



HAL
open science

Analyse et modélisation des comportements transports-habitat-localisations. **ETHEL. Rapport R3**

Charles Raux, Jean-Pierre Traisnel, Pascal Pochet, Mindjid Maïzia, Yves Croissant, Vincent Bagard, Pierre-Yves Péguy

► To cite this version:

Charles Raux, Jean-Pierre Traisnel, Pascal Pochet, Mindjid Maïzia, Yves Croissant, et al.. Analyse et modélisation des comportements transports-habitat-localisations. **ETHEL. Rapport R3**. 2006. halshs-00958585

HAL Id: halshs-00958585

<https://shs.hal.science/halshs-00958585v1>

Submitted on 12 Mar 2014

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.



ACTION CONCERTÉE ENERGIE – 2003



CNRS – Ministère de la Recherche



ETHEL

ENERGIE TRANSPORT HABITAT ENVIRONNEMENT LOCALISATIONS

Rapport R3

Analyse et modélisation des comportements transports-habitat-localisations

[version 1]

Septembre 2006

Partenaires du Projet		
Coordinateur	Laboratoire d'Economie des Transports, UMR 5593	Lyon
Autres Partenaires :	Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines, UMR AUS 7136	Champs sur Marne
	Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement UMR N° 8568	Nogent-sur-Marne

Ce document devrait être référencé de la manière suivante :

Charles RAUX, Jean-Pierre TRAISNEL, Pascal POCHET, Mindjid MAIZIA, Yves CROISSANT, Vincent BAGARD, Pierre-Yves PEGUY (2006) *Analyse et modélisation des comportements transports-habitat-localisations*. ETHEL. Rapport R3. Action Concertée CNRS – Ministère de la Recherche. LET, Lyon.

Le chapitre 1 (Modélisation du parc de logements et des usages énergétiques) a été rédigé par Jean-Pierre TRAISNEL et Mindjid MAIZIA (LTMU). Le chapitre 2 (Modélisation des comportements de déplacements) a été rédigé par Pascal POCHET, Charles RAUX, Vincent BAGARD et Yves CROISSANT (LET). Le chapitre 3 (Modèle de densités communales) a été rédigé par Charles RAUX et Pierre-Yves PEGUY. Le tout a été coordonné par Charles RAUX.

Contacts

M. Charles RAUX (coordinateur du projet)	
Laboratoire : Laboratoire d'Economie des Transports (LET)	
ISH, 14 avenue Berthelot, 69363 LYON CEDEX 07	
email : charles.raux@let.ish-lyon.cnrs.fr	
Tél : 04 72 72 64 54	Fax : 04 72 72 64 48

M. Jean-Pierre TRAISNEL	
Laboratoire : LTMU, Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines, UMR AUS 7136	
Institut français d'urbanisme, 4 rue Nobel, Cité Descartes, 77420 Champs sur Marne	
email : Jean-Pierre.Traisnel@univ-paris8.fr	
Tél : 01 64 68 91 91	Fax : 01 64 68 96 87

Sommaire

Introduction	1
1 Modélisation du parc de logements et de ses usages énergétiques	4
1.1 Le modèle de parc de logements	4
1.2 Les usages énergétiques du secteur résidentiel.....	21
2 Modélisation des comportements de déplacements	36
2.1 La mobilité locale : une typologie explicative pour la prospective	38
2.2 Le modèle de mobilité avion.....	100
3 Le modèle de densités communales	117
3.1 Le modèle standard de l'économie urbaine	117
3.2 Recherche du modèle de densité	119
3.3 Le modèle prospectif	122
Références	123
Annexes.....	127

Liste des abréviations, acronymes utilisés :

CCFA Comité des Constructeurs Français d'Automobile

CCC Chauffage Central Collectif

CCI Chauffage Central Individuel

CCTN Commission des Comptes Transport de la Nation

CEREN Centre d'Etudes et de Recherches Economiques sur l'Energie

CPDP Comité Professionnel Du Pétrole

CSTB Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

CITEPA Centre Interprofessionnel technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique

CMS Combustibles Minéraux Solides

ECS Eau Chaude Sanitaire

ETC Enquête Transport Communication

ES Electricité Spécifique

IC : immeuble collectif

INESTENE Institut d'Evaluation des Stratégies sur l'Energie et l'Environnement en Europe

MI : maison individuelle

TRM Transport Routier de Marchandises

VUL Véhicules Utilitaires Légers

Liste des unités utilisées

Mtep Millions de tep

TWh Tera Watt heure (10^{12} Wh)

Liste des figures

Figure 1 : Architecture d'ensemble	2
Figure 2 : Projection de population et du nombre de ménages, en millions.	5
Figure 3 : Taux de croissance annuels de la population et du nombre de ménages.	5
Figure 4 : Surface moyenne des logements par type et selon la période de construction en 1999	6
Figure 5 : Diminution de la taille des ménages à l'horizon 2030	7
Figure 6 : Evolution des surfaces moyennes par personne, en moyenne du parc et selon le type de logement (MI et IC).....	8
Figure 7 : Croisement des données de population, des surfaces moyennes (du logement et par personne) et de la surface totale du parc de RP.....	8
Figure 8 : Projection des surfaces habitables en moyenne du parc, dans les maisons individuelles et les immeubles collectifs.....	9
Figure 9 : Projection tendancielle de la surface d'un logement moyen.	9
Figure 10 : Surface des logements MI et IC selon la période de construction.....	10
Figure 11 : Part de la MI dans la construction neuve : en nombre de logements, en population et en surface de parc.	11
Figure 12 : Les mouvements dans le parc de logements, procédure simplifiée.....	12
Figure 13 : Evolution du rapport (nombre de logements vacants / effectifs de RP).....	12
Figure 14 : Nombre de logements vacants / effectifs de RP en 1999 par région.	13
Figure 15 : Effectifs de résidences principales selon le type et l'époque de construction.....	14
Figure 16 : Structure principale du modèle prospectif du parc de résidences principales.....	15
Figure 17 : Dynamique de la construction neuve, pour une unité de population donnée (commune, département, région).	16
Figure 18 : Prospective des mouvements dans le parc (2005-2030), en nombre de logements.	18
Figure 19 : Evolution des surfaces cumulées de logement neufs, selon trois hypothèses de répartition de la population du neuf en MI : 15%, 50% et 85%.....	18
Figure 20 : Evolution du parc final et de ses deux composantes (neuf « post 2002 » et stock) pour un taux de MI de 70% de la population dans le neuf.....	19
Figure 21 : Densité de population, en nombre d'habitants au km ² de surface artificialisée, en fonction du taux de MI (entre 0 et 1).	20
Figure 22 : Taux de MI en fonction de la densité de population, en nombre d'habitants au km ² de surface communale.....	21
Figure 23 : Schéma de calculs simplifié des consommations de chauffage.....	24
Figure 24 : Répartition de la population selon le type de logement et l'énergie de production de l'ECS (en milliers de personnes).....	25

Figure 25 : Couplage du modèle de parc et du calcul des consommations d'énergie de chauffage.....	26
Figure 26 : Besoins énergétiques unitaires pour trois scénarios d'action sur le parc existant, selon le taux de vétusté des logements réhabilités, le gain unitaire en réduction des besoins de chauffage, le taux de réhabilitation, en % d'unités par an.....	28
Figure 27 : Procédure d'estimation des consommations unitaires d'énergie pour la production d'ECS.....	29
Figure 28 : Evolution tendancielle de la population sans confort.....	31
Figure 29 : Comparaison des évolutions des besoins unitaires d'énergie pour la production d'ECS.....	32
Figure 30 : Cumul des hypothèses de maîtrise des besoins unitaires à l'horizon 2050.....	33
Figure 31 : Principe de calcul des consommations totales ECS dans l'optique du facteur 4 en 2050.....	34
Figure 32 : Structure du modèle de calcul ECS des consommations d'énergie et des émissions de CO2.....	35
Figure 33 : Distances parcourues selon l'âge, en semaine et le week-end.....	41
Figure 34 : Distances parcourues selon la densité de la commune de résidence, en semaine et le week-end.....	41
Figure 35 : Distances parcourues selon l'équipement en voiture, en semaine et le week-end.....	42
Figure 36 : Distances parcourues selon la population de l'aire urbaine, en semaine et le week-end.....	42
Figure 37 : Distances parcourues selon le revenu par unité de consommation, en semaine et le week-end.....	43
Figure 38 : Proportion d'utilisateurs de la marche, et leurs distances parcourues à pied en semaine, selon l'âge.....	44
Figure 39 : Proportion d'utilisateurs de la marche et leurs distances parcourues à pied en semaine, selon la densité de la commune de résidence.....	44
Figure 40 : Proportion d'utilisateurs TC et leurs distances parcourues en transports collectifs en semaine, selon l'âge.....	45
Figure 41 : Proportion d'utilisateurs TC et leurs distances parcourues en transports collectifs en semaine, selon la densité de la commune de résidence.....	46
Figure 42 : Proportion d'utilisateurs TC et leurs distances parcourues en transports collectifs en semaine selon la population de l'aire urbaine.....	46
Figure 43 : Proportion d'utilisateurs TC et leurs distances parcourues en transports collectifs en semaine selon l'équipement en voiture.....	47
Figure 44 : Proportion d'utilisateurs VP passager et leurs distances parcourues en tant que passager, en semaine, selon l'âge.....	47
Figure 45 : Proportion d'utilisateurs VP passager et leurs distances en tant que passager en semaine, selon l'équipement en voiture.....	48
Figure 46 : Proportion d'utilisateurs VP passager et leurs distances parcourues en voiture particulière en semaine selon la densité de la commune de résidence.....	48

Figure 47 : Croisement des distances en semaine entre marche à pied et voiture particulière	49
Figure 48 : Distribution de la distance totale parcourue en mobilité locale.....	50
Figure 49 : Equipement en voiture et densité de la commune de résidence	56
Figure 50 : Premier niveau de décomposition de la population des retraités.....	91
Figure 51 : Evolution de la structure démographique française (1990 – 1999) et projection de population (1999 - 2050).....	95
Figure 52 : Evolution du taux d'accès au permis selon les cohortes, entre 1982 et 1994.....	98
Figure 53 : Evolution du % de détenteurs du permis appartenant à un ménage motorisé, selon les cohortes, entre 1982 et 1994	98
Figure 54 : Evolution de l'indice des prix des vols intra-européens et internationaux	105
Figure 55 : Nombre de voyages annuels en avion en fonction du revenu	112
Figure 56 : Nombre de voyages en avion en fonction de l'âge.....	113

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des résidences principales selon le degré de peuplement.....	7
Tableau 2 : Proportion de maisons individuelles et surface moyenne des logements selon l'époque de construction et le type d'habitat	10
Tableau 3 : Evolution de la répartition des effectifs de résidences principales, en France, selon les dates de construction.....	17
Tableau 4 : Etude de sensibilité du modèle aux hypothèses de répartition MI/IC pour la construction neuve, valeurs cumulées en 2030, en millions de m2.	19
Tableau 5 : Evolution de la consommation d'énergie finale par usage (Unité : million de tep)	22
Tableau 6 : Evolution des consommations d'énergie de chauffage (1990-2001)	22
Tableau 7 : Evolution des consommations d'énergie pour la production d'ECS	23
Tableau 8 : Variables retenues et leurs modalités	23
Tableau 9 : Mix énergétique français pour l'eau chaude sanitaire des logements	24
Tableau 10 : Evolution des rendements totaux de chauffage pour différentes énergies (Maison individuelle)	27
Tableau 11 : Evolution des rendements totaux de chauffage pour différentes énergies (Immeuble collectif).....	27
Tableau 12 : Estimation des besoins d'énergie (ECS) par personne et par an.....	29
Tableau 13 : Evolution des rendements de production d'ECS pour différentes énergies.....	30
Tableau 14.....	51
Tableau 15.....	52
Tableau 16.....	53
Tableau 17.....	53
Tableau 18.....	54
Tableau 19.....	54
Tableau 20.....	55
Tableau 21.....	55
Tableau 22 : Récapitulation des variables significatives pour les distances parcourues sur 7 jours en 1993-94.....	56
Tableau 23.....	57
Tableau 24.....	57
Tableau 25.....	58
Tableau 26.....	58
Tableau 27.....	59
Tableau 28 : Récapitulation des variables significatives pour les distances parcourues en 1981-82.....	59

Tableau 29 : Corrélations entre variables.....	61
Tableau 30.....	64
Tableau 31.....	65
Tableau 32.....	65
Tableau 33.....	66
Tableau 34.....	66
Tableau 35.....	67
Tableau 36.....	67
Tableau 37.....	68
Tableau 38.....	68
Tableau 39.....	69
Tableau 40 : Liens entre revenu par UC et nombre de voitures chez les actifs, en 1994	70
Tableau 41 : Les trois grandes catégories spatiales retenues	71
Tableau 42 : Intervalles de confiance à 95 % sur les distances moyennes sur 7 jours par les actifs motorisés, selon le découpage en 3 grandes zones*	72
Tableau 43 : Distance tous modes, 7 jours en 1994 (local, en km).....	73
Tableau 44 : Distance parcourue en voiture sur une semaine en 1994 (mobilité locale, en km)	73
Tableau 45 : Distance parcourue en transports collectifs sur une semaine en 1994 (mobilité locale, en km)	73
Tableau 46 : Répartition en % du total des actifs en 1994.....	73
Tableau 47 : Distances moyennes sur 7 jours (redressées) des actifs occupés selon le lieu de résidence en 3 grandes zones, et évolution depuis 1982 (chiffres redressés et %)	74
Tableau 48 : Distances tous modes parcourues en 7 jours des 13 groupes d'actifs de la typologie, en 1982 et 1994	75
Tableau 49 : Distances parcourues en 7 jours selon la typologie détaillée des actifs croisée avec la taille de l'aire urbaine	76
Tableau 50 : Localisation géographique et nombre de voitures par adultes, an 1994 et 1982 (% en ligne pour chaque année).....	80
Tableau 51 : Distance des chômeurs en fraction de la mobilité des actifs de même catégorie, en 1994 (et comparaison des marges avec 1982).....	82
Tableau 52 : Distance des personnes au foyer en fraction de la mobilité des femmes actives de même catégorie, en 1994 (et comparaison des marges avec 1982)	83
Tableau 53 : Distance des étudiants de 18-30 ans en fraction de la mobilité des actifs de 18-30 ans de même catégorie, en 1994.....	83
Tableau 54 : Evolution des situations de motorisation depuis 1982 chez les étudiants, les personnes au chômage ou au foyer*	84
Tableau 55.....	85
Tableau 56.....	86

Tableau 57	86
Tableau 58	87
Tableau 59	87
Tableau 60	88
Tableau 61	88
Tableau 62	88
Tableau 63	89
Tableau 64	90
Tableau 65 : Les distances parcourues par les 15 groupes de retraités	93
Tableau 66 : Population par grand groupe d'âge en 2005, 2020 et 2030, France métropolitaine (effectifs en milliers)	95
Tableau 67 : Lien entre détention personnelle du permis et nombre de voitures à disposition dans le ménage, selon le sexe et l'âge, en 1993-1994 (%)	99
Tableau 68 : Evolution des situations d'accès à la voiture entre 1982 et 1994 chez les retraités selon l'âge	99
Tableau 69 : Liens entre revenu par UC et nombre de voitures chez les retraités de 55 ans et plus (et autres inactifs de plus de 60 ans), en 1994	99
Tableau 70 : Pourcentage d'individus vivant en couple, sans enfants avec le permis et dont le foyer est multi-motorisé, selon l'âge et le lieu de vie, dans l'enquête-ménages de Grenoble 2001	100
Tableau 71: Mouvements commerciaux annuels sur le réseau des aéroports français et frontaliers	104
Tableau 72 : Signes attendus des variables	110
Tableau 73: Spécifications alternatives	110
Tableau 74 : Comparaison des spécifications des modèles	111
Tableau 75 : Comparaison des deux modèles	113
Tableau 76 : Estimation des deux modèles	114
Tableau 77 : Les hypothèses de vitesse	119
Tableau 78 : Modèle de densité pour 1990	121
Tableau 79 : Modèle de densité pour 1982	121
Tableau 80 : Composition et caractéristiques de mobilité des actifs « durcis »	135

Résumé

Le projet ETHEL vise à :

- simuler les conséquences –au plan de la consommation d'énergie et d'émission de GES– d'hypothèses sociétales et technologiques sur l'évolution des modes de vie, des localisations d'activités, des types de logements associés, des offres de transports et des comportements de déplacements associés ;
- en produisant des indicateurs environnementaux, spatiaux, économiques et sociaux ;
- pour situer les enjeux énergétiques, principalement, mais aussi financiers, sociaux et territoriaux de telle ou telle filière technologique (existante ou prospective) ou politique d'aménagement, de réglementation, de tarification, de fiscalité...

