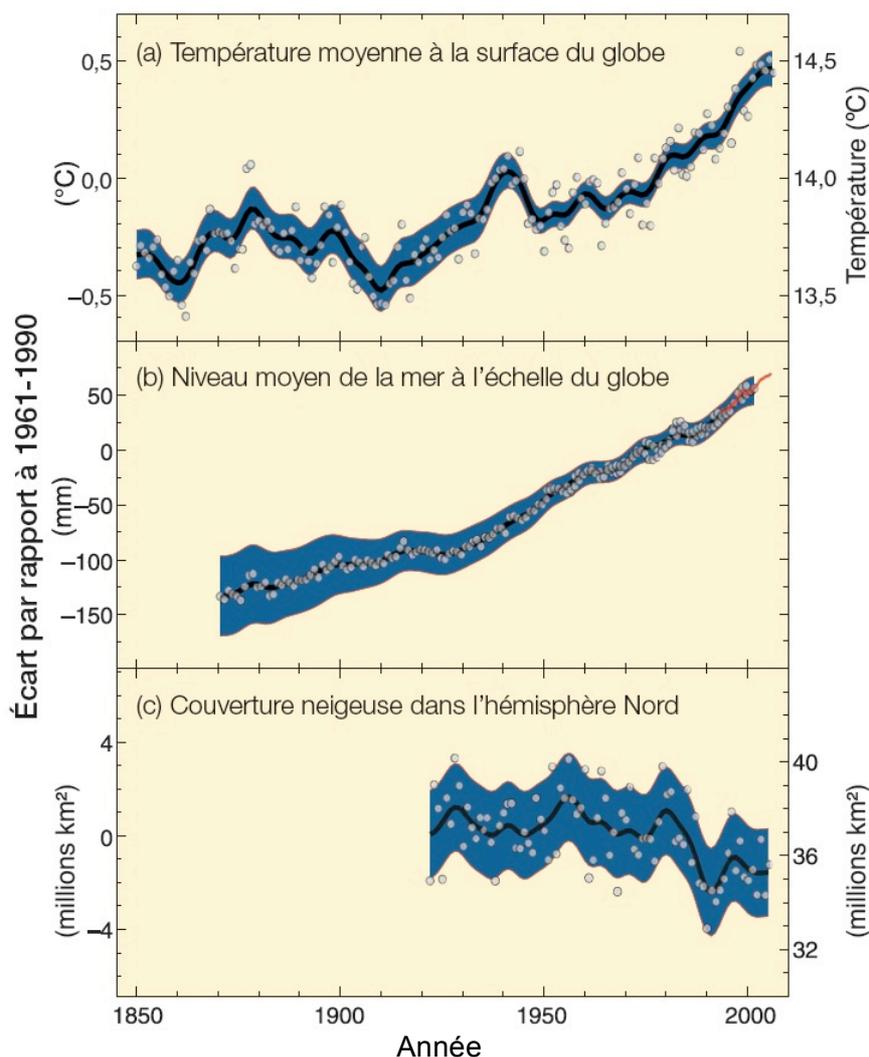


Figure 48 : variations de la température et du niveau de la mer à l'échelle du globe et de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord
Source : [GIEC, 2007]

C. Les causes des changements climatiques

Rappelons que les émissions de GES ont deux origines :

- le fonctionnement du système climatique et la composition de l'atmosphère elle-même (et donc des interactions entre la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère) ;
- des activités humaines elles-mêmes. Ce sont ces émissions qui ont crû considérablement depuis l'ère industrielle, générées principalement par la production d'énergie, le transport et l'industrie (bâtiment-résidentiel et bâtiment commercial), l'agriculture, et la forêt (y compris déforestation) ayant connu un taux de croissance moindre.

Les causes de l'évolution récente du climat seraient imputables à l'augmentation des GES d'origine anthropique (ou anthropogénique), comme l'indique la figure suivante.

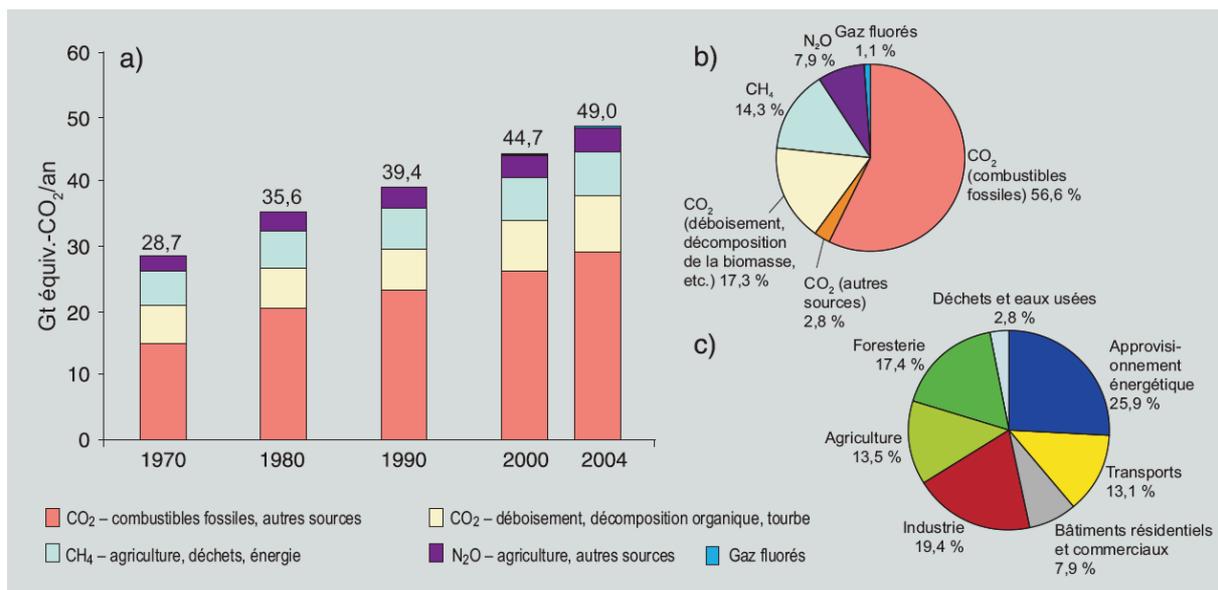


Figure 49 : émissions mondiales de gaz à effet de serre anthropiques

(source : [GIEC, 2007])

a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970–2004.5. b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO₂. c) Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO₂. (La foresterie inclut le déboisement).

Si les émissions de GES continuent de croître à ce rythme soutenu, leurs concentrations dans l’atmosphère auront doublé d’ici la fin de notre siècle pour atteindre des niveaux compris entre 660-790 ppm de CO₂. A ce niveau de concentration, les températures auront augmenté en moyenne de 6°C ; cette augmentation provoquera de profondes modifications des écosystèmes. Ces bouleversements, déjà amorcés, auront des conséquences importantes et significatives sur la santé de l’homme et la biodiversité, l’approvisionnement en eau, les cultures vivrières et l’élevage, les sécheresses mais engendreront également des fortes intempéries et des inondations, notamment dans les zones côtières. Certains dommages pourraient être irréversibles, notamment pour la biodiversité.

Le GIEC recommande une stabilisation des concentrations de CO₂ à un niveau avoisinant les 450 ppm, car à ce niveau, l’augmentation de la température à la surface du globe serait limitée à 2°C, limitant ainsi l’étendue des dommages engendrés par le réchauffement. Les trajectoires de croissance des émissions actuelles sont loin de permettre d’atteindre cet objectif¹⁰⁵. En effet, il faudrait réduire de 75% (facteur 4) les niveaux d’émission actuels d’ici 2050.

¹⁰⁵ Le GIEC (GIEC, Rapport de Synthèse, 2007) a établi plusieurs scénarii de trajectoire des émissions d’eq-CO₂ afin de stabiliser la concentration des GES dans l’atmosphère à son niveau de 2000, les réductions des niveaux d’émissions allant de -85 % à -50 % à l’horizon 2015, de -60 % à -30 % à l’horizon 2020.

Annexe 3 : Différence attendue entre le DEM et le Bilan carbone : le poids de la partie des déplacements d'échange réalisés en dehors de la communauté urbaine de Lille

La part du secteur transports dans le bilan des émissions sur le territoire communautaire par le Bilan Carbone territorial et par le DEM n'est pas équivalente en raison que ces deux méthodologies aboutissent à des deux estimations qui ne sont vraiment pas de même nature.

Il n'est donc pas surprenant dans ces conditions que le bilan carbone diffère amplement du DEM, et c'est bien en raison des émissions hors territoire comptabilisées dans cette première méthode (le Bilan Carbone) qu'il en est ainsi.

Au total, le Bilan Carbone territorial comptabilise 16,6 ktonnes de GES émis par jour par les transports, dont 73% sont émis hors territoire et donc non comptabilisés dans le DEM, selon notre méthodologie.

Contrairement au bilan carbone, le DEM ne prend en compte que la partie des déplacements effectuée sur le territoire communautaire.

Pour évaluer la contribution globale des déplacements au changement climatique mondial, il convient de considérer ces déplacements sur toute leur longueur, y compris la partie réalisée en dehors du territoire.

Ainsi, concernant les déplacements routiers de voyageurs en échange avec le territoire communautaire, le DEM n'intègre que les 10,5 kilomètres parcourus sur le territoire pour calculer les émissions de GES et de polluants qu'ils génèrent, alors que la longueur totale de ces déplacements est de 49 kilomètres. De même, pour les déplacements routiers de marchandise, le DEM n'intègre que les 16 kilomètres parcourus sur le territoire alors que la longueur totale de ces déplacements est de 107 kilomètres.