En bref, il s'agit de déterminer les marges de manœuvre des pouvoirs publics, les cibles ou les politiques susceptibles d'avoir le meilleur rapport coût-efficacité.

Le champ d'investigation de ce projet est, en matière de transports, limité aux déplacements des personnes mais dans le cadre de leur mobilité annuelle (non limité à la mobilité quotidienne ni à l'urbain) et, en matière d'habitat, principalement consacré à l'exploitation des logements (résidences principales). L'horizon est 2020.

Le projet est organisé selon trois activités :

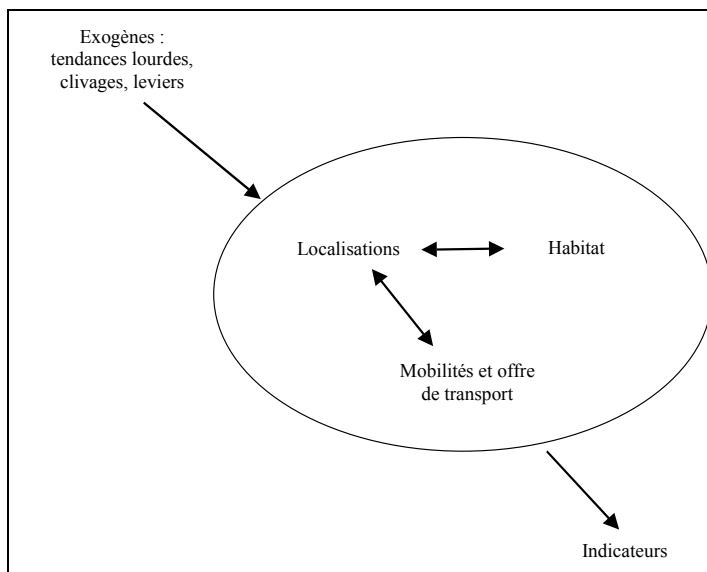
- L'activité A : Etat de l'art de la prospective et bilans énergétiques
 - Tâche A.1 : état de l'art et synthèse en matière de prospective (rapport R1)
 - Tâche A.2 : bilans énergétiques (rapport R2)
- L'activité B : Analyse des comportements transport, habitat, localisations
- L'activité C : Démarche prospective, leviers stratégiques et simulations.

Ce rapport (rapport R3) présente les résultats de la tâche B. Cette activité vise quatre objectifs :

- identifier et modéliser les facteurs principaux d'évolution des comportements en matière de logement et de consommations énergétiques dans ces logements ;
- identifier et modéliser les facteurs principaux d'évolution des comportements en matière de transport, en prenant en compte toutes les mobilités des personnes (locale et longue distance) ;
- identifier et modéliser les déterminants principaux de la densification des tissus urbains (recherche de la centralité et d'une meilleure accessibilité aux services) ;
- articuler entre eux les différents modèles dans le cadre de notre problématique transport-habitat.

Cette articulation est réalisée à travers l'architecture d'ensemble de la modélisation suivante. Le modèle BETEL peut être découpé en grands blocs, en identifiant un bloc « transport » et un bloc « habitat » reliés entre eux par un bloc « localisations » (cf. figure suivante). Dans cette figure, chaque flèche est supposée décrire une relation causale. Une flèche double indique une détermination causale à double sens.

En entrée on trouve les influences des variables exogènes (tendances lourdes, clivages et leviers), en sortie les indicateurs (économie, environnement, social).



Le découpage repose sur des hypothèses de travail qui présupposent que :

- Il n'existe pas de lien direct entre type d'habitat et comportement de mobilité : le comportement de mobilité d'un individu (ou ménage) est avant tout déterminé par le type de localisation, indifféremment du type d'habitat occupé par l'individu dans la localisation.
- Chaque type de localisation induit un type d'habitat particulier (répartition des catégories de logement dans chaque type de localisation).
- Inversement l'offre de logement (stock par catégorie de logement) peut avoir un impact sur les localisations (ex : relance de l'accession à la propriété individuelle, là où celle-ci peut se développer, i.e. en périphérie).
- Chaque type de localisation interagit avec les comportements de mobilité, dans le sens des localisations vers l'offre de transport et les comportements de mobilité comme évoqué supra.
- Inversement, l'offre de transport réelle (c'est-à-dire le niveau de service variable avec les vitesses et donc la congestion) a un impact sur l'étalement ou non des localisations d'activités.

Le rapport est structuré en trois parties :

1. Une partie consacrée aux modèles de parc de logement et des consommations d'énergie dans le secteur résidentiel.
2. Une seconde partie consacrée à l'analyse et aux modèles de mobilité à courte distance et de mobilité en avion pour les déplacements non professionnels.

3. Une troisième partie consacrée au modèle de densités communales : ce dernier est à l'articulation des modèles de logement/habitat d'une part et des modèles de mobilité d'autre part.

Densité de population et typologie de logements

Le couplage entre les modèles de déplacement et d'habitat s'établit à partir de la typologie de logement (MI ou IC), en fonction de la densité de la commune. Afin d'accorder les deux modèles, la surface communale a été retenue au détriment de la surface artificialisée, car cette dernière évolue dans le temps pour une même commune, au fur et à mesure de l'avancée de l'urbanisation. Le taux de MI est alors calculé en fonction de la densité D pour toutes les communes et à chaque pas de temps.

L'évolution au cours du temps des populations dans les différentes classes de densité, établie par le modèle de densité du LET, est interprétée par le modèle de parc de logements selon une double procédure :

- l'accroissement du nombre de ménages au sein d'une unité donnée (commune, aire urbaine, département, etc.) active la construction neuve ;
- le différentiel de taux de MI entre deux situations successives permet d'établir la répartition de la construction neuve selon les deux typologies de logements MI et IC.

La loi reliant densité et taux de MI devrait cependant être ajustée sur les conditions de 1999, notamment pour représenter plus finement les communes de densité inférieure à 5000 habitants au km², qui rassemble la majeure partie de la population métropolitaine. Appliquée à l'ensemble des communes, cette loi donne un taux moyen national de 0,64 alors qu'il est de 0,57.

La sensibilité des résultats à la part des MI dans le neuf ne semble pas très importante, en raison du faible taux de renouvellement du parc. Le supplément de surfaces en 2030 serait de 130.10⁶ m² entre deux hypothèses de taux de MI (15% et 85%). Cela se traduirait par des écarts de consommations énergétiques de chauffage qui peuvent atteindre 4 ou 5 TWh en 2030, valeur relativement faible face au 385 TWh de la consommation en 1999.

Le modèle de parc

Pour dresser les consommations unitaires du parc en 2030 et au-delà en 2050, date qui sert de référence pour l'application du facteur 4, un modèle de parc a été élaboré afin de suivre le devenir du stock en taille, en performance du bâti – niveau d'isolation en particulier – et en équipements de chauffage – choix entre les différentes énergies, performance des installations. Différentes hypothèses dessinent le parc neuf construit dans l'intervalle 2000-2050, selon sa typologie (MI ou IC) et ses performances énergétiques (bâti et équipement).

Deux sous ensembles sont considérés : le parc existant en 1999 (stock de résidences principales) ; le parc neuf construit à partir de 1999. Ces deux ensembles sont liés par de multiples mouvements à l'intérieur du parc qui peuvent se résumer à trois actions principales : des entrées par construction neuve, dont la dynamique est alimentée par l'augmentation du nombre de ménages dans la période considérée (une résidence principale = un ménage), et le remplacement des unités sorties du parc ; des sorties par démolition ou affectation à d'autres segments du parc de logements (logements vacants, résidences secondaires) ou du tertiaire ; un ensemble d'entrées et de sorties à somme nulle de réaffectation, qui peut être un des moteurs de la réhabilitation.

Le parc final au terme de l'année n est ainsi calculé à partir des effectifs de l'année n-1, augmentés de la construction neuve et après déduction des sorties au cours de l'année n

considérée. Les données nationales, au début des années 2000, fixent les ordres de grandeur : la construction neuve au rythme de 300.000 logements/an, les sorties, de l'ordre de 60.000 logements par an, soit environ 40.000 démolitions pour un parc de 24 millions de logements et un maintien du stock de logements vacants au rythme annuel de 20.000 unités. Le taux de sorties, couvertes par la construction neuve, représente le véritable renouvellement du parc, qui est très faible, à 0,25%. Le solde (construction neuve – sorties) est d'environ 240.000 logements par an : il représente l'accroissement annuel du parc, dont le taux est ainsi de 1%.

Les modèles de transport

La plupart des exercices de prospective des émissions de CO₂ à moyen ou long terme, qu'ils soient multisectoriels ou qu'ils concernent plus spécifiquement l'impact du transport, se caractérisent par leur caractère très global, maniant des agrégats, des volumes ou des moyennes établis sur l'ensemble de la population (voir rapport R1). Les objectifs de simulation de futurs possibles, de mise en évidence de scénarios contrastés, poursuivis par le programme Ethel, nous incitent à travailler de façon plus désagrégée.

L'utilisation des enquêtes couvrant le territoire national (enquête transport de 1993-94, avec recours au point de repère rétrospectif de l'enquête de 1981-82, complétés, pour la mobilité à longue distance pour motif personnel, par les panels de Suivi de la Demande Touristique), s'est avérée indispensable pour mettre en évidence des propensions différenciées à se déplacer.

Pour appréhender les émissions de CO₂, les kilomètres parcourus par passager et le type de véhicule utilisé représentent les indicateurs les plus pertinents. En plus des kilométrages totaux, nous avons donc pris soin de considérer de façon différenciée les distances parcourues en véhicule particulier (voiture particulière ou véhicule utilitaire léger) et en transports collectifs.

Analyser distinctement mobilité locale et mobilité de longue distance (dépassant une aire de 80 km à vol d'oiseau autour du domicile) s'avère nécessaire car les déterminants des deux formes de mobilité ne se recouvrent qu'en partie. C'est ainsi que nous proposons une analyse et un ensemble de modèles concernant la mobilité locale. Concernant la mobilité à longue distance nous nous sommes focalisés sur les enjeux très particuliers, en termes d'énergie et d'émissions de CO₂, que représente le fort développement de l'avion, et c'est pourquoi la section suivante lui est consacrée. L'analyse de la mobilité terrestre à longue distance, largement étudiée par ailleurs, fera l'objet d'une synthèse ultérieure.

Analyse et modélisation de la mobilité locale

Les besoins de déplacements, comme l'autonomie, et les capacités dont on dispose pour les satisfaire sont très différents selon le statut d'occupation et le cycle de vie. Elles apparaissent également structurantes des comportements au niveau national. Aussi avons-nous dans un premier temps distingué six grandes catégories : les scolaires (de moins de 18 ans), les étudiants, les actifs, les femmes au foyer, les chômeurs, les retraités.

Le travail typologique a donc été effectué au sein de chacun des grands statuts, avec une attention particulière pour les trois groupes numériquement les plus importants : les scolaires (de moins de 18 ans), les actifs (ayant effectivement un emploi) et les retraités (de 55 ans et plus, incluant les autres inactifs de 60 ans et plus). Les autres catégories, démographiquement moins importantes (personnes au foyer, au chômage, étudiants), font l'objet d'estimations à partir des groupes précédents, car dans leur cas, les échantillons issus de l'enquête transport ne permettent pas de mettre en évidence de résultats désagrégés très solides.

La proportion de distances locales réalisées le week-end est de 28% : on réalise autant de kilomètres en une journée moyenne le week-end qu'en semaine (la proportion de 2/7 équivaut à 28,6%).

Les scolaires :

En comparant les analyses des deux enquêtes de 1981-82 et 1993-94, des variables fortement significatives ont été mises en évidence, pour expliquer les distances parcourues au total (107 km en moyenne sur 7 jours en 1994) et par mode (la marche à pied, 49% la pratiquent pour une moyenne de 14 km, les transports collectifs, 28%, 84 km, et voiture particulière passager, 72%, 101 km). Ces variables sont l'âge, la densité de la commune de résidence, l'équipement du ménage en voiture et le revenu.

L'analyse a montré que les relations entre variables étaient plutôt non linéaires et mettaient en évidence des effets de seuil. C'est pourquoi nous avons construit un modèle de projection fondé sur des catégories. La méthode de projection consistera plutôt à partir de l'observation existante (moyennes observées par catégories en 1994) et à déformer cet existant sur la base d'hypothèses démographiques et comportementales des différentes catégories (de densité, de revenu, d'équipement en voiture et d'âge). Le modèle catégoriel proposé ici est un modèle de type additif.

Les actifs et autres adultes en âge d'activité :

La population active occupée représente 40 % des personnes enquêtées, mais 55 % des kilomètres parcourus en local. Les 228 km qu'ils parcourent en moyenne en une semaine, dont 203 km en voiture, dans leur lieu de vie, se répartissent entre le travail et les affaires professionnelles (50%), les accompagnements (8%), les achats (10%), les autres affaires personnelles (9%), les loisirs et visites (23%).

La typologie s'appuie sur :

- Le croisement de la densité de population de la commune de résidence et de la distance au centre de l'aire urbaine ;
- Le niveau d'équipement du ménage, et plus précisément l'accès individuel à la voiture.
- Le genre, les femmes, toutes choses égales par ailleurs (à localisation et à motorisation données, notamment), réalisant toujours un peu moins de kilomètres que les hommes actifs au cours d'une semaine moyenne ;
- Enfin, la taille de l'aire urbaine, car même si son impact est limité en termes de distances parcourues (hormis la distinction forte entre l'Ile-de-France et le reste du territoire), elle renvoie à des aires de pertinence très variables pour les transports collectifs.

Compte tenu des liens entre niveau de vie et nombre de voitures par adulte, cela nous amène *de facto* à ne pas intégrer le revenu dans les facteurs discriminant les distances des populations actives.

L'ensemble de ces variables – catégories spatiales, genre, disponibilité de voitures dans le ménage, catégorie d'aire urbaine – servira de base à un modèle additif, de même type que celui développé pour les scolaires.

Dans le cas des chômeurs (de moins de 60 ans, 143 km sur 7 jours, dont 125 en voiture), des personnes au foyer (de moins de 60 ans ; ce sont des femmes à 90%, 124 km dont 113 en voiture) et des étudiants (de 18 à 30 ans, 196 km dont 139 en voiture), les effectifs disponibles dans l'ETC de 1994 ne nous permettent pas une décomposition aussi fine que celle opérée pour les actifs. Compte tenu des relatives similarités dans les déterminants, nous avons donc

fait le choix d'estimer leurs distances parcourues, relativement à celles des actifs (pour les chômeurs), des femmes actives (pour les personnes au foyer de moins de 60 ans car ce sont des femmes à 90 %), et des actifs de 18-30 ans (pour les étudiants).

Les retraités :

Par les distances qu'ils parcourent hebdomadairement, les retraités (de 55 ans et plus ou inactifs de 60 ans et plus) constituent le groupe le moins mobile : 85 km par semaine en moyenne (dont 75 en voiture), au sein desquels prédominent la sociabilité et les loisirs (41% des distances), la santé, les démarches et les autres affaires personnelles (29%) et les achats (22%), les accompagnements représentant 8% du total.

Les variables significatives des distances parcourues (en voiture particulière comme conducteur ou passager, et en transports collectifs) sont l'âge (seuil de 75 ans), l'équipement du ménage en voiture particulière (0, moins de 1 voiture par adulte, ou plus) permettent, en croisant avec les catégories de densité de résidence (cf. supra) de distinguer 15 groupes aux distances contrastées.

Là encore, l'ensemble de ces variables servira de base à un modèle additif, de même type que celui développé pour les scolaires.

Le modèle avion

Nous avons analysé les déterminants micro-économiques de la demande de voyages en avion pour des motifs non professionnels (loisirs, visites, famille). L'étude s'appuie sur des données nationales de panel pour la période 1995-2001. Différents modèles de comptages (Poisson), avec prise en compte de l'hétérogénéité de panel ont été testés.

D'un point de vue méthodologique, les modèles de comptages semblent les mieux adaptés pour rendre compte de la distribution du nombre de voyages annuels en avion. Ces modèles captent plus complètement l'information, tant du point de vue de la pénétration de l'avion comme mode de transport que de l'intensité de son utilisation selon les catégories. En cela les modèles de comptage se révèlent plus adaptés que les modèles binomiaux et les modèles de régression classiques.

Si les résultats obtenus vont dans le sens attendu sur les déterminants principaux, des effets inédits sont mis en évidence. Côté demande, le revenu a un poids essentiel et positif sur la probabilité de départ en avion. Néanmoins le modèle a mis en évidence des effets de saturation sur le revenu pour les non-retraités, comme en témoigne l'élasticité décroissante du nombre de départs en avion. On peut y voir là la contrainte de temps disponible qui pèse sur cette catégorie d'individus, au contraire des retraités. Pour ces derniers, l'âge a peu d'effet entre 60 et 65 ans (les retraités prennent alors plus l'avion que les autres) puis au-delà joue un rôle majeur de freinage sur ces départs.

La structure du ménage a également une influence puisque les couples sans enfants ont un niveau de demande plus élevé que les célibataires et que les familles. Le niveau d'instruction joue un rôle positif tandis que l'effet de résider en région parisienne n'est pas réductible aux variables que nous avons utilisées, qu'il s'agisse du revenu, de l'instruction, ou de l'offre plus importante dans les aéroports parisiens.

Côté offre, le modèle de proximité l'emporte sur le modèle gravitaire, et tout se passe comme s'il importait avant tout d'accéder au réseau d'aéroports par son point d'entrée le plus proche. La distance à l'aéroport le plus proche est apparue comme un déterminant important de la demande en dehors de la région parisienne, particulièrement pour les non-retraités. De ce point de vue, le positionnement des *low cost* dans les aéroports de province peut apparaître comme un bon choix stratégique. Enfin, il n'a pas été possible de mettre en évidence une

influence des prix, du fait de la forte corrélation entre les prix et les niveaux de trafic sur la période étudiée.

Le modèle de densités communales

Le modèle standard de l'économie urbaine offre un cadre d'intelligibilité des choix de localisations et des configurations urbaines en résultant. Il vise à expliciter le comportement de localisation résidentielle de résidents dans un espace homogène, caractérisé par un centre d'emplois unique exogène. Les ménages maximisent une fonction d'utilité comprenant la superficie du logement, et la consommation d'un bien composite correspondant à l'ensemble des autres biens. Le prix du logement est fonction de la distance au centre. Outre ces dépenses, il convient d'intégrer un coût de transport occasionné par les déplacements domicile-travail. Ce choix de localisation est soumis à une contrainte budgétaire. En outre, dans une version amendée de ce modèle, les ménages arbitrent non seulement entre prix du logement et coûts de transport mais également en fonction d'aménités centrales ayant trait à la qualité des quartiers centraux et d'aménités environnementales, liés aux paysages, à la nature davantage présentes en périphérie...

Les données individuelles localisées à la fois sur les caractéristiques des ménages, sur leur logement et leurs déplacements étant non accessibles, il est nécessaire de retenir des données agrégées à l'échelle des communes sur la base des recensements de population de 1982 et 1990 et des inventaires communaux de 1980 et 1988. Plusieurs approches ont été essayées, une approche transversale (modélisation des différentes densités pour une année donnée) et une approche longitudinale (modélisation des variations de densité entre 1982 et 1990). L'approche longitudinale s'est révélée particulièrement décevante. Aussi nous avons cherché à construire un modèle transversal suffisamment robuste, utilisé ensuite dans la projection, sous des hypothèses additionnelles détaillées ci-après.

Dans ce modèle, la densité d'une commune d'une aire urbaine est fonction de la population de la commune centre (effet taille), du coût (monétaire et temps-vitesse) d'un déplacement à destination de la commune-centre de l'aire urbaine, et des équipements urbains et aménités environnementales de la commune. Ce modèle se révèle assez robuste et significatif.

Le modèle prospectif consiste à faire évoluer année après année, les densités des communes tout en restant dans le cadre des projections démographiques départementales de l'INSEE (modèle OMPHALE). On applique aux communes des aires urbaines les élasticités à la population de la commune centre, à la variation de coût et à la variation de vitesse.

Tout se passe comme si la population a naturellement tendance à varier (solde démographique et migratoire) à l'identique dans toutes les communes du département mais que cette variation est déformée par la structure du modèle de densité dans les aires urbaines où jouent les effets de la population de la commune centre, du coût et de la vitesse d'accès au centre.

Introduction

Les transports et le résidentiel-tertiaire montrent des évolutions préoccupantes en matière d'émissions de gaz à effet de serre (GES), en dépit de la réduction tendancielle des consommations unitaires des véhicules neufs ou du renforcement de la réglementation thermique auxquels les logements neufs sont soumis et de la performance énergétique supérieure des matériaux utilisés. L'accroissement des distances parcourues et des surfaces chauffées contribue parallèlement à la dérive des consommations d'énergie. Dans ce contexte, modes de vies, politiques publiques et innovations technologiques sont parmi les facteurs clés de l'évolution des émissions. Informer et inciter à l'évolution des comportements et la sensibilisation du public, renforcer la réglementation touchant véhicules et bâtiments, favoriser la dynamique des innovations technologiques dans le transport et le bâtiment constituent autant de leviers de l'action publique mis en œuvre par le plan climat.

Le projet ETHEL vise à :

- simuler les conséquences –au plan de la consommation d'énergie et d'émission de GES– d'hypothèses sociétales et technologiques sur l'évolution des modes de vie, des localisations d'activités, des types de logements associés, des offres de transports et des comportements de déplacements associés ;
- en produisant des indicateurs environnementaux, spatiaux, économiques et sociaux ;
- pour situer les enjeux énergétiques, principalement, mais aussi financiers, sociaux et territoriaux de telle ou telle filière technologique (existante ou prospective) ou politique d'aménagement, de réglementation, de tarification, de fiscalité...

En bref, il s'agit de déterminer les marges de manœuvre des pouvoirs publics, les cibles ou les politiques susceptibles d'avoir le meilleur rapport coût-efficacité.

Le champ d'investigation de ce projet est, en matière de transports, limité aux déplacements des personnes mais dans le cadre de leur mobilité annuelle (non limité à la mobilité quotidienne ni à l'urbain) et, en matière d'habitat, principalement consacré à l'exploitation des logements (résidences principales). L'horizon est 2020.

Enfin, l'entrée privilégiée est celle des modes de vie, des individus et de leurs ménages, en tant qu'arbitres de leurs choix de logement, de localisations et de transport.

Le projet est organisé selon trois activités, découpées en tâches. Il conduit à rassembler et synthétiser l'état des connaissances actuelles en matière de prospective sur notre thème (activités A et B), à élaborer une méthodologie en matière de scénarios prospectifs, à distinguer les leviers stratégiques dont disposent les pouvoirs publics et à en simuler les effets (activité C).

- L'activité A : Etat de l'art de la prospective et bilans énergétiques
 - Tâche A.1 : état de l'art et synthèse en matière de prospective (rapport R1)
 - Tâche A.2 : bilans énergétiques (rapport R2)
- L'activité B : Analyse des comportements transport, habitat, localisations
- L'activité C : Démarche prospective, leviers stratégiques et simulations.

Ce rapport (rapport R3) présente les résultats de la tâche B. Cette activité vise quatre objectifs :

- identifier et modéliser les facteurs principaux d'évolution des comportements en matière de logement et de consommations énergétiques dans ces logements ;
- identifier et modéliser les facteurs principaux d'évolution des comportements en matière de transport en prenant en compte toutes les mobilités des personnes (locale et longue distance) ;
- identifier et modéliser les déterminants principaux de la densification des tissus urbains (recherche de la centralité et d'une meilleure accessibilité aux services) ;
- articuler entre eux les différents modèles dans le cadre de notre problématique transport-habitat.

Cette articulation est réalisée à travers l'architecture d'ensemble de la modélisation suivante. Le modèle BETEL peut être découpé en grands blocs, en identifiant un bloc « transport » et un bloc « habitat » reliés entre eux par un bloc « localisations » (cf. Figure 1). Dans cette figure, chaque flèche est supposée décrire une relation causale. Une flèche double indique une détermination causale à double sens.

En entrée on trouve les influences des variables exogènes (tendances lourdes, clivages et leviers), en sortie les indicateurs (économie, environnement, social).

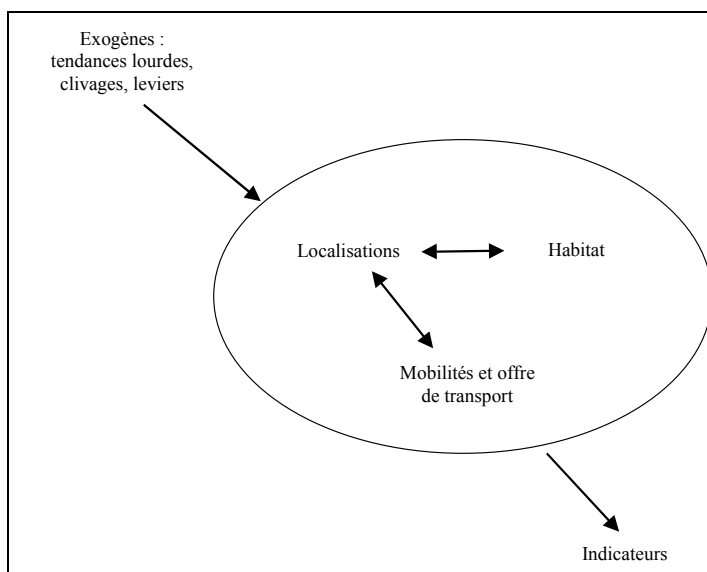


Figure 1 : Architecture d'ensemble

Le découpage repose sur des hypothèses de travail qui présupposent que :

- Il n'existe pas de lien direct entre type d'habitat et comportement de mobilité : le comportement de mobilité d'un individu (ou ménage) est avant tout déterminé par le type de localisation, indifféremment du type d'habitat occupé par l'individu dans la localisation.
- Chaque type de localisation induit un type d'habitat particulier (répartition des catégories de logement dans chaque type de localisation).

- Inversement l'offre de logement (stock par catégorie de logement) peut avoir un impact sur les localisations (ex : relance de l'accession à la propriété individuelle, là où celle-ci peut se développer, i.e. en périphérie).
- Chaque type de localisation interagit avec les comportements de mobilité, dans le sens des localisations vers l'offre de transport et les comportements de mobilité comme évoqué supra.
- Inversement, l'offre de transport réelle (c'est-à-dire le niveau de service variable avec les vitesses et donc la congestion) a un impact sur l'étalement ou non des localisations d'activités.

Ces hypothèses de travail ont été en grande partie validées au fur et à mesure du travail d'analyse des données.

Ce rapport est par conséquent structuré en trois parties. La première partie présente l'analyse et la modélisation du parc de logements et de ses usages énergétiques. La seconde partie fait de même avec la mobilité des personnes à courte distance et en avion. Enfin, la troisième partie présente le modèle de densités communales qui articulera les modèles logement et les modèles transport.

1 Modélisation du parc de logements et de ses usages énergétiques

Dans une première section est exposée la construction du modèle de parc de logements. La deuxième section est consacrée aux usages énergétiques de ces logements et à la construction du modèle correspondant.

1.1 Le modèle de parc de logements

Nous abordons successivement les données et hypothèses concernant la population et les conditions de logement, puis les données et hypothèses sur les mouvements dans le parc. Ensuite sont exposés la construction du modèle prospectif du parc de résidences principales, puis son articulation avec les densités communales.

1.1.1 Données et hypothèses : la population et les conditions de logement

1.1.1.1 La population

Les projections démographiques sont effectuées sur la base de données Omphale, aux échelles régionales et départementales à l'horizon 2030, à partir du recensement général de la population de 1999 (Figure 2). Les données seront calées sur le scénario central de l'INSEE, selon lequel la population métropolitaine atteindrait 64 millions d'habitants en 2050, après avoir atteint un maximum de 64,5 millions d'habitants en 2040¹. Dans l'état actuel de la recherche, nous ne tiendrons pas compte des révisions de ces projections, revues à la hausse dans une des dernières livraison de INSEE PREMIERE : la population de la France métropolitaine pourrait ainsi compter 70 millions d'habitants en 2050².

¹ Chantal Brutel, Laure Omalek, « Projections démographiques pour la France, ses régions et ses départements (horizon 2030/2050) », *Insee Résultats Société n° 16*, Juillet 2003.

² Cf. Isabelle Robert-Bobée, « Projections de population pour la France métropolitaine à l'horizon 2050 », *INSEE PREMIÈRE, N° 1089 - JUILLET 2006*.

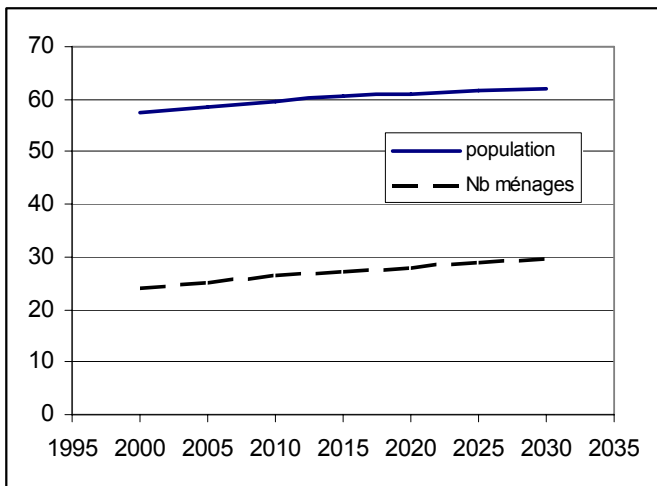


Figure 2 : Projection de population et du nombre de ménages, en millions.

D'après : données INSEE, projections à l'horizon 2030.

Le taux de croissance de la population est moins élevé que celui du nombre de ménages, en raison de l'érosion progressif de la taille des ménages (Figure 3). Les données liées aux ménages seront importantes car elles conditionnent la demande de logements neufs.

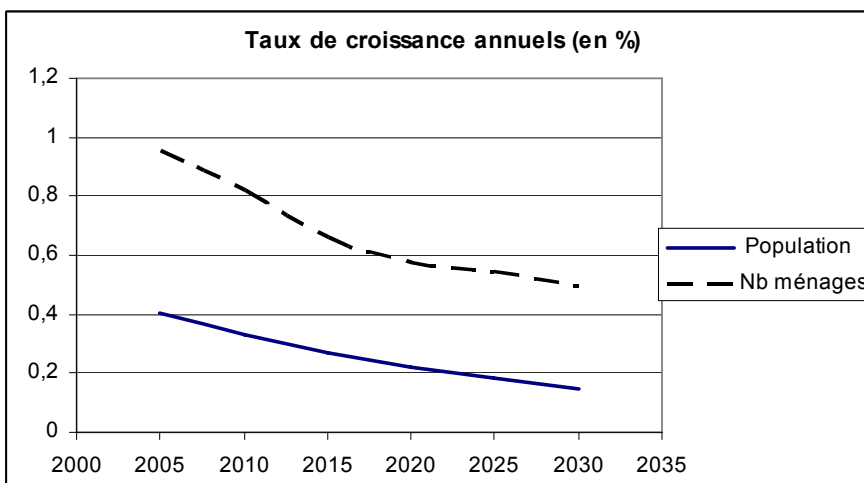


Figure 3 : Taux de croissance annuels de la population et du nombre de ménages.

D'après : données INSEE, projections à l'horizon 2030.

1.1.1.2 Les conditions de logement

Les données utilisées dans le modèle « Habitat » qui proviennent du Recensement Général de la Population de 1999 (RGP 1999), sont organisées en plusieurs tableaux :

- un tableau d'effectifs de résidences principales en fonction du type de construction et de l'époque de construction, à l'échelle communale et pour la France métropolitaine ;

- un tableau d'effectifs de résidences principales en fonction du type d'équipement et du combustible ou énergie associé, du type de construction et de l'époque de construction, à l'échelle communale et pour la France métropolitaine ;
- un tableau donnant la localisation des communes de France métropolitaine en fonction de différents zonages, assorti d'indicateurs.

Les données de surfaces de logement sont représentées, à l'échelle nationale, en fonction de l'époque de construction et du type de construction (Figure 4).