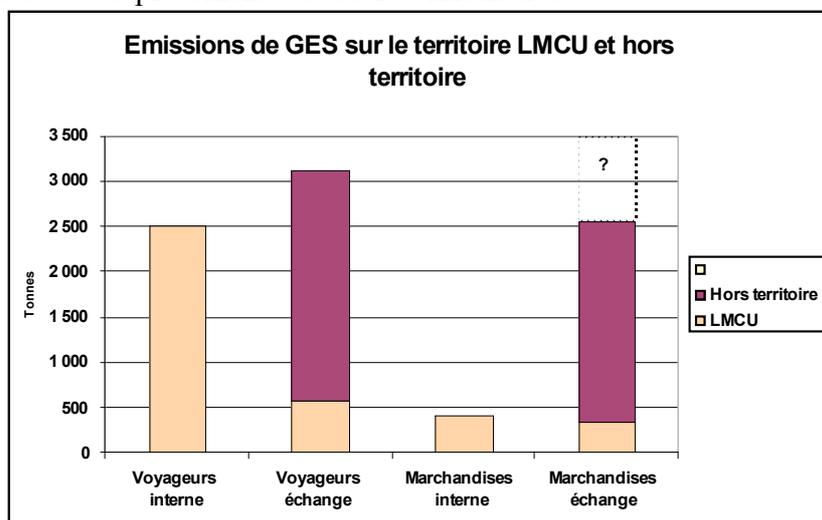


Figure 50 : émissions de GES sur le territoire LMCU et hors territoire LMCU

Source : CETE-Inrets

Les émissions de GES associées sont alors plus de 2 fois plus élevées que celles identifiées dans le DEM. De plus, pour le trafic marchandises en échange, les chiffres présentés ici ne portent que sur le parcours pour entrer ou sortir de LMCU : il faudrait ajouter dans de nombreux cas, la manière dont la marchandise a été acheminée avant ou après ce trajet (? du graphique).

Une attention particulière est donc à accorder aux déplacements d'échange et à leurs impacts.

Annexe 4 : découpage en secteurs utilisés pour l'ED 2006

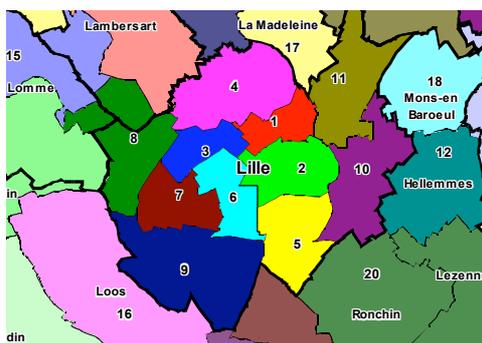
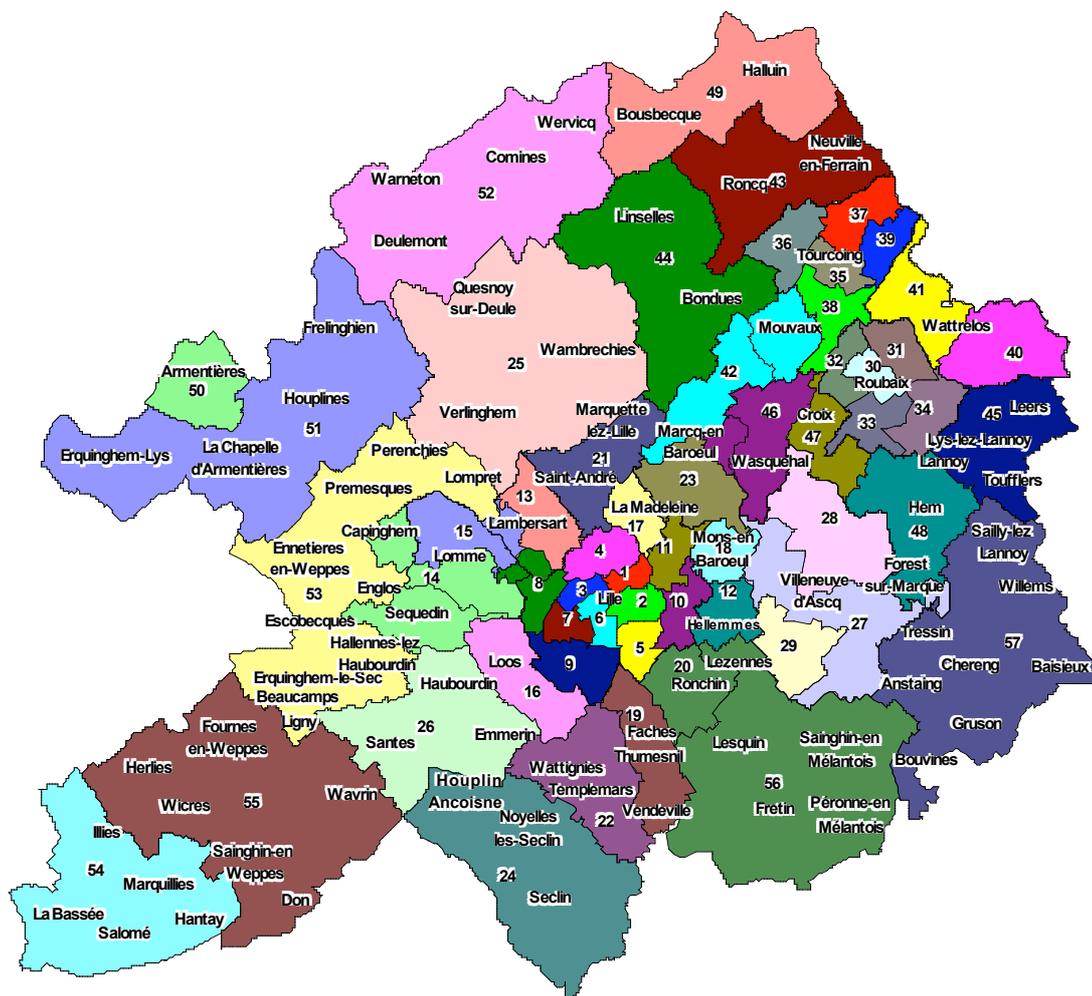


Figure 51 : découpage en secteurs utilisés pour l'ED 2006

Annexe 5 : statistiques et tableaux de résultats

	1987	1998	2006	Evol 98/87	Evol 06/98	Evol 06/87
Déplacements DEED	3 382 765	4 037 772	3 840 364	19%	-5%	14%
% Total	96%	93%	93%	-3%	0%	-3%
Personnes DEED	865 175	864 353	889 590	0%	3%	3%
% Total	93%	86%	88%	-8%	3%	-5%
Ménages DEED	321 211	318 373		-1%		
% Total	86%	74%		-13%		
Distances (km)	11 833 283	15 341 642	15 427 367	30%	1%	30%
Durées (heures)	778 991	971 825	1 039 887	25%	7%	33%
Consommations (tep)	679	779	706	15%	-9%	4%
CO2 (t)	1 644	2 170	1 980	32%	-9%	20%
EqCO2(t)	1 686	2 268	2 086	34%	-8%	24%
CO (t)	267	128	45	-52%	-64%	-83%
COV (t)	26	14	5	-44%	-67%	-81%
NOX (t)	13	11	6	-20%	-39%	-51%
PS (t)	0.29	0.86	0.62	202%	-29%	116%

Tableau 55 : résultats généraux (budgets totaux) du DEED

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1987, 1998 et 2006

	1987	1998	2006	Evol 98/87	Evol 06/98	Evol 06/87
Consommation (gep)	57	51	46	-12%	-10%	-20%
CO2 (g)	139	141	128	2%	-9%	-8%
CO (g)	23	8	3	-63%	-65%	-87%
COV (g)	2.2	0.9	0.3	-56%	-67%	-86%
NOX (g)	1.1	0.7	0.4	-39%	-39%	-63%
PS (g)	0.02	0.06	0.04	133%	-29%	65%

Tableau 56 : résultats généraux (budgets kilométriques) du DEED

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1987, 1998 et 2006

	1987	1998	2006	Evol 98/87	Evol 06/98	Evol 06/87
Consommation (gep)	201	193	184	-4%	-5%	-8%
CO2 (g)	486	537	515	11%	-4%	6%
CO (g)	79	32	12	-60%	-63%	-85%
COV (g)	7.6	3.6	1.3	-53%	-65%	-83%
NOX (g)	3.9	2.6	1.7	-33%	-36%	-57%
PS (g)	0.08	0.21	0.16	153%	-25%	90%
Distances (km)	3.5	3.8	4.0	9%	6%	15%
Durées (minutes)	13.8	14.4	16.2	5%	13%	18%
Vitesse (km/h)	15.2	15.8	14.8	4%	-6%	-2%

Tableau 57 : résultats généraux (budgets par déplacement) du DEED

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1987, 1998 et 2006

	Nombre	Conso.	CO2	CO	COV	NOX	PS	Dist.	Durée
M1-VPC	38%	92%	91%	96%	90%	89%	68%	56%	36%
M2-VPP	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	14%
M3-TC	7%	6%	6%	3%	3%	9%	23%	13%	15%
M4-2RM	1%	1%	1%	1%	6%	0%	0%	1%	1%
M5-Mproxi	38%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	33%
M6-Autres	1%	2%	2%	1%	1%	2%	9%	1%	1%
Ensemble	3 382 765	679	1 644	267	26	13	0.29	11 833 283	778 991

Tableau 58 : part de chaque mode dans le bilan global 1987

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1987

	Nombre	Conso.	CO2	CO	COV	NOX	PS	Dist	Durée
M1-VPC	42%	93%	93%	96%	90%	88%	89%	59%	42%
M2-VPP	16%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	14%
M3-TC	7%	5%	5%	2%	3%	9%	7%	13%	16%
M4-2RM	1%	1%	0%	2%	7%	0%	0%	1%	1%
M5-Mproxi	34%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	27%
M6-Autres	1%	2%	2%	1%	1%	3%	4%	1%	1%
Ensemble	4 037 772	779	2 170	128	14	11	0.86	15 341 642	971 825

Tableau 59 : part de chaque mode dans le bilan global 1998

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998

	Nombre	Conso.	CO2	CO	COV	NOX	PS	Dist	Durée
M1-VPC	41%	92%	93%	95%	88%	88%	92%	58%	40%
M2-VPP	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	16%	12%
M3-TC	9%	6%	5%	2%	3%	9%	6%	17%	18%
M4-2RM	1%	0%	0%	2%	8%	0%	0%	1%	1%
M5-Mproxi	35%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	27%
M6-Autres	1%	2%	2%	0%	0%	3%	2%	1%	1%
Ensemble	3 840 364	706	1 980	45	5	6	0.62	15 427 367	1 039 887