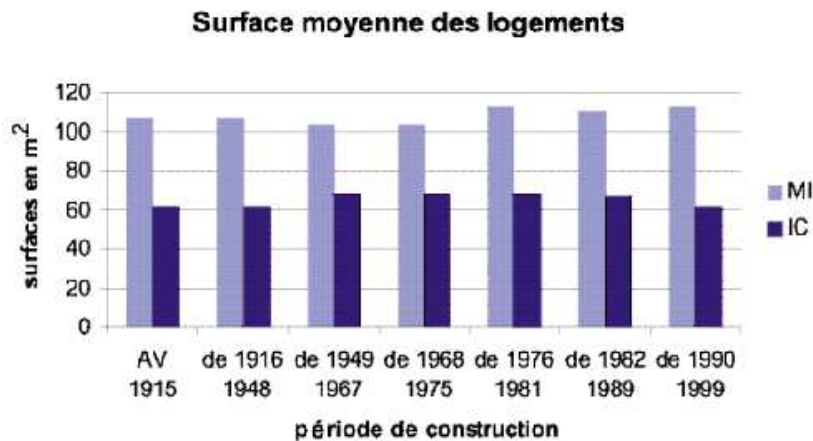


Figure 4 : Surface moyenne des logements par type et selon la période de construction en 1999

Source: LTMU, UTC, *Energies demain*

Un des obstacles majeurs qui s'oppose à la diminution progressive des consommations d'énergie de chauffage réside dans l'accroissement des surfaces chauffées. Celle-ci résulte d'une double augmentation, de la population et de la surface habitable par personne.

Bien que les projections démographiques indiquent, selon les hypothèses retenues, un ralentissement de la croissance de la population vers 2040, les surfaces unitaires continueraient de croître en raison de plusieurs facteurs :

- l'augmentation de la part des maisons individuelles dans les logements neufs, qui offrent une surface habitable par personne de 20 à 30% supérieure à celle des logements en immeuble collectif, la surface de la maison individuelle neuve semblant toutefois se stabiliser à 115 m² en moyenne ;
- la résorption des conditions de surpeuplement, qui concernaient plus d'un cinquième des logements en 1973 (au sens de l'indice INSEE, cf. tableau 1), mais environ 10% en 2002 ;
- la diminution de la taille moyenne des ménages, de 2,7 personnes en 1984 à 2,36 en 2002, projetée à 2,1 en 2030 (Figure 5).

Tableau 1 : Répartition des résidences principales selon le degré de peuplement

	1973	1978	1984	1988	1992	1996	2002
Surpeuplement accentué	4,7	3,2	1,7	1,5	1,3	0,9	0,9
Surpeuplement modéré	17	13,9	11,1	10,3	9,6	9,5	9,3
Peuplement normal	29,4	28,4	26	24,1	22,8	22,5	22,6
Sous-peuplement modéré	25,6	27,2	29,4	28,3	26,7	26,2	25,7
Sous-peuplement accentué	23,3	27,3	31,8	35,8	39,6	40,9	41,5
total	100	100	100	100	100	100	100

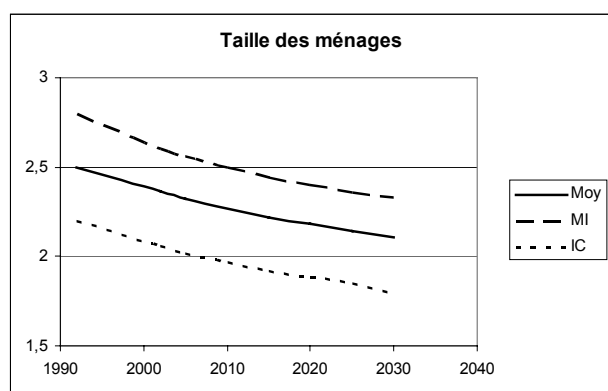
Source : INSEE³

L'indice de peuplement est défini comme suit :

Sous-peuplement : le logement compte au moins deux pièces de plus que la norme ;

Peuplement normal : le nombre de pièces du logement est égal ou supérieur d'une pièce à la norme ;

Surpeuplement : le logement compte au moins une pièce de moins que la norme.⁴

**Figure 5 : Diminution de la taille des ménages à l'horizon 2030**

D'après : INSEE – OMPHALE pour la moyenne, projection LTMU-UTC pour MI (maison individuelle) et IC (immeuble collectif) avec l'hypothèse d'une affectation de la population en logement neuf à 70% en MI après 2000 (soit environ 64% de logements neufs en MI).

L'ensemble de ces tendances se traduit par une évolution importante de la surface habitable par personne, de 31 m² en 1984 à 37 m² en 2002 (Figure 6). Il semble toutefois que l'effet mécanique de diminution de la taille des ménages, affectée à un stock de logements relativement inerte, soit le levier le plus puissant dans la croissance de la surface disponible par personne.

³ Liliane Lincot et Christelle Rieg, « Les conditions de logement des ménages en 2002 », Enquête Logement 2002, *Insee Résultats Société n°20*, Octobre 2003.

⁴ Pour la définition de la norme, cf. Les Dossiers de Profils n°75 - Avril 2004, INSEE Nord-Pas-de-Calais.

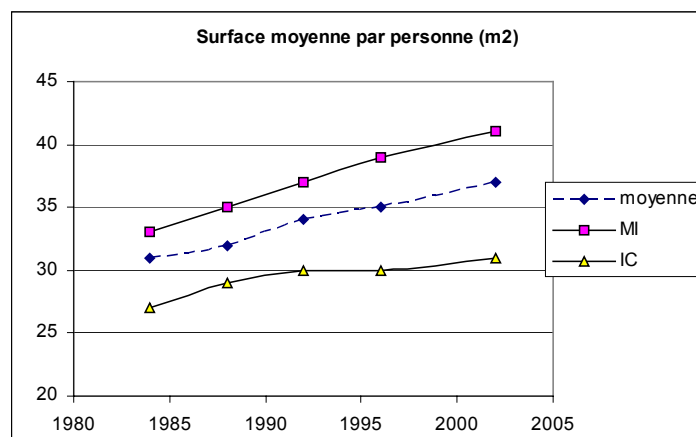


Figure 6 : Evolution des surfaces moyennes par personne, en moyenne du parc et selon le type de logement (MI et IC)

Sources : Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement ; Enquête Logement 2002, INSEE⁵

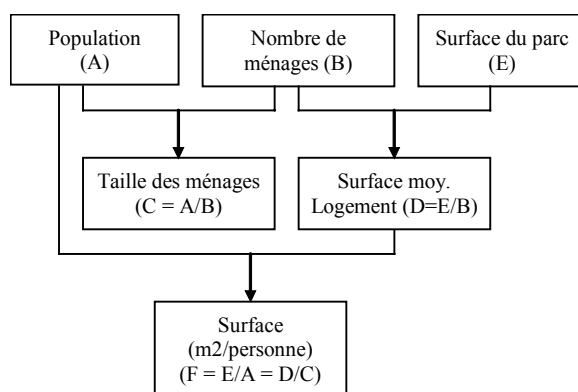


Figure 7 : Croisement des données de population, des surfaces moyennes (du logement et par personne) et de la surface totale du parc de RP.

En effet, pour un même logement de surface moyenne de 90 m² occupé par un ménage de 2,43 personnes en 2002 puis par 2,1 personnes en 2030, la surface habitable par personne croît mécaniquement de 37 m² en 2002 à près de 43 m², soit une croissance légèrement inférieure à la courbe tendancielle. Les projections effectuées à partir du modèle de parc, pour certaines hypothèses (part des MI dans la construction neuve, surface du logement neuf, etc.) confirment ce léger fléchissement par rapport aux évolutions tendancielle après 2002, pour atteindre 43,4 m² par personne en moyenne en 2030 (Figure 8).

⁵ Cf. Alain Jacquot, « De plus en plus de maisons individuelles », INSEE N° 885 - FÉVRIER 2003.

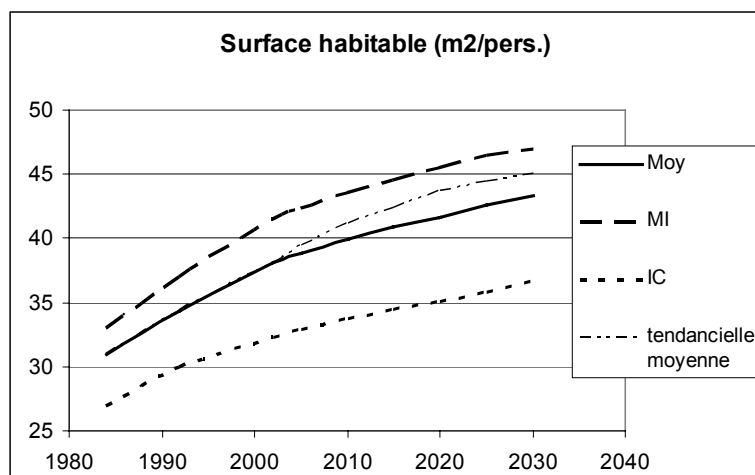


Figure 8 : Projection des surfaces habitables en moyenne du parc, dans les maisons individuelles et les immeubles collectifs.

Données 1980-2002 : enquête Logement 2002, INSEE « De plus en plus de maisons individuelles », Alain Jacquot, Insee N° 885 - FÉVRIER 2003.

Projections : LTMU-UTC [hypothèse d'une affectation de la population en logement neuf à 70% en MI après 2000], d'après INSEE – OMPHALE.

La courbe tendancielle de la surface habitable par personne peut être déduite de la surface moyenne d'un logement, qui, en tendance, dépasserait 96 m² en 2030 pour atteindre 100 m² en 2050 (Figure 9)

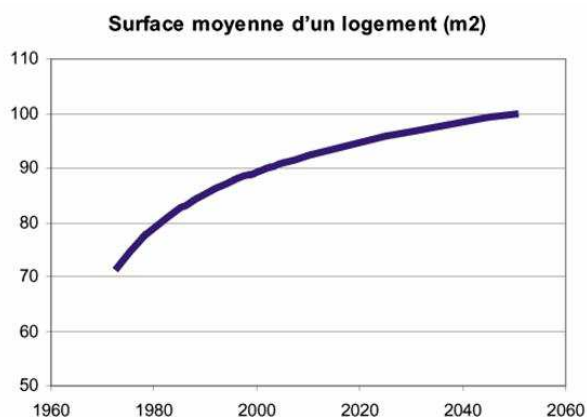


Figure 9 : Projection tendancielle de la surface d'un logement moyen.

En réalité, la surface des logements neufs ou anciens occupés par les ménages obéit à des considérations économiques. Il est délicat de prolonger les tendances des décennies passées, dans la mesure où les années récentes ont connu une augmentation de la valeur des biens immobiliers beaucoup plus rapide que celle du pouvoir d'achat des ménages. Il conviendrait également de prendre en compte les forces de rappel complémentaires qui limitent l'extension des surfaces de logements, sous l'influence du coût croissant de l'énergie.

Faute de données disponibles incluant ces considérations économiques, nous écartons les deux tendances opposées: celle de la poursuite des croissances constatées au cours des quatre décennies passées, comme celle d'un renversement de tendance qui verrait les grands logements divisés en petits appartements, au profit d'une évolution calée sur les effets

mécaniques obéissant à un certain nombre d'hypothèses décrites dans le modèle prospectif de parc.

1.1.1.3 Une donnée stabilisée en construction neuve : la surface de la maison individuelle

La part croissante de la maison individuelle, qui capte l'essentiel de la demande des familles, réduit l'étendue du marché du logement collectif : les appartements construits depuis 1997 sont ainsi plus petits (60,5 m² en moyenne), et 44 % de ces appartements sont des studios ou des deux pièces. En 2002, le logement moyen a une surface de 90 m² pour 4 pièces : 4,8 dans l'habitat individuel et 3,0 dans l'habitat collectif (Tableau 2).

Tableau 2 : Proportion de maisons individuelles et surface moyenne des logements selon l'époque de construction et le type d'habitat

Époque de construction	% de MI	Individuel	Collectif	Ensemble
Avant 1949	64,8	107,5	60,5	91
de 1949 à 1974	41,3	102,8	68,3	82,6
de 1975 à 1981	60,4	112,9	68,3	95,3
de 1982 à 1992	66	110,9	64,8	95,3
de 1993 à 1996	57,6	113,2	59,9	90,6
de 1997 à 2001	62,2	114,4	60,5	94
Ensemble	56,6	108,3	65,2	89,6

Source : enquête Logement 2002, Insee (« De plus en plus de maisons individuelles », Alain Jacquot, Insee N° 885 - FÉVRIER 2003.)

Il semble que la tendance la plus solide en construction neuve concerne la maison individuelle : la surface du logement semble plafonner à près de 115 m², pour une taille de ménage décroissante, qui reste cependant supérieure à la moyenne de la population (Figure 10).

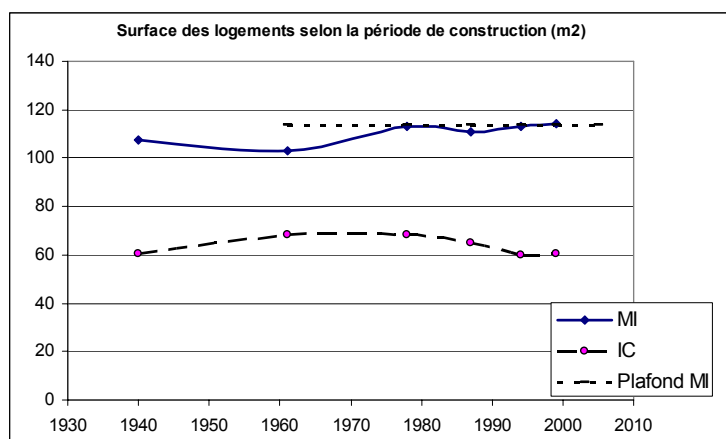


Figure 10 : Surface des logements MI et IC selon la période de construction

D'après données INSEE.

La mesure de l'effet de l'évolution de la pyramide des âges et de la demande des familles vis-à-vis des conditions de logement en immeuble collectif étant délicate, nous écartons toute hypothèse de stabilisation de la surface du logement collectif.

1.1.1.4 Evolution tendancielle : la part de la maison individuelle

La part de la maison individuelle dans la construction neuve varie de 50 à 75 % au cours des vingt dernières années, en nombre de logements. Correction faite de la taille des ménages et des surfaces habitables par personne, la part en population ou en taille de parc devient plus élevée : de 57 à 72 % en population et de 62 à 77% en surface (Figure 11). Depuis 1992, la tendance à la progression est affirmée. Nous stabiliserons, en tendance, la part de la population hébergée dans le neuf à 70% pour la MI.

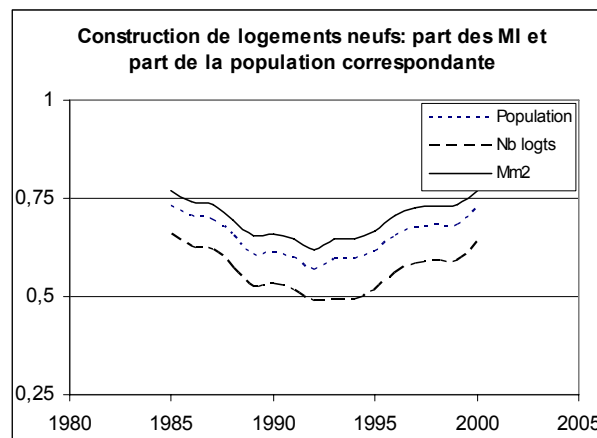


Figure 11 : Part de la MI dans la construction neuve : en nombre de logements, en population et en surface de parc.

D'après données INSEE

1.1.2 Données et hypothèses : les mouvements dans le parc

1.1.2.1 La construction neuve et les sorties du parc

Les multiples mouvements existant à l'intérieur du parc au cours d'une année t peuvent se résumer à trois actions principales (Figure 12) :

- des entrées par construction neuve ($\Sigma_t A$) ;
- des sorties par démolition ou affectation à d'autres segments du parc de logements (logements vacants, résidences secondaires) ou du tertiaire ($\Sigma_t S$);
- un ensemble d'entrées et de sorties à somme nulle de réaffectation, qui peut être un des moteurs de la réhabilitation ($\Sigma_t M = 0$).

Le parc RP au 01/01 de l'année $t+1$ peut ainsi être obtenu à partir des effectifs de l'année précédente par le bilan :

$$RP(t+1) = RP(t) - \Sigma_t S + \Sigma_t A$$

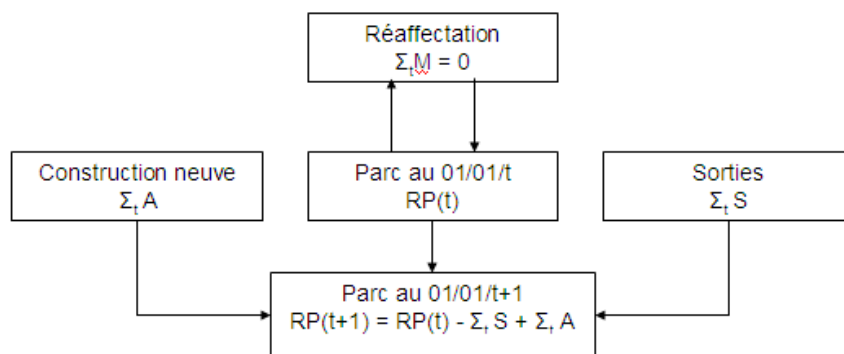


Figure 12 : Les mouvements dans le parc de logements, procédure simplifiée

Les données nationales, au début des années 2000, fixent les ordres de grandeur :

- la construction neuve au rythme de 300.000 logements/an
- les sorties, de l'ordre de 60.000 logements par an,

soit un accroissement du parc de 240.000 logt/an.

La donnée principale de la dynamique du parc est celle de son taux de croissance annuel, qui est donc de l'ordre de 1% en moyenne, compte tenu de la croissance du nombre de ménages : ce taux décroît progressivement, lorsque la croissance du nombre de ménage devient moins forte en regard de la population : le taux d'accroissement du nombre de ménages, ou du nombre de logements serait seulement de 0,5% en 2030.

1.1.2.2 L'érosion du stock

Le stock s'érode régulièrement, sous l'action des démolitions, du jeu des entrées-sorties pour changement d'affectation, dont nous retiendrons essentiellement la part destinée à maintenir le stock de logements vacants, à un taux qui apparaît relativement stable en moyenne nationale.

Le taux de logements vacants, bien qu'en légère décroissance depuis les années 1970, se maintient en effet autour de 8 à 9 % du nombre de résidences principales en moyenne nationale (Figure 13).

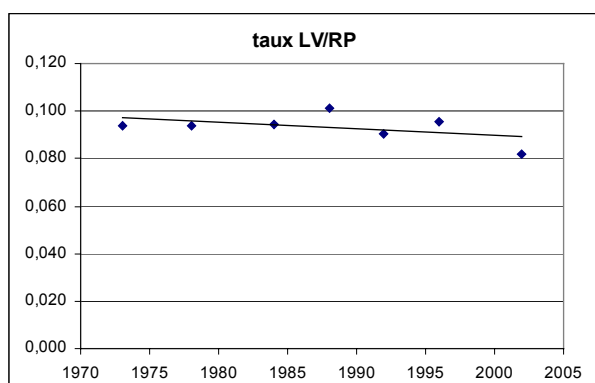


Figure 13 : Evolution du rapport (nombre de logements vacants / effectifs de RP).

D'après : Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement.

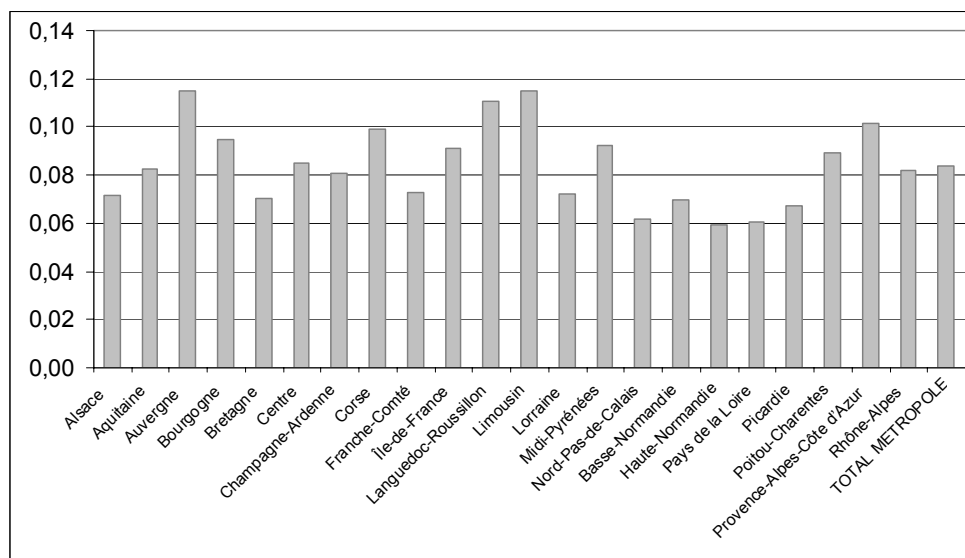


Figure 14 : Nombre de logements vacants / effectifs de RP en 1999 par région.

Une disparité sensible apparaît cependant à l'échelle régionale (Figure 14): les taux de logements vacants varient de 7 à près de 12% entre les extrêmes régionaux.

Cette part de logements vacants n'est pas sans conséquence sur les consommations d'énergie, notamment en milieu urbain : affectant la continuité spatiale des volumes chauffés, la présence de logements vacants augmente les déperditions thermiques des logements occupés. Cet effet sera négligé dans le moteur de calcul thermique, bien qu'il pourrait faire l'objet d'un facteur correctif de surconsommation. Celui-ci pourrait intervenir dans l'exercice de calage des consommations relevées par le CEREN, à partir des consommations théoriques calculées.

Il est plus difficile d'apprécier les sorties dues au changement d'affectation, ou aux démolitions éminemment liées aux politiques des collectivités en matière de rénovation urbaine.

Dans un premier temps, nous adopterons l'hypothèse d'un taux de sortie constant et unique pour l'ensemble des départements. Appliqué annuellement au stock, il intégrera d'une part les démolitions et d'autre part le solde des entrées-sorties pour changement d'affectation ici représenté par le taux destiné à maintenir le stock de logements vacants à 8,4% environ en moyenne nationale.

Pour les années 1990-2000, les sorties représentent environ 60.000 logements par an, comprenant 40.000 démolitions ou sorties pour changement d'affectation (soit 0,17% du parc), auxquelles on peut ajouter le taux de logements vacants appliqué à la croissance du parc, soit 20.000 logements (8,4 % des 240.000 logements supplémentaires).

Le taux de sortie TS peut ainsi s'exprimer par la relation :

$$TS(n) = TD + (TV * TA)$$

où TD, TV et TA représentent respectivement le taux de démolition, le taux de logements vacants et le taux d'accroissement du parc, valeurs rapportées à l'effectif total de résidences principales du stock.

1.1.2.3 Le taux de renouvellement du parc

Pour les effectifs de 1999, le taux de sortie TS est de 0,254% : cette valeur sera appliquée annuellement au stock dans le modèle de parc.

Ce taux est assez faible. Il représente le taux de renouvellement du parc : c'est en effet la part de logements anciens qui est remplacée par de la construction neuve. Un cinquième de la construction neuve contribue ainsi au renouvellement du parc ; les quatre cinquièmes restants assurent la croissance du parc.

Le taux de renouvellement du parc pourrait être supérieur si les opérations de démolition de certaines parties du parc, notamment des ensembles de logements collectifs construits au cours des années 1950-70, étaient amplifiées. Quelle part des 4 millions d'immeubles collectifs du stock construits entre 1949 et 1974 (Figure 15) serait ainsi concernée ? Sans disposer d'une analyse suffisante de l'état de ce parc, et surtout des situations urbaines, une rénovation lourde d'un quart de ces logements en 10 ans conduirait à un rythme de démolitions de 100.000 logements (les 40.000 destructions actuelles appartenant déjà en grande partie à ce segment du parc), ce qui permettrait de doubler la vitesse de renouvellement du parc, au taux de 0,5 % pendant 10 ans. Au-delà, il faudrait s'attaquer à d'autres segments, tels que le pavillonnaire diffus en raison de l'obstacle qu'il représente vis-à-vis de la densification des couronnes périurbaines, pour maintenir le taux de renouvellement à la même valeur pendant plusieurs décennies.

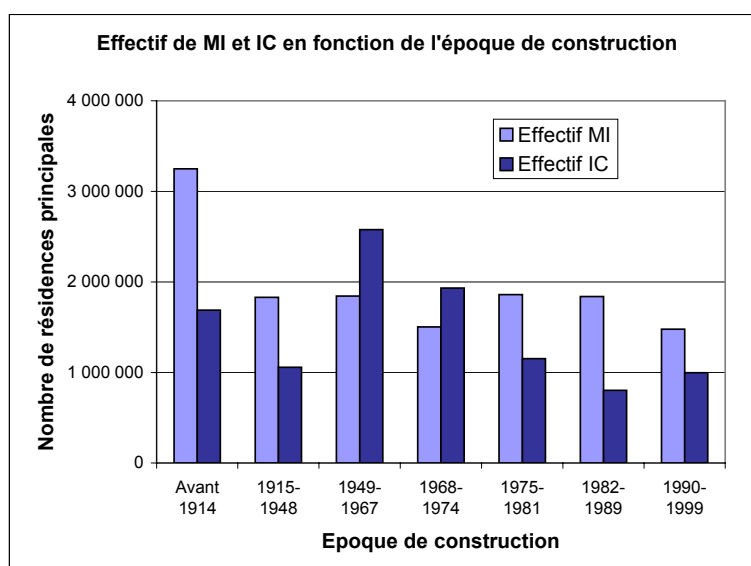


Figure 15 : Effectifs de résidences principales selon le type et l'époque de construction

1.1.3 Le modèle prospectif du parc de résidences principales

1.1.3.1 La recherche du modèle

La dynamique du modèle doit permettre la comparaison de différents scénarios d'évolution du parc, qui reposent sur les variables principales :

- de localisation, selon le modèle de densité établi par le LET ;
- de typologie, en répartition entre les deux types MI et IC,

les deux variables pouvant être reliées par une loi.

Pour cette raison, l'application de règles fondées sur l'évolution des surfaces moyennes (de logement, de surfaces habitables par personne) est écartée, car les tendances constatées au

cours de l'analyse rétrospective résultent de taux de répartition MI/IC dans la construction neuve, qui est un des rares leviers dont nous disposons pour différencier les scénarios.

Pour représenter le parc dans un exercice prospectif, deux sous ensembles sont considérés :

- le parc existant en 1999 (stock de résidences principales) ;
- le parc neuf construit à partir de 1999.

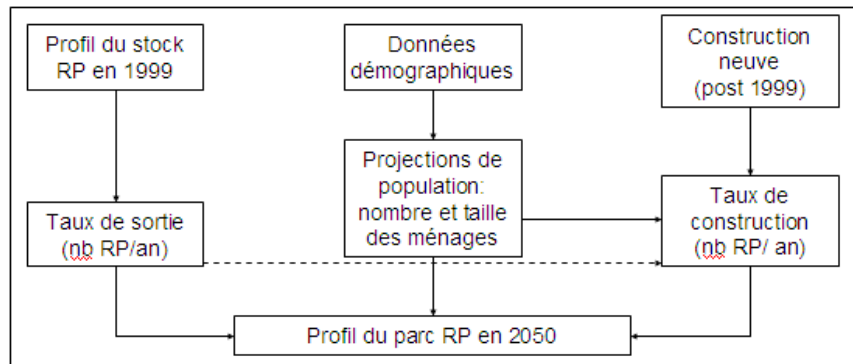


Figure 16 : Structure principale du modèle prospectif du parc de résidences principales

L'évolution du stock entre 2000 et 2050 obéira à l'hypothèse d'une érosion lente des effectifs, au rythme des sorties du parc. Le moteur de la construction neuve devra être lié au stock (Figure 16) dans la mesure où il repose sur un double ressort :

- la demande liée à l'augmentation du nombre de ménages entre deux années consécutives;
- la nécessité de compenser les logements du stock rendus indisponibles par sortie du parc.

Le nombre de ménages est une donnée fondamentale pour expliquer la dynamique du parc, plus importante que le nombre d'habitants : par sa croissance, le nombre des ménages induit une augmentation annuelle du nombre de logements, qui sera concrétisée par la seule construction neuve, puisque nous écartons l'hypothèse d'une division des grands logements du stock en plusieurs petits logements. La demande potentielle de logements est ainsi liée à l'accroissement du nombre de ménages, qui s'explique principalement par le vieillissement de la population. Le nombre de logements neufs correspond ainsi, annuellement, à l'accroissement du nombre de ménages au cours de l'année considérée, augmenté du nombre de logements sortis du parc. La taille moyenne du ménage permet d'estimer la population hébergée dans la construction neuve, puis, selon les hypothèses des parts respectives de logements individuels et collectifs, la surface des deux parcs neufs sera estimée. A cette dynamique du parc neuf, sera associée une dynamique du parc existant, également affecté par les sorties du parc.

1.1.3.2 La structure du modèle pour la construction neuve

Le modèle de parc neuf est fondé sur une répartition MI/IC qu'il convient de se fixer a priori, et qui sera supposée constante tout au long de l'intervalle 2000-2050. En raison de la part prépondérante du stock, nous constaterons que le profil du parc final (stock+neuf post 1999) est moyennement sensible à cette variable.

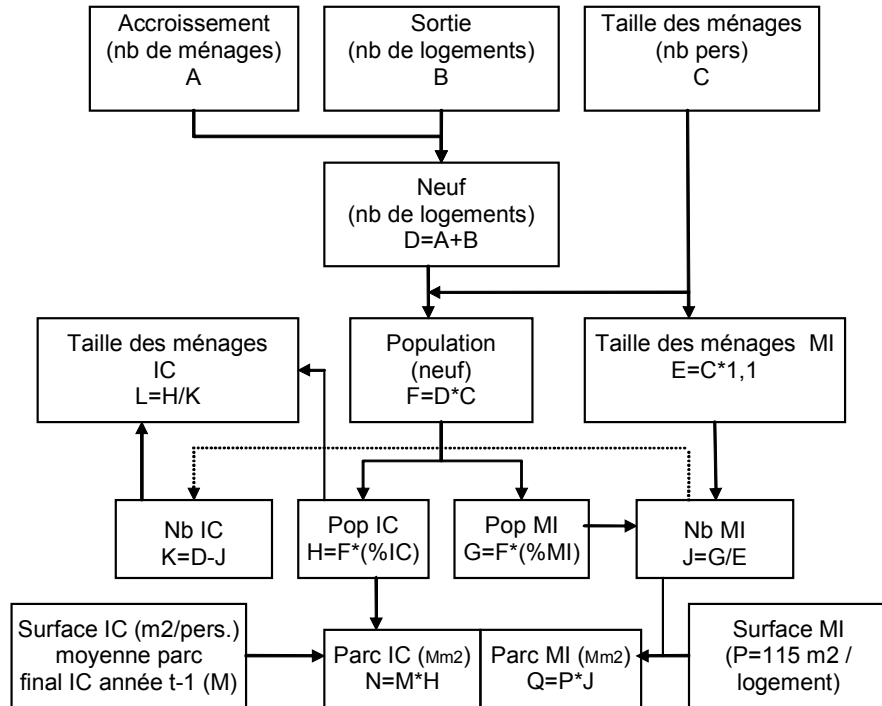


Figure 17 : Dynamique de la construction neuve, pour une unité de population donnée (commune, département, région).

La dynamique du parc neuf répond à de nombreuses hypothèses, pour l'année considérée, le calcul donnant priorité à la définition des données du parc MI, en raison de la plus grande homogénéité du produit MI en surface et en taux d'occupation (Figure 17). Pour le produit IC, les extrêmes, du studio au 5 pièces ou plus, conduisent en effet à des surfaces et des taux d'occupation très variables. Les hypothèses retenues sont les suivantes:

- la taille des ménages dans le neuf est identique à celle de la moyenne de la population (valeur C);
- la taille des ménages en MI est légèrement supérieure à la moyenne ($C*1,1$), le nombre de MI en étant déduit (nombre de MI = population MI / taille du ménage MI);
- les données du parc IC en sont déduites: solde de population et du nombre de ménages, ce qui donne la taille moyenne du ménage en IC.