Tableau 60 : part de chaque mode dans le bilan global 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

	Conso. (gep)	CO2 (g)	EqCO2 (g)	CO (g)	NOX (g)	COV (g)	PM (g)
VP conducteur	73	205	216	4.8	0.6	0.5	0.06
VP passager	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.00
Voiture particulière	57	162	171	3.8	0.5	0.4	0.05
Deux-roues motorisés	27	68	72	8.6	0.1	3.0	0.00
Transports collectifs	16	40	42	0.4	0.2	0.1	0.01
Modes doux	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.00
Autres modes	75	222	227	1.0	1.1	0.1	0.10
Moyenne tous modes	46	128	135	2.9	0.4	0.3	0.04

Tableau 61 : émissions kilométriques selon le mode de transport en 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

		1987	1998	2006	Evol 98/87	Evol 06/98	Evol 06/87
Mobilité	Totale	3.73	4.13	3.77	11%	-9%	1%
	VPC	1.38	1.64	1.49	19%	-9%	8%
	VPP	0.58	0.68	0.51	17%	-25%	-12%
	TC	0.26	0.29	0.37	10%	27%	40%
	2RM	0.05	0.03	0.02	-38%	-23%	-52%
	MProxi	1.43	1.46	1.36	2%	-7%	-5%
	Autres	0.02	0.03	0.02	24%	-19%	0%
Distance	Totale	12.8	15.3	15.8	20%	3%	23%
	VPC	7.0	8.6	8.9	24%	3%	28%
	VPP	2.5	3.0	2.5	21%	-16%	2%
	TCU	1.4	1.8	2.6	34%	43%	90%
	Autres TC	0.41	0.30	0.20	-27%	-32%	-51%
	2RM	0.19	0.14	0.13	-30%	-1%	-31%
	Vélo	0.24	0.18	0.15	-25%	-19%	-39%
	Autres	0.13	0.20	0.13	55%	-32%	5%
	Marche	1.03	1.04	1.12	1%	7%	9%
Budget temps		52	60	65	17%	8%	26%
Vitesse		14.9	15.3	14.5	3%	-5%	-2%
Budget conso		724	759	705	5%	-7%	-3%
Budget EqCO2		1 794	2 201	2 084	23%	-5%	16%
Budget CO		287	130	47	-55%	-64%	-84%
Budget COV		28	15	5	-47%	-65%	-82%
Budget NOX		14	10	6	-27%	-38%	-55%
Budget PS		0.29	0.81	0.61	182%	-25%	112%

Tableau 62 : mobilités individuelles, budgets distances, consommations et émissions de GES et polluants 1987, 1998 et 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1987, 1998 et 2006

1-Consommation et émissions et par déplacement selon le mode de transport

Mode	Nombre	Conso (gep)	CO2 (g)	EqCO2 (g)	CO (g)	COV (g)	NOX (g)	PS (g)	Dist (km)	Durée (min)	Vit. (km/h)
M01-Passager métro	251 113	98	221	231	3	0	0.6	0.06	7.9	32.4	14.7
M02-Passager SNCF	4 367	80	156	164	2	0	0.4	0.04	16.8	50.2	20.2
M03-Transport employeur	1 858	207	620	629	2	1	4.6	0.23	8.9	20.2	26.4
M04-Transports scolaires	12 602	201	600	606	2	1	5.0	0.26	6.5	32.9	11.9
M05-Passager autocar	1 774	251	753	759	2	1	6.4	0.33	6.8	36.9	11.0
M06-Passager tramway	13 965	78	162	169	3	0	0.4	0.05	6.4	33.4	11.5
M07-Passager bus urbain	72 576	161	481	514	2	1	5.0	0.24	4.7	29.5	9.5
M08-Taxi	1 959	429	1448	1505	6	1	4.8	0.54	6.8	18.9	21.5
M09-Camionnette, camion	14 488	692	2012	2054	9	1	10.6	0.88	7.7	52.8	8.7
M10-Autre mode	6 078	0	0	0	0	0	0.0	0.00	3.2	16.7	11.6
M11-Conducteur VP	1 574 129	413	1166	1231	27	3	3.6	0.36	5.7	16.0	21.4
M12-Passager VP	513 725	0	0	0	0	0	0.0	0.00	4.7	14.7	19.1
M13-2-roues (> 50 cm3)	14 057	197	506	533	59	14	1.0	0.00	6.1	13.8	26.8
M14-2-roues (< 50 cm3)	12 333	61	147	156	25	16	0.1	0.00	3.7	13.2	16.8
M15-Bicyclette	65 232	0	0	0	0	0	0.0	0.00	2.1	19.2	6.6
M16-Marche à pied	1 280 108	0	0	0	0	0	0.0	0.00	0.8	12.3	4.0
Ensemble	3 840 364	184	515	544	12	1	1.7	0.16	4.0	16.2	14.8

2-Consommation et émissions et par kilomètre parcouru selon le mode de transport

Mode	Nombre	Conso (gep)	CO2 (g)	EqCO2 (g)	CO (g)	COV (g)	NOX (g)	PS (g)	Vit. (km/h)
M01-Passager métro	251 113	12	28	29	0.4	0.0	0.1	0.0	14.7
M02-Passager SNCF	4 367	5	9	10	0.1	0.0	0.0	0.0	20.2
M03-Transport employeur	1 858	23	70	71	0.2	0.1	0.5	0.0	26.4
M04-Transports scolaires	12 602	31	92	93	0.3	0.2	0.8	0.0	11.9
M05-Passager autocar	1 774	37	111	112	0.3	0.2	0.9	0.0	11.0
M06-Passager tramway	13 965	12	25	26	0.4	0.0	0.1	0.0	11.5
M07-Passager bus urbain	72 576	35	103	110	0.4	0.2	1.1	0.1	9.5
M08-Taxi	1 959	63	214	222	0.8	0.1	0.7	0.1	21.5
M09-Camionnette, camion	14 488	90	263	268	1.2	0.2	1.4	0.1	8.7
M10-Autre mode	6 078	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6
M11-Conducteur VP	1 574 129	73	205	216	4.8	0.5	0.6	0.1	21.4
M12-Passager VP	513 725	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.1
M13-2-roues (> 50 cm3)	14 057	32	83	87	9.6	2.3	0.2	0.0	26.8
M14-2-roues (< 50 cm3)	12 333	17	40	42	6.9	4.3	0.0	0.0	16.8
M15-Bicyclette	65 232	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
M16-Marche à pied	1 280 108	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
Ensemble	3 840 364	46	128	135	2.9	0.3	0.4	0.0	14.8

Tableau 63: consommation et émissions par déplacement et par kilomètre parcouru selon le mode de transport détaillé

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

1-Voitures à disposition dans le ménage

	Effectifs ménages	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
0 VP	117 908	169 462	75	183	2	0.6	0.6	0.04	8.7	0.1	1.3	0.1	5.1	2.2
1 VP	208 414	381 100	678	2 000	49	5.2	5.9	0.60	14.6	8.2	2.3	0.1	2.5	1.3
2 VP	113 802	287 003	1 031	3 068	66	7.1	9.6	0.88	20.2	13.7	3.2	0.1	2.0	0.8
3 VP et plus	17 230	52 024	1 164	3 464	70	7.8	10.5	1.06	23.4	16.4	4.0	0.4	1.9	0.6
(2 VP et plus)	131 032	339 028	1 051	3 129	67	7.2	9.7	0.91	20.7	14.1	3.3	0.2	2.0	0.8
Total	457 353	889 590	705	2 084	47	5.1	6.4	0.61	15.8	8.9	2.5	0.1	2.8	1.3

2-Niveau d'instruction

	Effectifs ménages	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
1-Pas d'études	/	19 404	255	754	17	2.1	2.4	0.41	9.2	2.5	2.7	0.0	2.5	1.5
2-Primaire	/	75 214	321	945	25	2.7	2.8	0.29	8.4	3.7	2.1	0.0	1.2	1.3
3-Secondaire jusqu'en 3eme	/	171 073	646	1 907	50	5.5	6.1	0.65	12.9	7.8	1.9	0.1	1.6	1.3
4-Secondaire jusqu'au bac	/	175 887	945	2 805	63	6.9	8.7	0.88	18.5	11.9	2.3	0.1	2.9	1.1
5-Superieur	/	217 330	1 279	3 798	78	7.9	11.1	1.01	23.2	17.8	1.8	0.3	2.3	1.0
Ensemble	/	889 590	705	2 084	47	5.1	6.4	0.61	15.8	8.9	2.5	0.1	2.8	1.3

2bis-Niveau d'instruction personnes de 30 à 50 ans

	Effectifs ménages	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
1-Pas d'études	/	4 063	280	841	7	1.7	3.0	0.50	16.9	3.5	8.6	0.1	3.6	1.1
2-Primaire	/	10 252	556	1 632	41	4.1	4.5	0.50	13.2	6.0	1.9	0.0	3.4	1.7
3-Secondaire jusqu'en 3eme	/	63 752	865	2 559	66	7.4	8.8	0.97	15.4	10.5	1.7	0.1	1.6	1.2
4-Secondaire jusqu'au bac	/	78 014	1 222	3 641	78	8.5	11.5	1.21	21.6	15.6	1.8	0.1	2.6	1.0
5-Superieur	/	107 870	1 463	4 364	79	7.9	12.8	1.25	25.3	20.6	1.6	0.3	1.9	0.8
Ensemble	/	267 201	1 187	3 532	73	7.7	10.9	1.13	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0

Tableau 64 : variables explicatives (socio-démographie : 1/3)

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

3-Revenus par UC

	Effectifs ménages	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
1-< 1000 €	294 055	620 247	585	1 726	40	4.5	5.4	0.54	14.0	7.0	2.5	0.1	3.0	1.4
2-1000 à 2000 €	119 104	206 566	919	2 726	60	6.4	8.3	0.74	18.9	12.4	2.6	0.2	2.6	1.0
3-2000 à 3000 €	37 522	54 233	1 176	3 473	68	6.6	9.5	0.87	23.4	16.5	3.2	0.3	2.3	1.0
4-> 3000 €	6 673	8 543	1 271	3 758	65	5.3	8.7	0.85	21.2	17.4	1.8	0.2	0.8	1.0
Ensemble	457 353	889 590	705	2 084	47	5.1	6.4	0.61	15.8	8.9	2.5	0.1	2.8	1.3

3bis-Revenus par UC actifs ayant un emploi à temps plein

	Effectifs ménages	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
1-< 1000 €	/	149 496	1 326	3 950	86	9.3	12.3	1.27	23.0	17.4	2.0	0.2	2.1	0.8
2-1000 à 2000 €	/	94 159	1 389	4 134	88	9.5	13.0	1.14	24.8	19.6	1.4	0.3	2.5	0.9
3-2000 à 3000 €	/	28 662	1 523	4 520	82	8.4	13.3	1.27	27.7	22.2	2.1	0.5	1.9	0.9
4-> 3000 €	/	5 188	1 523	4 502	62	5.4	11.7	1.18	26.3	22.2	1.9	0.3	1.1	0.7
Ensemble	/	277 506	1 371	4 082	86	9.2	12.6	1.23	24.1	18.7	1.8	0.3	2.2	0.8

4-PCS

	Effectifs ménages	Effectifs personnes	Budget conso	Budget EqCO2	Budget CO	Budget HC	Budget NOx	Budget PM	Km Total	Km VPC	Km VPP	Km 2RM	Km TC	Km MD
1-Employés	/	217 527	819	2 415	61	6.2	7.1	0.69	16.3	10.3	2.1	0.1	2.4	1.2
2-Ouvriers	/	134 595	768	2 288	59	6.9	7.6	0.87	14.4	9.2	1.8	0.2	1.6	1.2
3-Cadres	/	217 527	1 276	3 793	73	7.3	11.2	1.03	22.3	17.8	1.5	0.2	1.8	0.9
4-Etudiants	/	48 514	483	1 363	36	4.2	4.7	0.36	19.2	5.4	2.0	0.0	10.0	1.8
5-Elèves	/	220 233	131	373	6	1.3	1.3	0.08	10.4	0.6	4.5	0.1	3.6	1.5
6-Chômeurs	/	6 477	514	1 488	60	7.5	6.0	0.86	14.2	5.1	2.3	0.0	5.7	1.0
7-Inactifs	/	37 923	239	695	19	2.0	1.7	0.17	7.8	2.5	2.4	0.0	1.3	1.5
Ensemble	/	889 590	705	2 084	47	5.1	6.4	0.61	15.8	8.9	2.5	0.1	2.8	1.3

Tableau 65 : variables explicatives (socio-démographie : 2/3)

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

4bis-Budget GES selon PCS et zone de résidence

	1-Lille		2-Roubaix Tourcoing		3-Banlieue de Lille		4-Banlieue de Roubaix Tcoing		5-Reste LMCU		Ensemble	
	GES	Effectif	GES	Effectif	GES	Effectif	GES	Effectif	GES	Effectif	GES	Effectif
1-Employés	1 308	34 738	2 135	31 279	2 380	90 041	3 151	42 665	3 423	18 804	2 415	217 527
2-Ouvriers	1 698	13 377	1 922	36 098	2 467	42 273	2 412	27 070	2 937	15 777	2 288	134 595
3-Cadres	2 700	36 220	3 503	25 174	3 728	91 059	4 570	43 099	4 669	21 975	3 793	217 527
4-Etudiants	742	22 287	1 511	3 290	1 499	15 665	2 748	5 387	3 361	1 885	1 363	48 514
5-Elèves	380	28 254	211	44 310	413	76 590	328	46 260	618	24 819	373	220 233
6-Chômeurs	1 353	801	2 268	2 245	1 158	1 363	987	1 908	0	160	1 488	6 477
7-Inactifs	147	4 755	297	11 553	886	11 875	1 345	6 529	907	3 211	695	37 923
Ensemble	1 382	141 248	1 605	155 141	2 203	331 114	2 521	173 689	2 740	88 398	2 084	889 590

4ter-PCS et équipement auto

	0 VP	1 VP	2 VP	3 VP et plus	(2 VP et plus)	Total
	1-Employés	46 643	97 536	63 925	9 423	73 348
	21%	45%	29%	4%	34%	100%
2-Ouvriers	35 012	63 594	30 159	5 830	35 989	134 595
	26%	47%	22%	4%	27%	100%
3-Cadres	17 714	94 204	89 234	16 374	105 609	217 527
	8%	43%	41%	8%	49%	100%
4-Etudiants	20 884	15 641	8 179	3 810	11 989	48 514
	43%	32%	17%	8%	25%	100%
5-Elèves	32 450	85 832	87 178	14 774	101 952	220 233
	15%	39%	40%	7%	46%	100%
6-Chômeurs	1 953	3 459	641	424	1 065	6 477
	30%	53%	10%	7%	16%	100%
7-Inactifs	13 044	17 579	6 216	1 084	7 300	37 923
	34%	46%	16%	3%	19%	100%
Ensemble	169 462	381 100	287 003	52 024	339 027	889 590
	19%	43%	32%	6%	38%	100%

Tableau 66 : variables explicatives (socio-démographie : 3/3)
Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

Annexe 6 : cartes de la géographie des émissions et de leur évolution

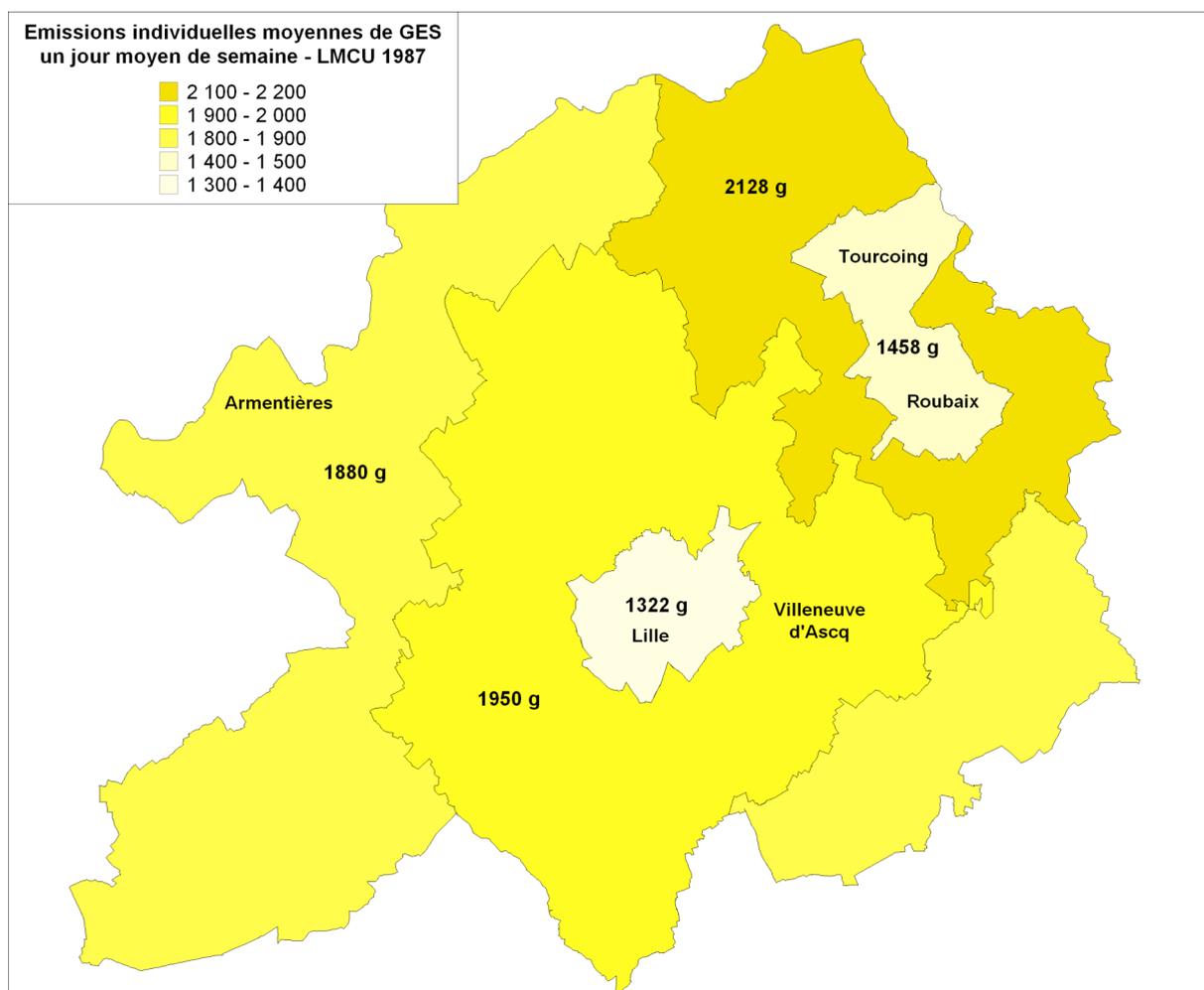


Figure 52 : émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence en 1987
Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1987