Pour les conditions de logement, nous considérons par ailleurs que le produit MI est stabilisé à 115 m^2 (un examen des permis de construire récent indique cependant une surface légèrement inférieure, à 107 m^2). Dépendant du solde de population et du nombre de ménages qui lui est affecté, le produit IC (en taille de logement) est défini par la surface habitable par personne, qui a évolué moins rapidement que dans le cas de la MI : c'est la valeur moyenne du parc final (stock + cumul neuf) de l'année précédente qui lui est appliquée. Il est vraisemblable que les coûts engendrés par l'augmentation des performances énergétiques des logements, ainsi que par l'amélioration de la qualité environnementale générale (gestion de l'eau, santé, confort d'été, etc.) se répercutent sur les surfaces habitables, moins généreuses que celles des MI.

Synthèse des hypothèses du modèle « dynamique du parc neuf »

H1: Occupation du parc total neuf (construit au cours de l'année t-1): On applique la taille du ménage moyenne de la population au 01/01/t:

H2: Tendence lourde appliquée à la MI neuve

Le taux d'occupation est supérieur à la taille moyenne des ménages, coefficient pris à 1,1:

La surface optimale de 115 m² est stabilisée depuis 1980 (113 m² pour les MI construites entre 1975 et 1981):

H3: Surface habitable par personne dans IC neuf: On applique la moyenne du parc final IC de l'année précédente.

Le parc IC neuf s'adapte à la variable distinguant les scénarios (répartition de population MI/IC): la taille du ménage est déduite de la population et du nombre de logements.

H4: Le neuf construit depuis 1999 (cumul neuf à l'année t) suit la décroissance des ménages, selon la règle de la taille moyenne du ménage du parc final (année t-1), par catégories MI et IC.

1.1.3.3 Quelques enseignements du modèle : taux de sortie et répartition MI/IC

Le taux de sorties est une donnée importante, bien que l'augmentation du nombre de ménages soit le moteur essentiel de la construction neuve. Aux taux de sortie fixés dans le modèle, on estime qu'il subsistera plus des trois quarts du parc antérieur à 2000 en 2030 et 70% en 2050 (Tableau 3).

Tableau 3 : Evolution de la répartition des effectifs de résidences principales, en France, selon les dates de construction.

(en %)	2000	2030	2050
Avant 1975	64,7	49,4	45,3
1975-2000	35,3	26,9	24,7
Après 2000	0	23,7	29,9
TOTAL	100	100	100

Pour un niveau de sorties décroissant légèrement de 60.000 à 50.000 unités de 2005 à 2030, le nombre de logements neufs pourrait décroître sous la barre des 200.000 logements en 2030 (Figure 18).

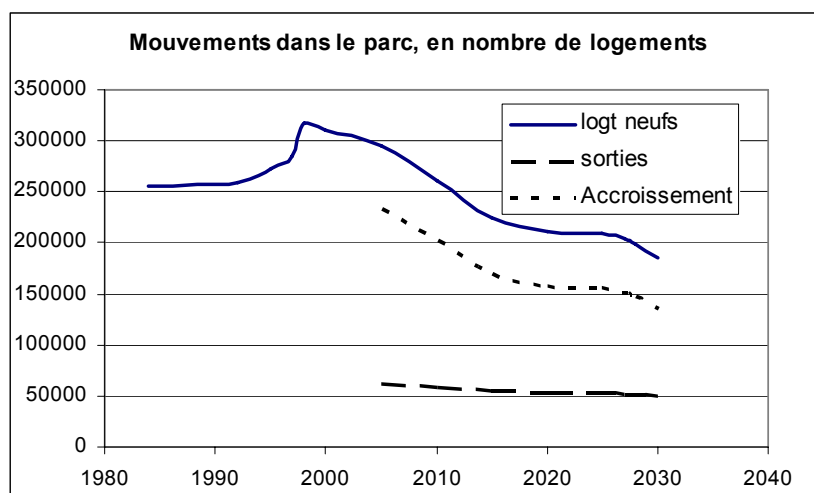


Figure 18 : Prospective des mouvements dans le parc (2005-2030), en nombre de logements.

L'expression du taux de sortie pourra être affecté de conditions afin de représenter les situations de décroissance du nombre de ménages, ce qui pourra se produire dans certaines aires urbaines, par application du modèle de densités. Il pourra en être de même pour les besoins de construction neuve, qui pourront être nuls dans certaines conditions.

Les différents scénarios se distinguent par la distribution de la population des logements neufs selon les deux catégories de logements (MI : maison individuelle, et IC : immeuble collectif). La surface par personne étant plus élevée en MI, une répartition de la population majoritairement affectée à la MI se traduit par une surface cumulée du neuf plus élevée, de 24,5 % entre les deux hypothèses contrastées de 85 % et 15 % de la part de population du neuf en MI (Figure 19). Pour ces deux extrêmes, la part du neuf (en Mm²) construit dans l'intervalle 2002-2030 serait respectivement de 24,2 % à 20,3% du parc final en 2030 (Tableau 4).

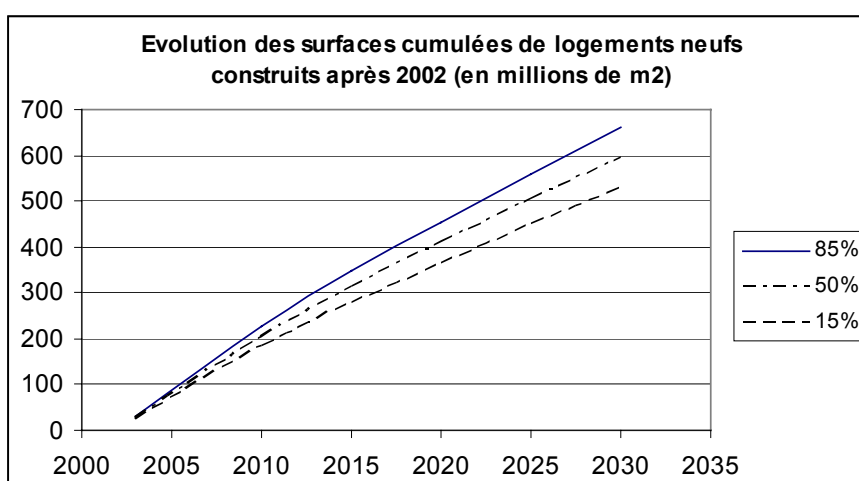


Figure 19 : Evolution des surfaces cumulées de logement neufs, selon trois hypothèses de répartition de la population du neuf en MI : 15%, 50% et 85%.

Tableau 4 : Etude de sensibilité du modèle aux hypothèses de répartition MI/IC pour la construction neuve, valeurs cumulées en 2030, en millions de m2.

Part de MI (population dans le neuf)	Cumul neuf (2002-2030)	Parc final en 2030	% du neuf (post 2002) en 2030
85%	659,2	2720,3	24,2
50%	594,2	2661,9	22,3
15%	529,5	2603,8	20,3

Pour une valeur de la part de MI dans le neuf de 70% (en population), ce qui correspond au niveau actuel, le parc final continuerait de croître pour atteindre 2720 Mm² en 2030, le stock représentant près de 76% du parc final, malgré sa lente érosion sous l'effet des sorties du parc (Figure 20).

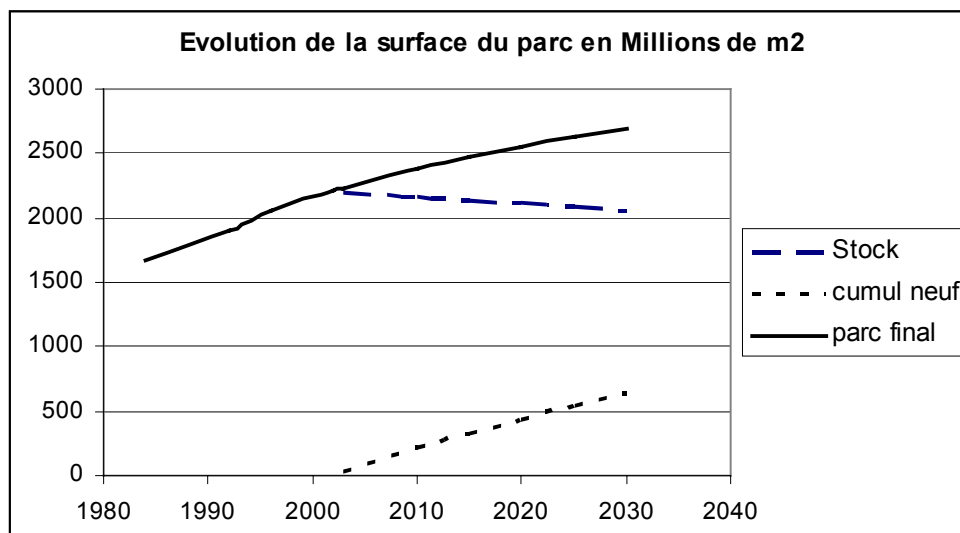


Figure 20 : Evolution du parc final et de ses deux composantes (neuf « post 2002 » et stock) pour un taux de MI de 70% de la population dans le neuf.

1.1.4 Le modèle de logement et la localisation

Un modèle de densité de localisations opère l'articulation entre les comportements de transport et les choix d'habitat. Le modèle de logement reçoit en entrée les résultats du modèle de localisation, sur la base d'une relation qui a été établie entre la densité et le taux de maisons individuelles (tauxMI), et qui s'exprime par (courbe rouge de la Figure 21) :

$$D = a * e^{(b * \text{tauxMI})}$$

Les coefficients a et b prennent les valeurs suivantes, lorsque la densité est calculée sur la base de la surface artificialisée :

$$a = 1.977e^{+004}$$

$$b = -7.853$$

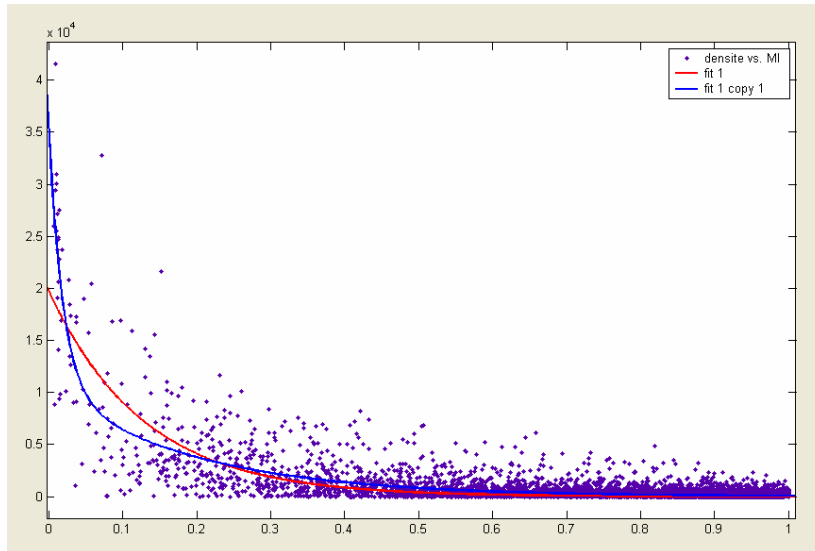


Figure 21 : Densité de population, en nombre d’habitants au km² de surface artificialisée, en fonction du taux de MI (entre 0 et 1).

Source : LTMU-UTC

Le couplage entre les modèles de déplacement et d’habitat s’établit en réalité à partir de la typologie de logement (MI ou IC), en fonction de la densité de la commune. Afin d’accorder les deux modèles, la surface communale a été retenue au détriment de la surface artificialisée, car cette dernière évolue dans le temps pour une même commune, au fur et à mesure de l’avancée de l’urbanisation. Le taux de MI est alors calculé en fonction de la densité D pour toutes les communes et à chaque pas de temps, par l’expression :

$$\text{TauxMI} = 0,9355 * e^{-3.10[-4].D}$$

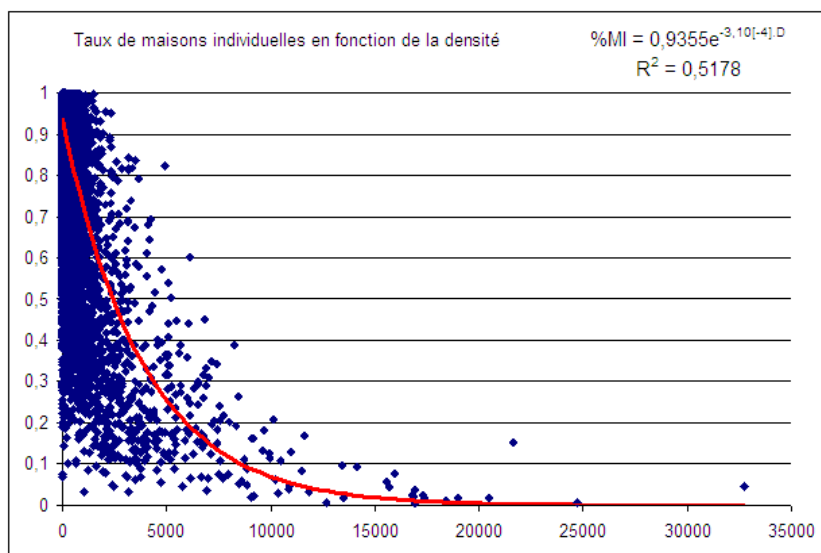


Figure 22 : Taux de MI en fonction de la densité de population, en nombre d'habitants au km² de surface communale.

Source : LTMU-UTC

L'évolution au cours du temps des populations dans les différentes classes de densité, établie par le modèle de densité du LET, est interprétée par le modèle de parc de logements selon une double procédure :

- l'accroissement du nombre de ménages au sein d'une unité donnée (commune, aire urbaine, département, etc.) active la construction neuve ;
- le différentiel de taux de MI entre deux situations successives permet d'établir la répartition de la construction neuve selon les deux typologies de logements MI et IC ; si la croissance du nombre de MI est plus rapide que le nombre de ménages total, une compensation est opérée sur les immeubles collectifs, sous forme de sorties du parc.

Dans une étape ultérieure, il sera tenu compte du degré de contiguïté entre logements mitoyens, qui relève de propriétés de la forme urbaine, significative pour les tissus urbains denses.

1.2 Les usages énergétiques du secteur résidentiel

Une première section met en perspective les consommations d'énergie dans le secteur résidentiel. Les deux sections suivantes exposent la construction de deux modèles, l'un pour le chauffage, l'autre pour l'eau chaude sanitaire.

1.2.1 Les consommations totales du secteur résidentiel

1.2.1.1 Les consommations d'énergie de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire

Les principaux usages de l'énergie dans le parc de résidences principales concernent :

- le chauffage des locaux ;
- la production de l'eau chaude sanitaire (ECS)

- la cuisson
- les usages spécifiques de l'électricité, la demande pouvant être désagrégée selon qu'elle relève de l'éclairage ou des appareils électro-ménagers.

Tableau 5 : Evolution de la consommation d'énergie finale par usage (Unité : million de tep)

Résidentiel	1985	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003
Chauffage	31,2	32	33,1	34,8	34,9	36,3	35,5	35,4
Eau chaude sanitaire	3,5	3,7	3,8	4,1	4,1	4 / 4,8(°)	3,9	3,8
Cuisson	2,3	2,2	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Electricité spécifique	3,1	3,4	4	4,6	4,8	5	5,2	5,3
Consommation du secteur résidentiel	40,1	41,3	43,4	46,1	46,4	47,9	47,2	47,1

Source : Observatoire de l'énergie (bilans de l'énergie)

Hors énergies renouvelables mais y compris le bois

(°) Donnée Enerdata

Nous nous intéressons en particulier aux consommations liées au confort thermique (chauffage et ECS), qui représentent une très large part du total. Cette part s'élève à plus de 86 % en 1990, et une valeur sensiblement égale en 2001, si la consommation d'ECS correspond à la valeur adoptée par Enerdata, supérieure aux données de l'Observatoire de l'énergie (Tableau 5).

Ces deux postes principaux de consommation seront plus fortement sensibles aux leviers et aux scénarios de localisation, en raison des choix énergétiques associés à la typologie du logement (maison individuelle ou logement collectif).

Les consommations moyennes de chauffage, par mètre de carré de logement, décroissent légèrement en fonction des actions de réhabilitation du stock et de l'accroissement du parc au moyen de logements de performances accrues, selon le rythme de la réglementation thermique (Tableau 6).

Tableau 6 : Evolution des consommations d'énergie de chauffage (1990-2001)

		1990	1999
Consommation totale (1)	(en TWh)	386,02	404,62
Nombre logements (2)	(en milliers)	21605	23905,5
Surface moy. Logt (2)	(m ²)	85,50	89
Surface totale du parc	(Mm ²)	1847,23	2127,59
Consommation unitaire	(en kWh/m ² /an)	209,0	190,2

Sources : (1) Enerdata

(2) INSEE

Les consommations unitaires de production d'eau chaude sanitaire (en kWh/an.pers) croissent continûment, de 511 en 1973, à 800 en 1990, puis à 921 en 1999 en moyenne en métropole. La croissance totale est ainsi plus rapide que celle de la population (Tableau 7).

Tableau 7 : Evolution des consommations d'énergie pour la production d'ECS

		1990	1999
Population	(en millions)	56,615	58,518
Consommation totale	(en TWh)	45,3	53,9
Consommation unitaire	(en kWh/pers/an)	800	921

1.2.1.2 Les parts de marché des différentes énergies

Pour le chauffage, la répartition des différentes sources d'énergie place le gaz en première place (34% de parts de marché), suivi du fioul (27%) puis du bois (22%). Les consommations unitaires par m² de surface habitable, calées sur les données totales de 1999, sont distinguées en fonction de la localisation du logement, indiquant son appartenance à une zone climatique précise, du type MI ou IC, de la période de construction, du type d'équipement et du combustible de chauffage (Tableau 8). Pour les projections, il conviendrait de répartir des besoins, en estimant les rendements des installations.

Tableau 8 : Variables retenues et leurs modalités

Variables retenues	Zone climatique	Type de logement	Période de construction	Equipement	Combustible
Modalités prises par la variable	H1 H2 H3	Maison individuelle (MI) Immeuble collectif (IC)	Avant 1915	Chauffage central collectif	gaz en réseau
			de 1915 à 1948		fioul
			de 1949 à 1967	Chauffage central collectif	électricité
			de 1968 à 1974		gaz (citerne, bouteille)
			de 1975 à 1981	Chauffage « tout électrique »	charbon, bois
			de 1982 à 1989		Ensemble
de 1990 à 1999	Autres moyens de chauffage	Ensemble			
Après 1999					

Chacune de ces variables fournit une indication entrant dans le calcul thermique et dans celui du facteur d'émissions de GES (Figure 23).

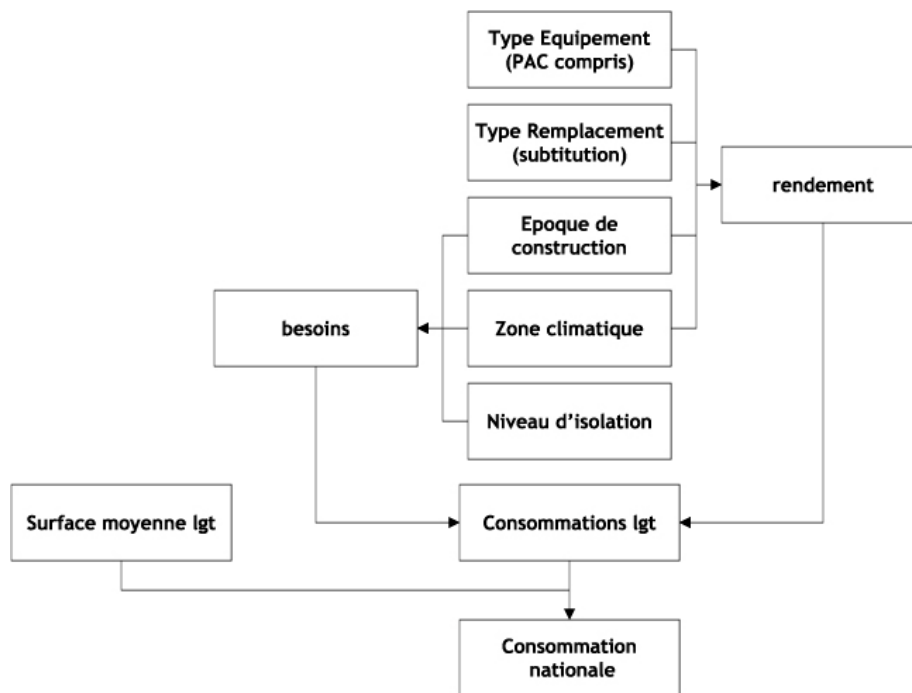


Figure 23 : Schéma de calculs simplifié des consommations de chauffage.

L'exploitation des statistiques du CEREN permet d'identifier les principales énergies utilisées pour le chauffage de l'eau sanitaire des résidences principales, selon la typologie MI (maisons individuels) et IC (appartement en immeuble collectif) : l'électricité et le gaz dominent respectivement en MI et en IC, avec près de 50% des logements dans chaque cas (tableau 9). Compte tenu des différences de taille des ménages selon le type de logements, la répartition de la population selon les énergies de chauffage apparaît plus contrastée (Figure 24).

Tableau 9 : Mix énergétique français pour l'eau chaude sanitaire des logements

Energie pour ECS	MI (milliers)	%	IC (milliers)	%
Gaz	3779	27%	5405	49%
Fuel	2183	15%	683	6%
GPL	1036	7%	111	1%
Electricité	6953	49%	4145	37%
Bois	179	1%		0%
Chauffage urbain	0	0%	764	7%
Ensemble	14130	100%	11108	100%

SOURCE: Bilan Carbone, version 3.0, 2005, p.37, d'après CEREN, 2002

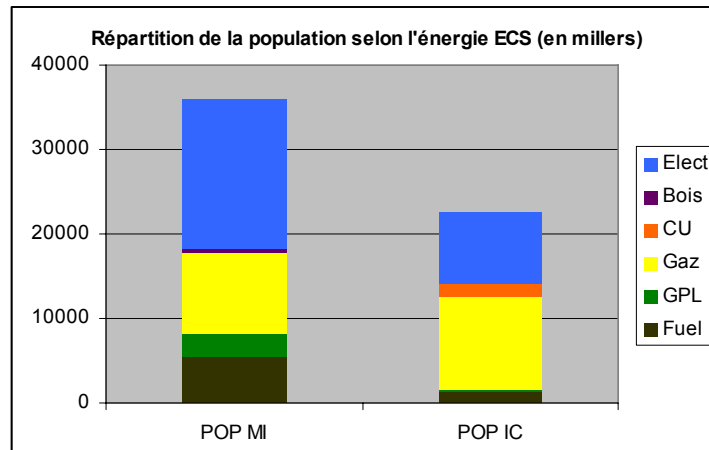


Figure 24 : Répartition de la population selon le type de logement et l'énergie de production de l'ECS (en milliers de personnes).

1.2.2 Le chauffage

1.2.2.1 Le couplage du modèle de parc et des consommations d'énergie de chauffage.

Le modèle de parc distingue deux effectifs :

- le stock existant en 1999, et son évolution annuelle à l'horizon 2050 ;
- la construction neuve de 2000 à 2050.

Les actions retenues pour le stock existant sont de trois ordres :

- une réduction des effectifs selon un taux de sortie annuel, qui est supposé constant dans l'intervalle 2000-2050 ;
- une réhabilitation du bâti, qui peut être appliqué en taux annuel, ou en nombre de logements, et comporter différents degrés d'intervention réduisant les besoins de chauffage par amélioration de l'enveloppe et par réduction des infiltrations d'air ;
- un remplacement des équipements de chauffage, en fonction de la durée de vie du générateur (différente selon l'énergie considérée, fioul, gaz, électricité, etc.), qui peut être accompagné d'une substitution au profit d'une énergie plus neutre en carbone.

Pour la construction neuve, les consommations totales dépendront de deux paramètres principaux :

- le taux de répartition MI/IC, qui joue doublement, sur les surfaces habitables totales, et sur le poids relatif des consommations unitaires MI / IC, les besoins de chauffage étant inférieurs pour le collectif ;
- la progression des exigences réglementaires, qui peut plus ou moins rapidement atteindre les niveaux « basse consommation », « maison passive » ou encore « zéro énergie ».

Le principe du couplage des calculs de consommation d'énergie de chauffage et de du modèle de parc est représenté Figure 25.

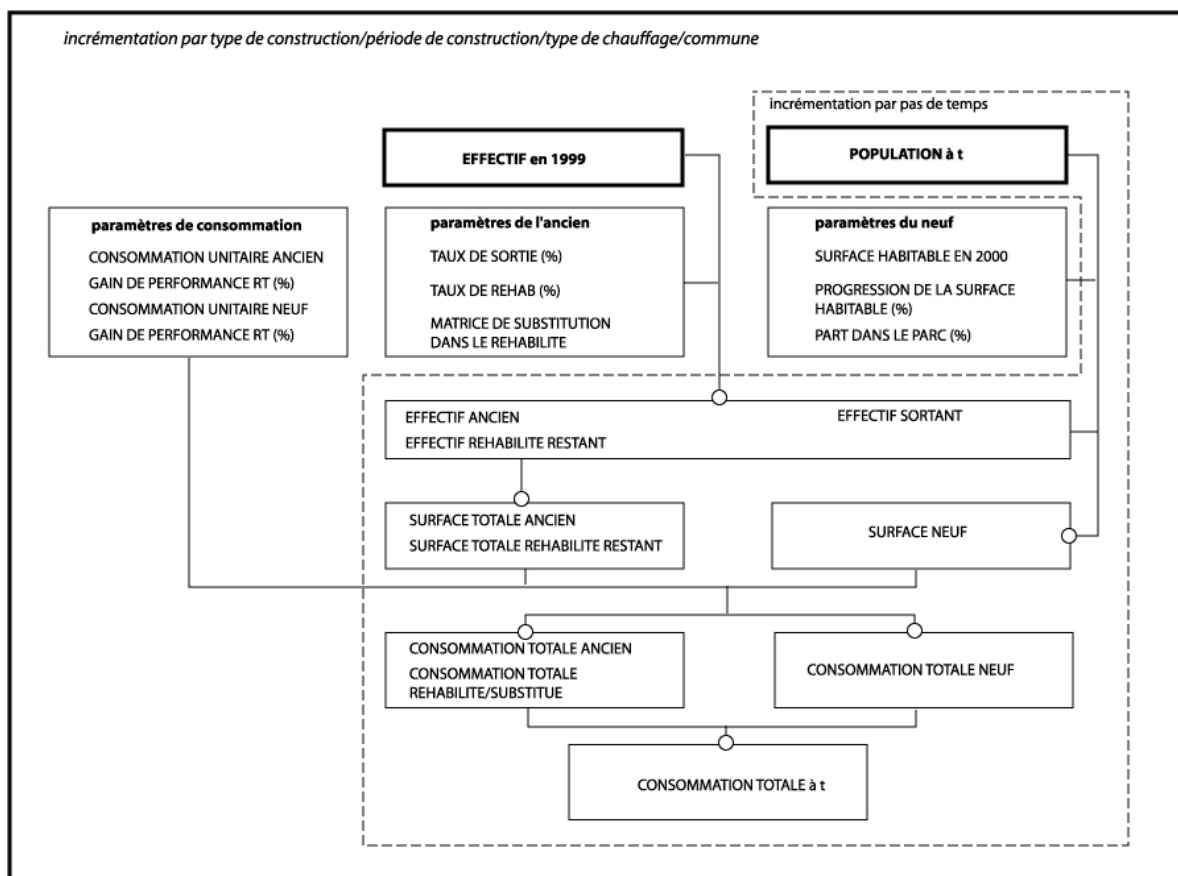


Figure 25 : Couplage du modèle de parc et du calcul des consommations d'énergie de chauffage.

1.2.2.2 Modélisation du parc existant

Les principaux leviers retenus pour l'évolution des équipements énergétiques du parc existant résident dans :

- l'amélioration des rendements des équipements (Tableau 10, Tableau 11).
- le taux de remplacement des équipements à l'identique, à un rythme calé sur leur durée de vie (en supposant une équipartition des chaudières en raison de leur âge) ;
- l'application d'une matrice de substitution des équipements non renouvelés à l'identique, vers les sources moins carbonées.

Tableau 10 : Evolution des rendements totaux de chauffage pour différentes énergies (Maison individuelle)

MI	RTOT	RTOT 1999	RTOT 2050
	ancien	Chaud. neuve	Chaud. neuve
Charbon	0,440	0,541	0,700
Fioul	0,514	0,587	0,750
GPL	0,530	0,600	0,750
Gaz	0,569	0,606	0,850
Chauffage urbain	0,700	0,750	0,800
Bois	0,440	0,541	0,600
Electricité	0,884	0,941	0,980
Pompes à chaleur	1,000	2,600	3,500

Tableau 11 : Evolution des rendements totaux de chauffage pour différentes énergies (Immeuble collectif)

IC	RTOT	RTOT 1999	RTOT 2050
	ancien	Chaud. neuve	Chaud. neuve
CCC Charbon	0,440	0,516	0,700
CCC Fioul	0,498	0,516	0,750
CCC GPL	0,498	0,516	0,750
CCC Gaz	0,498	0,516	0,850
CCC Chauffage urbain	0,630	0,675	0,750
CCC Bois	0,440	0,516	0,600
CCI Gaz	0,545	0,581	0,750
CCI Electricité	0,884	0,941	1,000
CCI PAC	1,000	2,300	3,200

Le taux de réhabilitation du bâti est, dans un premier temps, appliqué en pourcentage annuel. Pour rendre compte d'une action complète sur le stock, cumulant l'amélioration de l'enveloppe et des équipements, il serait possible d'associer cette réhabilitation au renouvellement de chaudière, en s'assurant que la totalité du parc est touché à un horizon donné.

1.2.2.3 Scénarios de réhabilitation du stock

L'amélioration du bâti s'applique à des logements considérés comme plus vétustes que la moyenne du stock considéré (valeur de référence), ce qui se traduit par une surconsommation énergétique, avec deux variantes (référence + 10% ou + 20%). Le gain induit par la réhabilitation est soumis également à deux variantes (référence - 10% ou - 20%). La prise en compte du renouvellement des équipements permet de mettre en évidence la diminution des consommations induite par l'amélioration des rendements entre deux générations

d'équipement du même type. Ce gain se traduit par un coefficient de pondération des consommations unitaires moyennes du type de logement concerné (Figure 26).

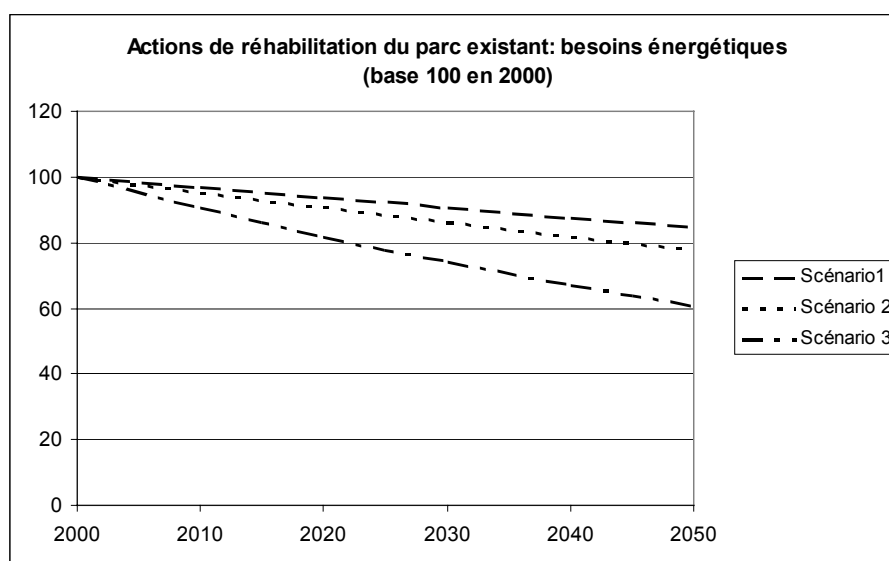


Figure 26 : Besoins énergétiques unitaires pour trois scénarios d'action sur le parc existant, selon le taux de vétusté des logements réhabilités, le gain unitaire en réduction des besoins de chauffage, le taux de réhabilitation, en % d'unités par an.

Scénario 1 : (+20% ; -20% ; 0,833%) ;

scénario 2 : (+10% ; -10% ; 2,5%) ;

scénario 3 : (+20% ; -20% ; 2,5%). Source : LTMU-UTC.

1.2.3 L'eau chaude sanitaire (ECS)

1.2.3.1 La recherche du modèle

Les besoins d'eau chaude sanitaire sont supposés être affectés à la personne. Deux types de besoins doivent être distingués :

- les besoins théoriques basés sur une consommation moyenne d'eau chaude par personne et par jour, dépendant de la température de l'eau, donc de la saison et de la localisation ;
- les besoins réels, ou effectifs, qui résultent d'un taux de satisfaction moyen des besoins, et qui peut représenter le taux de population équipée pour satisfaire les besoins théoriques ; les besoins effectifs peuvent être réduits par une gestion économe de l'eau, limitant le volume d'eau chaude consommée par personne et par jour.