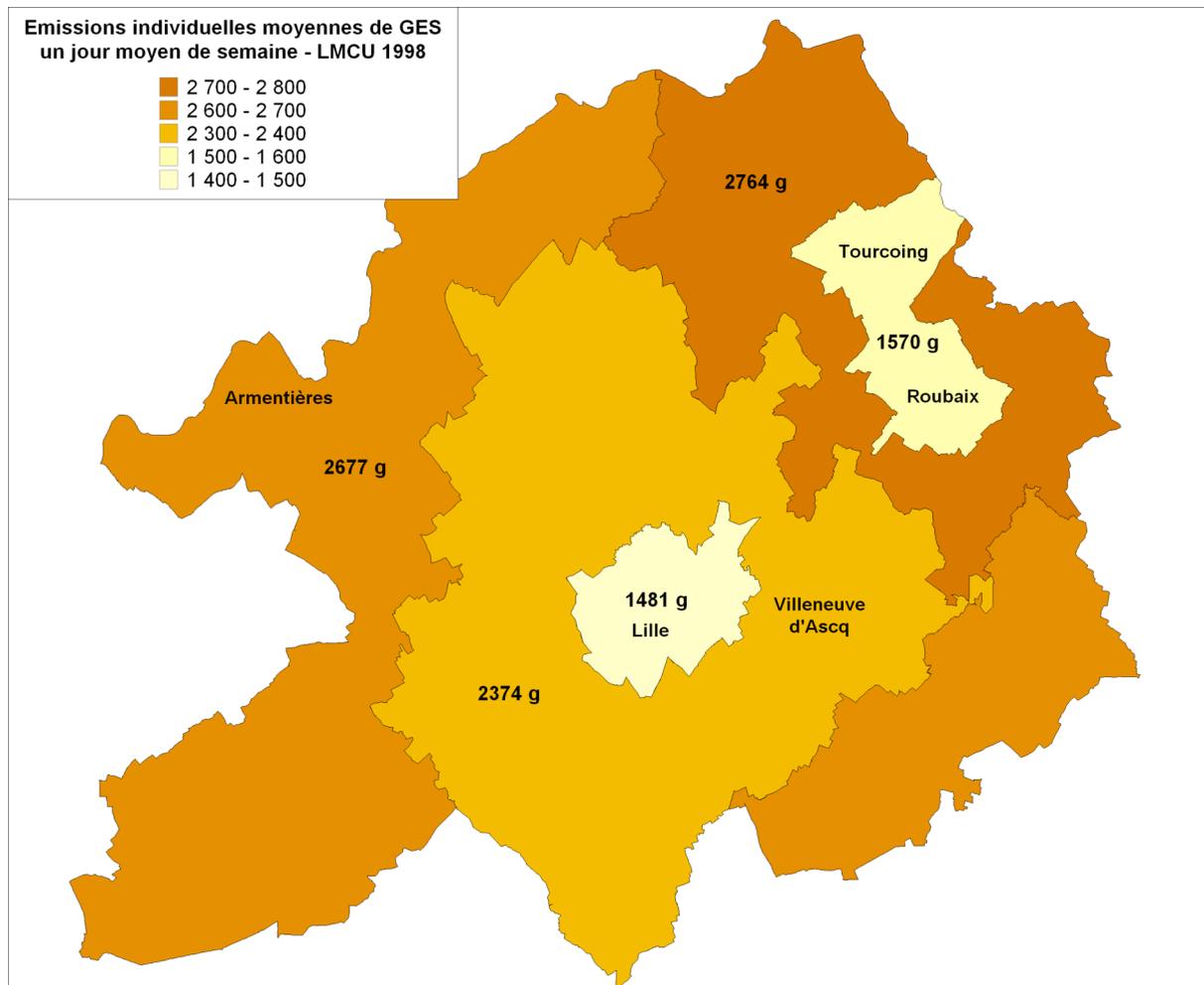


Figure 53 : émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence en 1998

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998

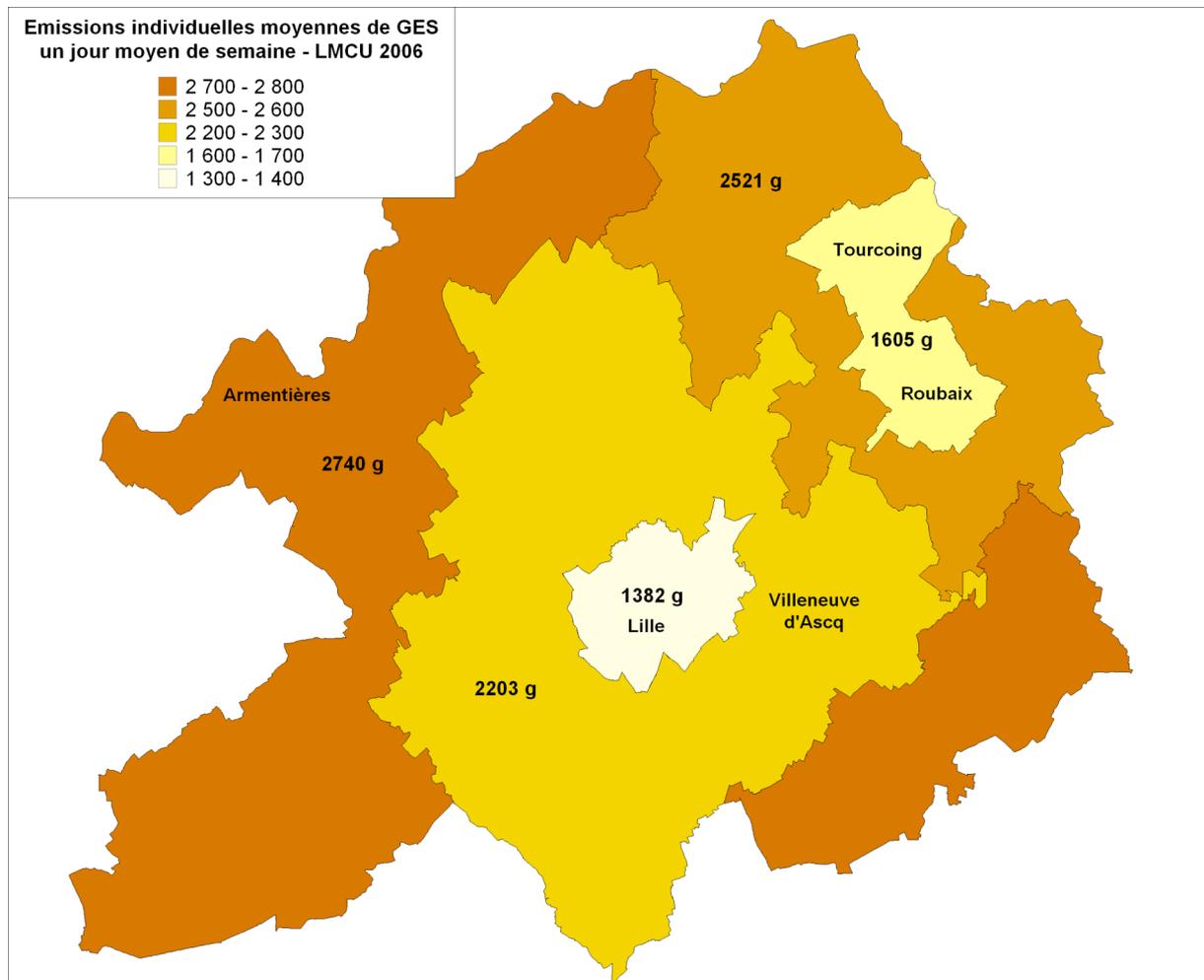


Figure 54 : émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence en 2006

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 2006

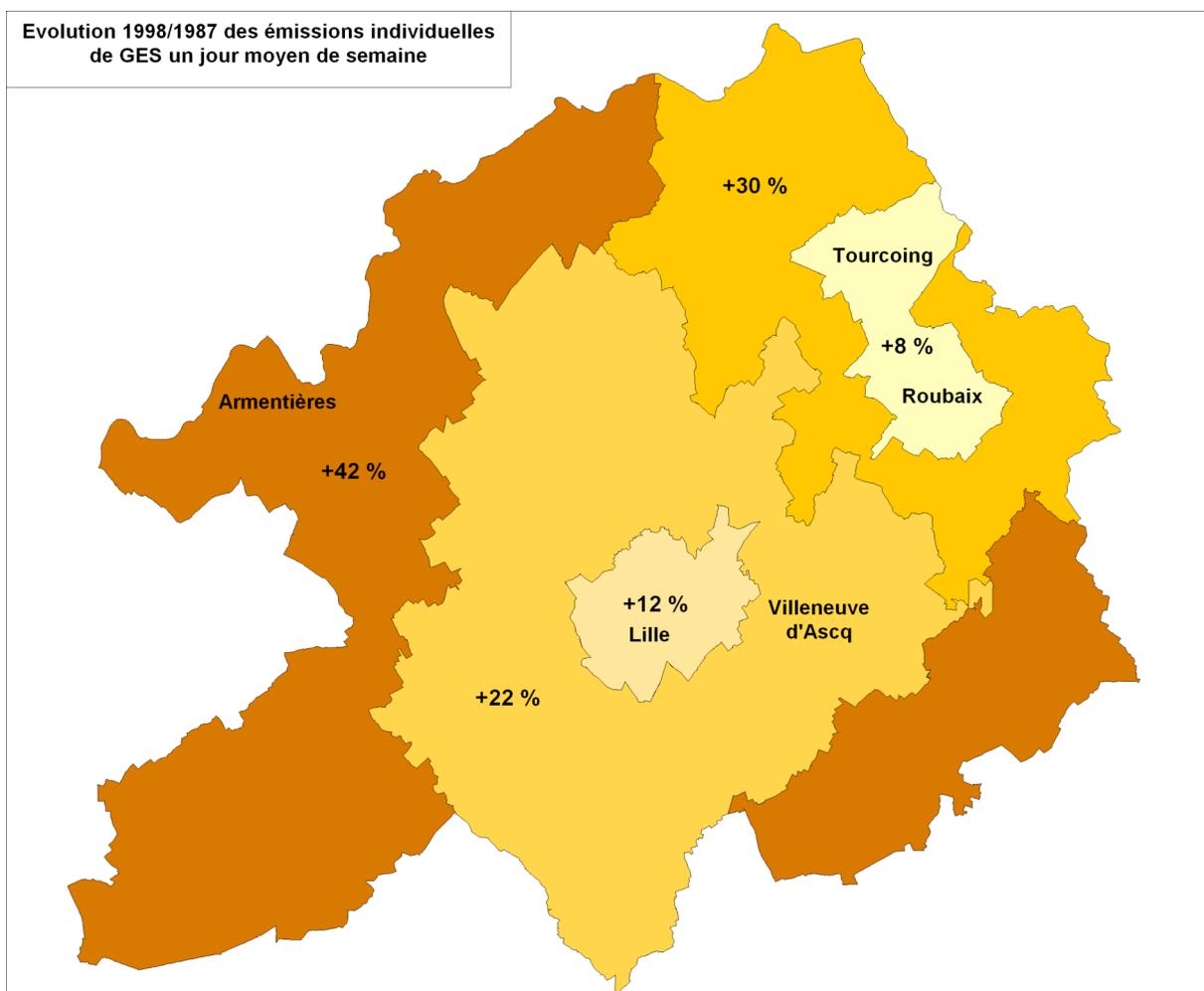


Figure 55 : évolution 1987-1998 des émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1987 et 1998

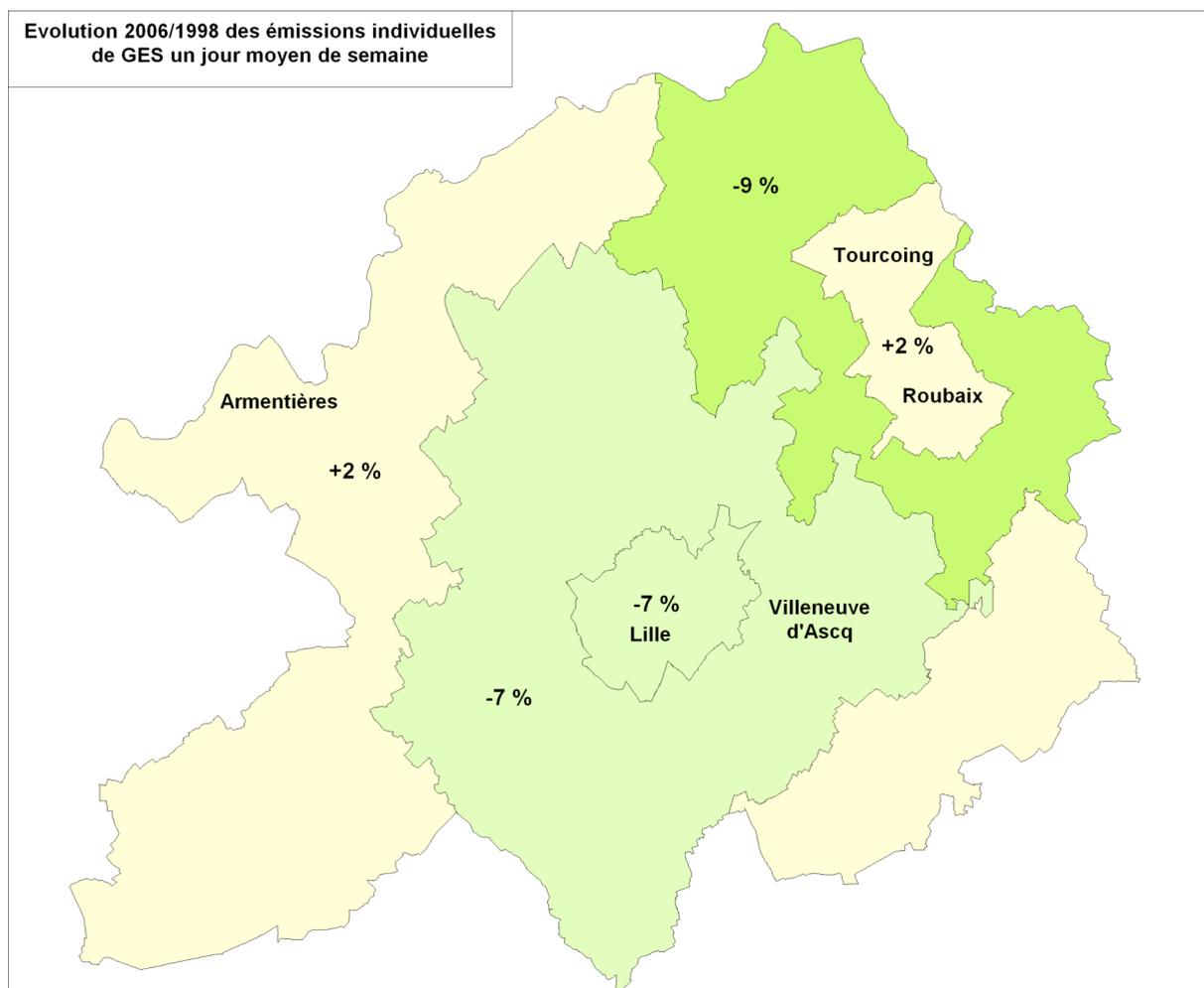


Figure 56 : évolution 1998-2006 des émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1998 et 2006

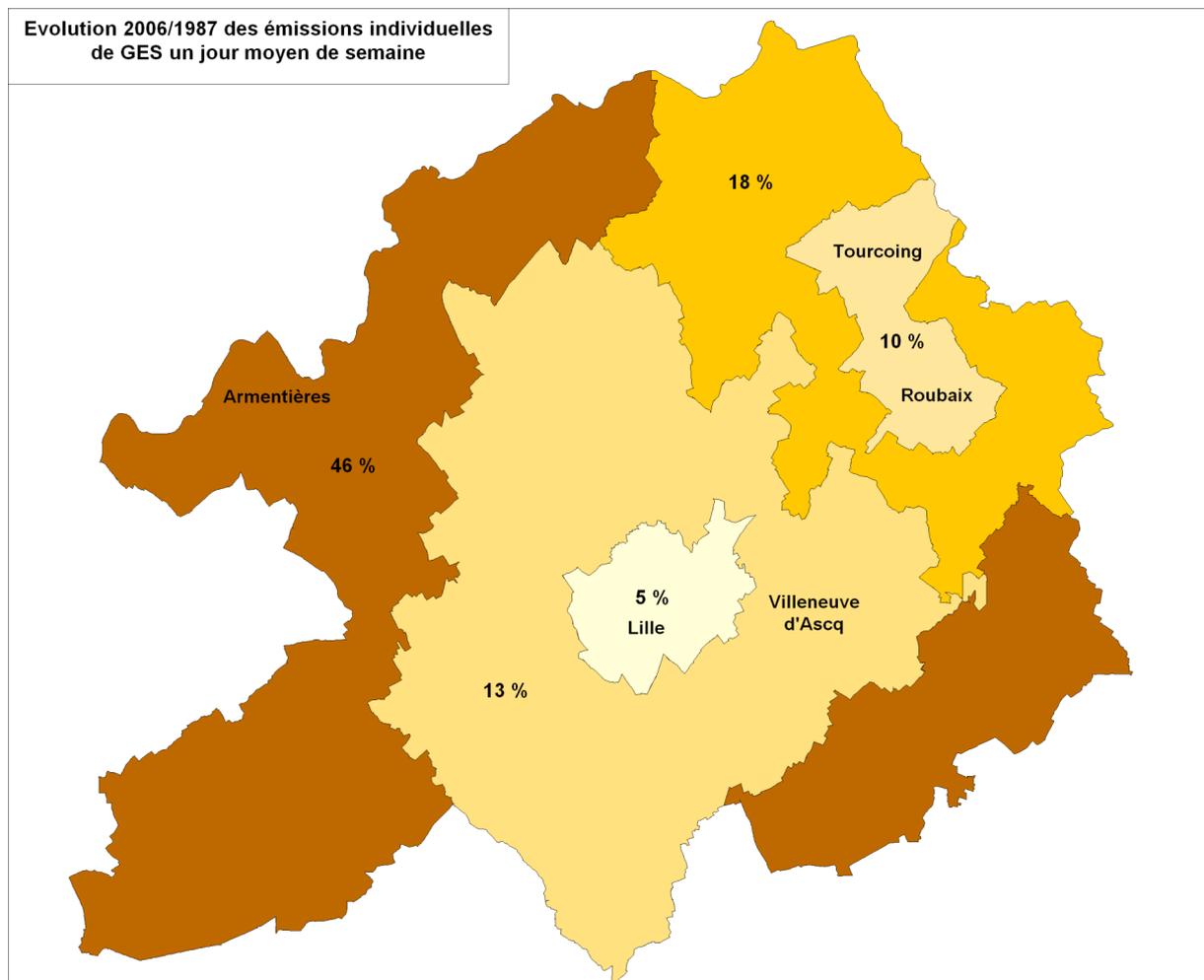


Figure 57 : évolution 1987-2006 des émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence

Source : estimations CETE-INRETS, logiciel DEED sur EMD 1987 et 2006

Liste des acronymes

ACEA : Association des Constructeurs Européens d'Automobiles
ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AEE : Agence pour les économies d'énergie
AFME : Agence Française de la Maîtrise de l'Energie
ANRED : Agence nationale pour la récupération des déchets
AQA : Agence pour la qualité de l'air
ARS : anti-récession de soupapes
AUTH : Aristotle University of Thessaloniki
BEED : Budget énergie environnement des déplacements
BET : Budget énergie transport
CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
CD : compact disc
CEREN : Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie (GIE)
CETE : Centre d'études techniques de l'Équipement
CETE NP : CETE Nord-Picardie
CH₄ : méthane
CIRED : Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (UMR 8568)
CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution atmosphérique
CO : monoxyde de carbone
CO₂ : dioxyde de carbone
Conso : consommation (d'énergie, de carburant)
COV : composés organiques volatiles
COPERT : Computer programme to calculate emissions from road transport
CRF : Common reporting format (CCNUCC)
DEM : Diagnostic environnemental de la mobilité (bilan environnemental global des transports)
DEED : Diagnostic énergie environnement des déplacements
DEST : Département d'économie et de sociologie des transports
DG VII : Direction Générale VII en charge de la politique communautaire en matière de transports
DTU : Danmarks Tekniske Universitet
EEAT : environment energy assessment of trips (en anglais pour DEED)
EMD : Enquête ménages déplacements
EqCO₂, Eq-CO₂ : équivalent CO₂
Ethel : Energie-Transport-Habitat-Environnement-Localisations, projet de recherche national
g, G : gramme
g/km : gramme par kilomètre
gep, Gep : gramme-équivalent-pétrole
gep/km : gramme-équivalent-pétrole par kilomètre
GES : gaz à effet de serre
GIE : Groupement d'intérêt économique
GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (en anglais IPCC)
GRRT : pôle de recherche sur les transports du Nord-Pas-de-Calais
HC : hydrocarbures
IM-Trans : bureau d'études
INRETS : Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité
IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change
IPPC : Integrated pollution prevention and control
IRT : Institut de recherche sur les transports, ancêtre de l'INRETS
ITTG : Innovation technologique dans les transports guidés
km, Km : kilomètre
LAURE : Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie
LET : Laboratoire d'économie des transports, UMR Université Lyon 2 – ENTPE (UMR 5593)
LMCU : Lille Métropole Communauté Urbaine
LTMU : Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines (ancienne UMR 7136)
MEDDATT : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire
MEET : Methodologies to Estimate Emissions from Transport, projet européen

MIES : Mission Interministérielle de l'Effet de Serre
N₂O : protoxyde d'azote
NO_x : oxydes d'azote
OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques
PDU : Plan de déplacements urbain
PFI-EEST : Plateforme intégratrice « Energie Effet de Serre et Transports, à l'INRETS
PL : poids lourd
PM : particules
PNLCC : Plan national de lutte contre le changement climatique
PRQA : Plan régional de la qualité de l'air
PS : particules
PTAC : Poids total autorisé en charge
TER : train express régional
TGV : train à grande vitesse
TILT : Technological Innovations for Land Transportation, colloque des 20 ans u GRRT
TNS-Sofres : Taylor Nelson Sofres, Société française d'études par sondages
TRL : Transport Research Laboratory, UK.
TRM : transport routier de marchandises (enquête)
TÜV : Rheinland Group
UE : Union Européenne
UTCF : Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt
v*k, veh*km : véhicule * kilomètre
Voy*k, voy*km : voyageur * kilomètre
VP : voiture particulière, véhicule particulier
VUL : véhicule utilitaire léger

Références bibliographiques

- ADEME, IM-Trans, INRETS (2002) « *Logiciel DEED : Diagnostic Energie Environnement des Déplacements, Présentation et analyse fonctionnelle du logiciel* », réalisée par l'ADEME avec le concours de l'INRETS et d'IM Trans. Voir aussi <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=13711>
- ADEME (2006) « Étude sur le niveau de consommation de carburant des unités fluviales françaises », Etude réalisé par TL§ Associés, Janvier 2006.
- ADEME (2008) « Efficacités énergétique et environnementale des modes de transport, Synthèse publique », Étude réalisé pour le compte de l'ADEME par DELOITTE, Coordination technique Eric Vidalenc, Janvier 2008.
- Baruch J.O. (2008) « *L'atmosphère en 8 questions* », en collaboration avec Planton S. (Météo-France) et Marty B. (Centre de recherches pétrographiques et géochimiques de Nancy), Les dossiers de la Recherche, n° 31, mai.
- Beauvais J.M. (2007) « *Prix des carburants : évolution 1970-2005* », Conférence de presse de la FNAUT du 11 mai 2007.
- Beauvais J.M. et E.T.I.c.S. (2008) « *Signal-prix et arbitrages de court, moyen et long termes* », Rapport final ADEME-PREDIT, 3 septembre.
- CERTU (1998) « *L'enquête ménages déplacements "Méthode standard"* », guide méthodologique.
- CERTU (2008) « *L'enquête ménages déplacements "Méthode standard"* », nouveau guide, mai.
- CITEPA (2007), « *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques* », Rapport national d'inventaire et Synthèse CCNUCC/CRF, MEDDATT-CITEPA, actualisé en décembre 2007 pour CCNUCC.
- Dyson F. (2007) « *The Scientist as Rebel* », New York Review books Collection.
- ENERDATA (2002) « Efficacité énergétique des modes de transports », Etude réalisé pour le Ministère du développement durable-MEEDAAT.
- EXPLICIT-ADEME (2000) « Evaluations des efficacités énergétiques et environnementales des modes de transports ».
- EXPLICIT-ADEME (2002) « Actualisation des efficacités énergétiques et environnementales des modes de transports », Étude réalisée par le cabinet d'études EXPLICIT pour l'ADEME régionale de Picardie décembre 2002.
- EXPLICIT (2008) « Etude du bilan énergétique et des émissions polluantes dues aux transports en Aquitaine, Année de référence 2005 », Etude réalisée pour le compte de la DRE Aquitaine, Décembre 2008.
- Gallez C. et Hivert L. (1995) « *Qui pollue où ? Analyses de terrain des consommations d'énergie et des émissions polluantes de la mobilité urbaine* », article dans la revue Transports Urbains, pp. 15-23, N° 89 octobre-décembre 1995.
- Gallez C. (1996) « *Budgets Energie-Environnement des Déplacements (BEED) dans l'arrondissement de Lille* », Rapport de Convention ADEME/INRETS N° 690-9306-RB, août 1996.
- Gallez C., Hivert L. et Polacchini A.R. (1997) « *Environment energy budget of trips (EEBT) : a new approach to assess the environmental impacts of urban mobility* », Communication au 4e Colloque international « Transport et pollution de l'air », Avignon, 9-13 juin 1997, 8 pages, pp 326-334 des actes publiés dans « *International Journal of Vehicle Design, The Journal of Vehicle Engineering and Components* », Volume 20, Nos. 1-4, 1998, Inderscience Enterprises Ltd, GB, ISSN 0143-3369.
- Gallez C. et Hivert L. (1998) « *BEED : mode d'emploi, Synthèse méthodologique pour les études « budget-énergie-environnement des déplacements* », Rapport de convention ADEME-INRETS n° 690-9306-RB, 85 pages.
- GIEC (2007) « *Bilan 2007 des changements climatiques.* » Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~). GIEC, Genève, Suisse, 103 pages.
- Hivert L. et Morcheoine A. (1998) « *Habiter au vert et polluer les citoyens : un essai d'évaluation* », article de la Revue Transports N°388, mars-avril 1998, pp. 98-107.
- Hivert L., Madre J.-L., Papon F. et Rizet C. (2005), dossier « *hausse du prix du pétrole, quels impacts sur les comportements ?* », Axes Numéro 11, lettre mensuelle de l'INRETS, 3 pages, novembre, <http://www.inrets.fr/infos/lettre/pdf/Axes11.pdf>.
- Hivert L., Lecouvey F., Madre J.L., Bourriot F. (2006) *Bilan gaz à effet de serre de l'étalement urbain*, Rapport en cotraitance CEREN-INRETS sur convention pour MEDAD/DAEI/SESP, INRETS, Arcueil.
- Hivert L. (2007) « *A trans-sectoral approach to estimate the incidence of urban sprawl on the greenhouse effect : transport and housing CO2 emissions analysed by residential location for households living in*

- French large urban areas* », Communication to the 11th WCTR 2007 – June 24-28, University of California, Berkeley, USA, 28 juin, 24 pages.
- Hivert L. (2007) « *Hausse du prix des carburants : quels impacts sur les comportements* », Fiche d'actualité scientifique (FAS), Contribution de l'Inrets au Grenelle de l'Environnement, novembre, <http://www.inrets.fr/infos/grenelle-envt/fas/Axe3-3.pdf>
- Hugrel C., Joumard R. (2004) « Transport routier - Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025 », Rapport de convention pour l'ADEME N° 01 03 035, Rapport INRETS-LTE N° 0420. (et tableur « transport routier, parc et facteurs agrégés d'émission des véhicules en France de 1970 à 2025 »).
- INRETS, AUTH, TRL, TÜV, DTU (1999) MEET, « *Methodology for calculating transport emissions and energy consumption* », European Communities, DG VII, Luxembourg, rapport commun, 362 p.
- IRT, CETUR, STU (1984) « *Maîtriser l'espace et l'énergie* », STU Paris.
- IMTrans (2003) « *Mission d'assistance à la Maîtrise d'Ouvrage ADEME/IMTrans pour le développement du logiciel DEED : Diagnostic Energie Environnement Transport* », Rapport final pour l'ADEME, septembre.
- Kemel E. (2008) « *Influence de la hausse récente des prix des carburants sur la consommation automobile des ménages, analyse portant sur la France entière sur la période 1999-2006* », Mémoire de TFE ENTPE puis Master Transports-Espace-Réseaux, Université Lyon 2, (encadré par Hivert L.), septembre, 124 pages.
- LMCU (2006) « *Enquête sur les déplacements des habitants de Lille Métropole, EMD 2006* », plaquette de Premiers résultats au 13 Novembre 2006, Aménagement et Cadre de vie, Déplacements Urbains et Qualité des Espaces Publics.
- LMCU (2008) « *Enquête déplacements 2006, Territoire Lille Métropole, résumé* », plaquette de Novembre 2008, Aménagement & cadre de vie.
- Newman P., Kenworthy J. (1989) « *Cities and automobile dependence : an international sourcebook* », Gower Technical, Aldershot, Royaume-Uni.
- Newman P., Kenworthy J.R. (1999) « *Sustainability and cities : overcoming automobile dependence* », Island Press, Washington D.C.
- Noppe J., Quéteillard B., Hivert L. (2003) *Diagnostic énergie environnement des déplacements (environment energy budget of trips) sur l'agglomération Lilloise*, Communication au colloque TILT, 20^e anniversaire du GRRT, Lille, décembre 2003, 13 pages.
- Orfeuil J.P. (1984) « *Les budgets énergie Transport : un concept, une pratique, des résultats* », Recherche Transports Sécurité (RTS, revue de l'INRETS), n° 2, pp. 23-29, Inrets.
- Pillot D., Philipps-Bertin C. et Hugrel C., Dir. (2004) « *Projet de Plate-forme intégratrice : Effet de serre et transport, proposition et évaluation des moyens de réduction* », document INRETS à destination de la Direction Scientifique, mai 2004.
- Quéteillard B. (2002) « *Diagnostic Énergie-Environnement des Déplacements dans l'arrondissement de Lille* », document provisoire, CETE Nord-Picardie pour Lille Métropole Communauté Urbaine, Région Nord-Pas de Calais, ADEME, septembre 2002.
- Van Dan Vender K., Crist P. (2008) "Policy Instruments to limit negative environmental impacts from increased international transport-an economic perspective", Working Paper from JCMT for OECD and ITF, contribution to the Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World, Guadalajara, Mexico, 2008 (10-12 November).

Liste des figures

Figure 1 : carte de Lille Métropole Communauté Urbaine (LMCU)	8
Figure 2 : périmètre de la communauté urbaine de Lille et de l'arrondissement de Lille	9
Figure 3 : évolution de la mobilité tous modes de 1965 à 2006.....	11
Figure 4 : évolution des mobilités entre les trois dernières enquêtes	12
Figure 5 : évolution des parts modales entre les trois dernières enquêtes	12
Figure 6 : l'étiquette énergie/CO ₂	15
Figure 7 : évolution du prix des carburants.....	16
Figure 8 : composition des gaz de l'atmosphère	22
Figure 9 : poids des secteurs d'activité dans le bilan carbone de LMCU	26
Figure 10 : cycle LTO (atterrissage, décollage).....	48
Figure 11 : évolution 1998-2006 des émissions et consommations	53
Figure 12 : répartition et évolution des émissions de GES Tous trafics.....	54
Figure 13 : émissions de GES selon le type de trafic - voyageurs	55
Figure 14 : répartition et évolution des émissions de GES du transport de voyageurs	55
Figure 15 : répartition et évolution des émissions de GES du transport de marchandises	56
Figure 16 : émissions de GES par voyageur*km en 2006 selon le mode.....	64
Figure 17 : émissions de COV par voyageur*km selon le mode de transport en 2006.....	65
Figure 18 : évolution (1987-2006) des consommations et émissions de GES par déplacement	67
Figure 19 : évolution (1987-2006) des consommations et émissions de CO, NOx et COV par déplacement	67
Figure 20 : évolution (1987-2006) des émissions de particules par déplacement.....	68
Figure 21 : part de la voiture dans le bilan de la mobilité interne des résidents.	68
Figure 22 : poids des transports collectifs dans les émissions de GES en 2006	70
Figure 23 : poids des modes doux dans les émissions de GES en 2006.....	70
Figure 24 : poids des deux-roues motorisés dans les émissions de COV en 2006.....	71
Figure 25 : poids des motifs dans les émissions en 2006.....	72
Figure 26 : répartition horaire des émissions de GES et de NOx en 2006	73
Figure 27 : consommations unitaires des voitures par tranche de distance	75
Figure 28 : émissions individuelles de GES selon la taille du ménage en 1998 et 2006.....	79
Figure 29 : émissions de GES selon la position dans le cycle de vie en 1998 et 2006.....	82
Figure 30 : émissions de GES selon la position dans le cycle de vie en 2006.....	83
Figure 31 : évolution des budgets individuels quotidiens des consommations et émissions selon la PCS.....	85
Figure 32 : émissions individuelles quotidiennes de GES selon le niveau d'études.....	86
Figure 33 : émissions individuelles quotidiennes de GES selon les revenus du ménage.....	88
Figure 34 : émissions individuelles de GES selon la distance entre le domicile et le lieu de travail.....	93
Figure 35 : densité de population par secteur de l'ED 2006	95
Figure 36 : émissions individuelles de GES selon la zone de résidence	96
Figure 37 : émissions individuelles de GES selon la densité du secteur	97
Figure 38 : émissions individuelles de GES selon la classe de densité du secteur de résidence	97
Figure 39 : budgets individuels d'émissions de GES : zones « moins » et zones « plus ».....	98
Figure 40 : émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence en 2006.....	101
Figure 41 : évolution 1987-2006 des émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence	102

Figure 42 : objectifs de répartition des déplacements par classe de longueur	104
Figure 43 : objectifs de répartition modale par classe de distance	105
Figure 44 : les objectifs de mobilité urbaine à horizon 2020 : Synthèse	105
Figure 45 : évolutions des consommations et émissions rapportées à une base 100 en 1987.	108
Figure 46 : perspectives d'évolution des émissions de GES	111
Figure 47 : évolutions des gaz à effet de serre à partir des données des carottes de glace et de mesures récentes	123
Figure 48 : variations de la température et du niveau de la mer à l'échelle du globe et de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord.....	124
Figure 49 : émissions mondiales de gaz à effet de serre anthropiques.....	125
Figure 50 : émissions de GES sur le territoire LMCU et hors territoire LMCU.....	126
Figure 51 : découpage en secteurs utilisés pour l'ED 2006	127
Figure 52 : émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence en 1987.....	135
Figure 53 : émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence en 1998.....	136
Figure 54 : émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence en 2006.....	137
Figure 55 : évolution 1987-1998 des émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence	138
Figure 56 : évolution 1998-2006 des émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence	139
Figure 57 : évolution 1987-2006 des émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence	140

Liste des tableaux

Tableau 1 : évolution des normes « Euro ».....	14
Tableau 2 : comparaison du parc automobile des ménages	18
Tableau 3 : comparaison du parc des ménages dans les deux sources statistiques :	20
Tableau 4 : poids des GES présents dans l’atmosphère.....	23
Tableau 5 : contribution des types de sources aux émissions de GES.....	25
Tableau 6 : sources de données mobilisées.....	40
Tableau 7 : trains*kilomètres (voyageurs) réalisés dans LMCU (JMA et JMO).....	42
Tableau 8 : mouvements de marchandises internes LMCU par grands secteurs	44
Tableau 9 : coefficients de passage des facteurs d’émission (interne, échange, transit).....	47
Tableau 10 : facteurs d’émission par type de trafic.....	47
Tableau 11 : facteur d’émission des trains.....	47
Tableau 12 : table de correspondance des nomenclatures de type de véhicules de transport de marchandises routiers.....	49
Tableau 13 : table de correspondance type de trafic – type de réseaux.....	50
Tableau 14 : facteurs d’émissions des véhicules de transport routier de marchandises.....	50
Tableau 15 : facteurs d’émissions et de consommation unitaires par type de train	51
Tableau 16 : consommations et émission journalières en 1998 et 2006.....	53
Tableau 17 : émissions journalières de GES voyageurs et marchandises.....	54
Tableau 18 : émissions de GES selon le type de trafic- marchandises.....	56
Tableau 19 : émissions et consommation du trafic aérien	57
Tableau 20 : part du trafic aérien dans les émissions et consommation.....	58
Tableau 21 : DEED LMCU : le diagnostic territorial de la mobilité interne des résidents	60
Tableau 22 : taux d’occupation des voitures.....	62
Tableau 23 : consommation et émissions par déplacement en 2006	63
Tableau 24 : consommation et émissions par kilomètre selon le mode en 2006	63
Tableau 25 : écart 2006 entre les modes « voiture conducteur » et « transports collectifs »... 64	64
Tableau 26 : consommations et émissions par déplacement en 1987, 1998 et 2006.....	66
Tableau 27 : consommations et émissions par déplacement en 2006.....	69
Tableau 28 : consommations et émissions des déplacements en voiture conducteur selon la classe de distance	74
Tableau 29 : budgets individuels moyens pour la mobilité interne des résidents	76
Tableau 30 : émissions de GES par ménage selon leur type en 2006	78
Tableau 31 : : émissions individuelles de GES selon la taille du ménage en 1998 et 2006	79
Tableau 32 : consommations et émissions individuelles selon la motorisation du ménage en 2006.....	80
Tableau 33 : consommations et émissions individuelles selon l’âge en 2006.....	81
Tableau 34 : consommations et émissions individuelles selon le sexe en 2006	81
Tableau 35 : émissions de GES selon la position dans le cycle de vie en 1998 et 2006	82
Tableau 36 : évolution du budget individuel quotidien d’émission de GES selon la PCS.....	83
Tableau 37 : budget individuel quotidien des consommations et émissions selon la PCS.....	84
Tableau 38 : budgets individuels quotidiens des consommations et émissions selon la PCS et la motorisation du ménage.....	85
Tableau 39 : budgets individuels quotidiens des consommations et émissions selon la PCS et le lieu de résidence.....	86
Tableau 40 : évolution des émissions individuelles quotidiens de GES selon le niveau d’études.....	87

Tableau 41 : émissions individuelles quotidiens de GES selon le niveau d'études (personnes de 30 à 50 ans)	87
Tableau 42 : évolution 1998-2006 des émissions individuelles quotidiennes de GES selon les revenus du ménage.....	88
Tableau 43 : répartition de la population selon les classes de revenus.....	89
Tableau 44 : émissions et consommations individuelles quotidiennes selon le revenu	89
Tableau 45 : émissions de GES des actifs comparés à la moyenne selon le revenu	90
Tableau 46 : émissions de GES selon le type de liaison.....	91
Tableau 47 : émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence et le lieu de travail..	94
Tableau 48 : budgets individuels d'émissions de GES : zones « moins » et zones « plus » ...	99
Tableau 49 : consommations et émissions individuelles selon le lieu de résidence.....	100
Tableau 50 : évolution 1998-2006 des émissions individuelles de GES selon le lieu de résidence	100
Tableau 51 : impact en volume des objectifs de mobilité 2020 sur les consommations et émissions	107
Tableau 52 : impact en évolution des objectifs de mobilité 2020 sur les consommations et émissions	108
Tableau 53 : évolutions des émissions de GES selon différents scenarii	111
Tableau 54 : cycle du carbone.....	120
Tableau 55 : résultats généraux (budgets totaux) du DEED	128
Tableau 56 : résultats généraux (budgets kilométriques) du DEED.....	128
Tableau 57 : résultats généraux (budgets par déplacement) du DEED	128
Tableau 58 : part de chaque mode dans le bilan global 1987	129
Tableau 59 : part de chaque mode dans le bilan global 1998	129
Tableau 60 : part de chaque mode dans le bilan global 2006	129
Tableau 61 : émissions kilométriques selon le mode de transport en 2006.....	129
Tableau 62 : mobilités individuelles, budgets distances, consommations et émissions de GES et polluants 1987, 1998 et 2006.....	130
Tableau 63: consommation et émissions par déplacement et par kilomètre parcouru selon le mode de transport détaillé	131
Tableau 64 : variables explicatives (socio-démographie : 1/3).....	132
Tableau 65 : variables explicatives (socio-démographie : 2/3).....	133
Tableau 66 : variables explicatives (socio-démographie : 3/3).....	134