Pour évaluer les consommations d'énergie à partir de l'estimation des besoins, il conviendrait de tenir compte du nombre de personnes occupant le logement, le rendement de l'installation pouvant être amélioré par la mutualisation des besoins. Par ailleurs, l'installation est en règle générale dimensionnée en fonction de la taille du logement (superficie en m² ou capacité d'accueil en nombre de personnes par logement), ce qui peut affecter le rendement de

l'installation de production d'ECS, en cas de sous peuplement du logement. Il conviendrait à ce titre d'introduire un facteur correctif tenant compte de la taille du logement et du taux de sous peuplement. La procédure de calcul est schématisée dans la Figure 27.

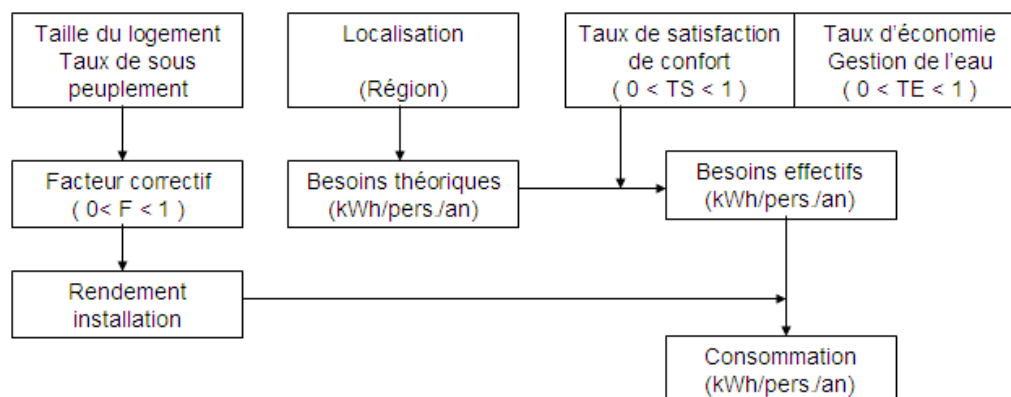


Figure 27 : Procédure d'estimation des consommations unitaires d'énergie pour la production d'ECS.

Le taux de satisfaction des besoins, qui pourra évoluer dans les scénarios prospectifs, est estimé au départ pour l'année 1999, par confrontation des besoins théoriques et des besoins effectifs, évalués à partir des consommations, en inversant le sens d'utilisation de la procédure précédente.

La procédure adoptée comprend quatre étapes :

1. le calcul des besoins unitaires théoriques pour toute région par la méthode SOLO 2000 (ADEME-CSTB, sous version Tecsol) ;
2. l'estimation de la moyenne pondérée en France, selon la répartition de la population en Régions en 1999 ;
3. le calcul du taux de satisfaction des besoins en ECS (moyenne nationale) ;
4. l'application du coefficient de satisfaction des besoins en 1999 uniformément à toute région et aux parcs MI et IC.

1.2.3.2 L'estimation des besoins unitaires théoriques en 1999-2000

Les besoins par personne ont été estimés grâce à la méthode SOLO à partir des données météorologiques de chaque région (notamment la température de l'eau) : les besoins peuvent ainsi être évalués en moyenne pondérée par la répartition de la population en 1999 selon les 22 régions, à 858 kWh/personne/an en métropole (Tableau 12).

Tableau 12 : Estimation des besoins d'énergie (ECS) par personne et par an

En kWh/personne.an	Valeur mini	Valeur maxi	Moyenne pondérée
Méthode SOLO 2000 (ADEME-CSTB)	765 (Corse)	900 (Alsace)	858 (métropole)

1.2.3.3 L'estimation des besoins unitaires satisfaits en 1999-2000

Les consommations d'énergie C résultent d'une réponse à des besoins B, liés à une demande de quantité d'eau chaude par personne, dans un système de production donné comprenant une génération et une distribution d'eau chaude :

$$C = B/R_{\text{tot}}$$

$$R_{\text{tot}} = R_g \times R_d \times R_s$$

Avec R_{tot} : rendement total de production d'eau chaude sanitaire,

R_g : rendement de génération, dépendant de la performance du générateur et de l'énergie utilisée (ballon électrique, chaudière gaz, fioul, etc.).

R_d : rendement de distribution

R_s : rendement de stockage

Les hypothèses adoptées pour l'estimation des consommations et des besoins unitaires en 2000, puis en 2050, sont présentées Tableau 13.

Tableau 13 : Evolution des rendements de production d'ECS pour différentes énergies

	En 1999	En 2050
Rendement distribution x stockage	0,90	0,90
Rendement de génération :		
Fioul	0,67	0,75
GPL	0,70	0,75
Gaz	0,72	0,85
Chauffage urbain	0,90	0,90
Bois	0,50	0,60
Electricité	1,00	1,00

Les besoins unitaires moyens peuvent être déduits de la consommation totale à partir du mix énergétique ECS de 1999 :

$$CU = (1/POP_{\text{tot}}) \times C_{\text{tot}} = (1/POP_{\text{tot}}) \times \sum_j (CU_j \times POP_j) = (BU/POP) \times \sum_j (POP_j/R_{\text{tot}j})$$

Avec :

CU : consommation unitaire moyenne

CU_j : consommation unitaire pour l'énergie j

BU : besoins unitaires moyens

POP_{tot} : population totale

POP_j : population relative à l'énergie j

$R_{\text{tot}j}$: rendement total relatif à l'énergie j

En répartissant la population selon les effectifs du mix énergétique, et en distinguant les taux d'occupation MI et IC, respectivement 2,68 et 2,18 personnes/logement, on obtient les trois valeurs suivantes en 1999 :

- donnée de consommation unitaire moyenne, CU = 921 kWh/pers.an
- $1/R_{tot}$ (valeur moyenne) : 1,363
- besoin unitaire moyen estimé : 676 kWh/pers.an

Le taux de satisfaction est ainsi évalué à $676/858$, soit 0,788 : il représente soit la part de la population équipée selon les hypothèses de calcul des besoins de la méthode SOLO (le solde étant dépourvu d'équipements), soit la part des besoins qui est satisfaite en moyenne. Nous considérons que ce taux de satisfaction sera égal à 100% dès 2020, compte tenu de l'évolution des équipements constatée au cours des dernières décennies : en mars 1999, plus de quatre logements sur cinq étaient équipés d'installations sanitaires, W.-C. à l'intérieur et chauffage central, alors que le ratio n'était que de trois sur quatre en 1990 et demeurait inférieur à un sur deux en 1975⁶ (Figure 28).

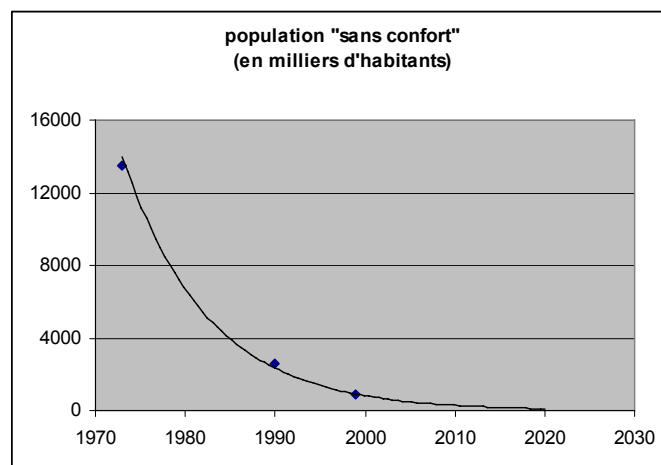


Figure 28 : Evolution tendancielle de la population sans confort.

1.2.3.4 Les hypothèses d'évolution prospective

Dans une perspective de maîtrise des consommations d'énergie qui doit se traduire par une réduction très volontaire des émissions de CO₂ en 2050, il est légitime de s'interroger sur les conditions d'une croissance constante des besoins donc des consommations unitaires, telles qu'ils peuvent être déduits des scénarios tendanciels d'Enerdata (Figure 29).

⁶ M. Chaleix, C. Madinier , « Des logements plus grands et plus confortables », *Insee Première* N° 750 - Novembre 2000.

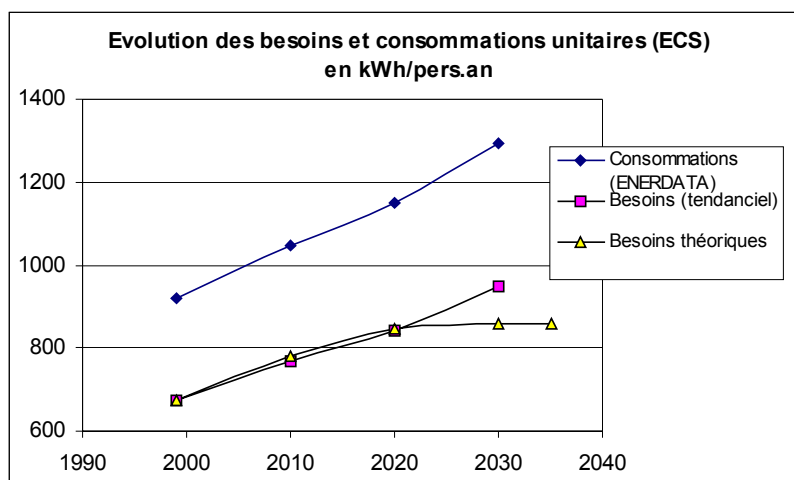


Figure 29 : Comparaison des évolutions des besoins unitaires d'énergie pour la production d'ECS.

Tendanciel estimé à partir des scénarios Enerdata, et stabilisation des besoins au niveau théorique calculé pour 1999.

Le scénario de référence est fondé sur l'hypothèse d'un décrochage par rapport à une croissance des besoins unitaires qui serait poursuivie au-delà de 2020. Ce résultat est obtenu par stabilisation des besoins unitaires à leur valeur théorique à partir de l'année où cette valeur est atteinte (le taux de satisfaction étant alors égal à 1).

Afin de rassembler les conditions favorables à une réduction des consommations, une seconde hypothèse comportementale est adoptée : les coûts d'exploitation liés à l'eau chaude sanitaire, cumulant les hausses prévisibles des coûts de l'eau potable et de l'énergie, conduiront les usagers à s'équiper de matériel plus performants (robinets, douches, etc.), sur la base d'un taux d'économie de 30% de la consommation d'eau chaude (en m³/pers.an). Le croisement de ces deux hypothèses s'exprime par une variation importante au cours de la période 1999-2050 ; les besoins unitaires présentent un pic en 2020, lorsque le taux de satisfaction atteint sa valeur maximale (égale à 1) alors que l'équipement sanitaire n'est pas encore généralisé - le taux de réduction des besoins, supposé croissant linéairement dans la période considérée est égal à 87,6% en 2020 (Figure 30).

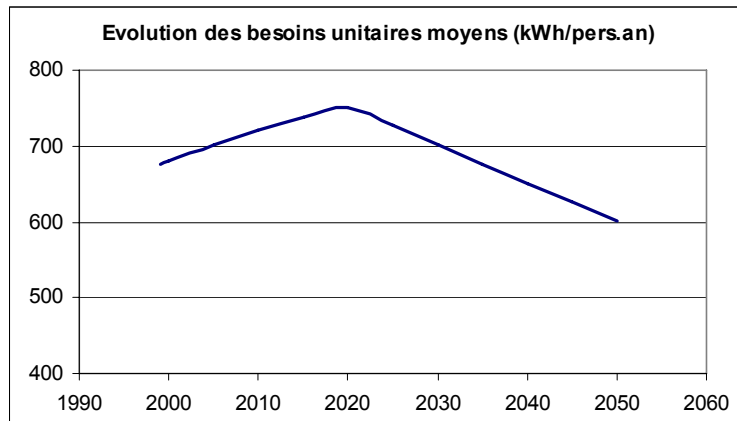


Figure 30 : Cumul des hypothèses de maîtrise des besoins unitaires à l'horizon 2050

1.2.3.5 Les leviers

Les leviers considérés dans le modèle résultent de mesures incitatives, qui seraient adoptées en amont, afin de faciliter l'application de mesures :

- d'économie d'eau (par le taux de réduction des besoins unitaires, permis par des appareils économes) ;
- de recours au solaire thermique (hors énergie bois, qui est déjà une ENR) ;
- de recours à des générateurs de chaleur performants ;
- de substitution entre énergies, par report des énergies fossiles en priorité sur le bois ou sur les réseaux de chaleur progressivement neutres en carbone.

La marge de réduction des besoins, plus étroite que dans le cas du chauffage, se résume à une diminution de consommation d'eau chaude permise par des appareils sanitaires économes : en moyenne sur l'ensemble de la Métropole, les besoins seront estimés pour 2050 à 600 kWh/(pers.an).

En résumé, l'obtention du facteur 4 sur les émissions de carbone repose sur la conjugaison des actions suivantes, dont les niveaux relatifs définiront les différents scénarios :

- taux de réduction des besoins unitaires ;
- équipements solaires (en taux de la population équipée, sur la base de 1 mètre carré de collecteur par personne), variant de 0 à 60% pour l'individuel et de 0 à 40% pour le collectif, pour toute énergie autre que le bois ou le réseau de chaleur ;
- évolution continue des rendements de génération, et en particulier pour l'électrique dont le rendement moyen traduira le taux d'équipement en pompe à chaleur (valeur proche de 3 dans le cas d'un équipement à 100%) ;
- progression des consommations totales – et non des seules parts de marché - de bois (pour les MI) ou de chauffage urbain (pour les IC), affectées d'un coefficient supérieur à 1 ;
- réduction des consommations d'énergies fossiles soit directes (MI, IC) soit dans le chauffage urbain, qui pourrait se caler sur le facteur 4 de réduction des émissions de carbone.

1.2.3.6 La dynamique du modèle

Chaque région est distinguée par un niveau de besoins théoriques et une répartition de population selon le type de logement (MI et IC). A chaque pas de temps, et pour l'unité spatiale considérée, la valeur des leviers est identifiée, selon une loi de répartition linéaire entre l'année de départ (1999) et l'année-cible (2050).

Leviers calculés à chaque pas de temps
L1 : Taux de réduction des besoins unitaires (ECS par personne)
L2 : Taux d'équipement solaire (% de la population équipée, sur la base de 1m ² de collecteur par personne)
L3 : Evolution des rendements de génération (pour l'électrique, supérieur à 1 selon taux d'introduction de pompes à chaleur)
L4 : Taux de progression des consommations de bois (MI) ou Chauff. Urbain (IC)
L5 : Taux de réduction des consommations de fossiles directes (MI, IC) ou dans le chauffage urbain

Un moteur de calcul détermine les consommations unitaires par énergie, compte tenu de l'évolution des rendements de génération, et de l'évolution des besoins. Le principe adopté consiste à évaluer les combinaisons de leviers propres à atteindre le facteur 4 à l'horizon 2050. Pour cette raison, la priorité est donnée à la réduction des consommations totales des énergies fossiles et à l'augmentation progressive des consommations d'énergies neutres en carbone (bois et solaire thermique en particulier). Les populations ainsi équipées en sont déduites, le solde de population étant affecté à l'électrique (Figure 31, Figure 32).

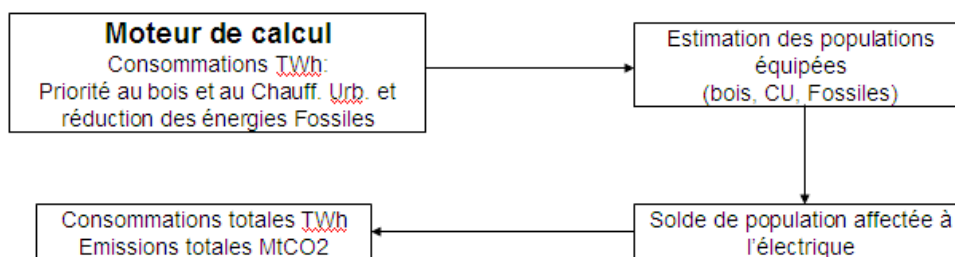


Figure 31 : Principe de calcul des consommations totales ECS dans l'optique du facteur 4 en 2050.

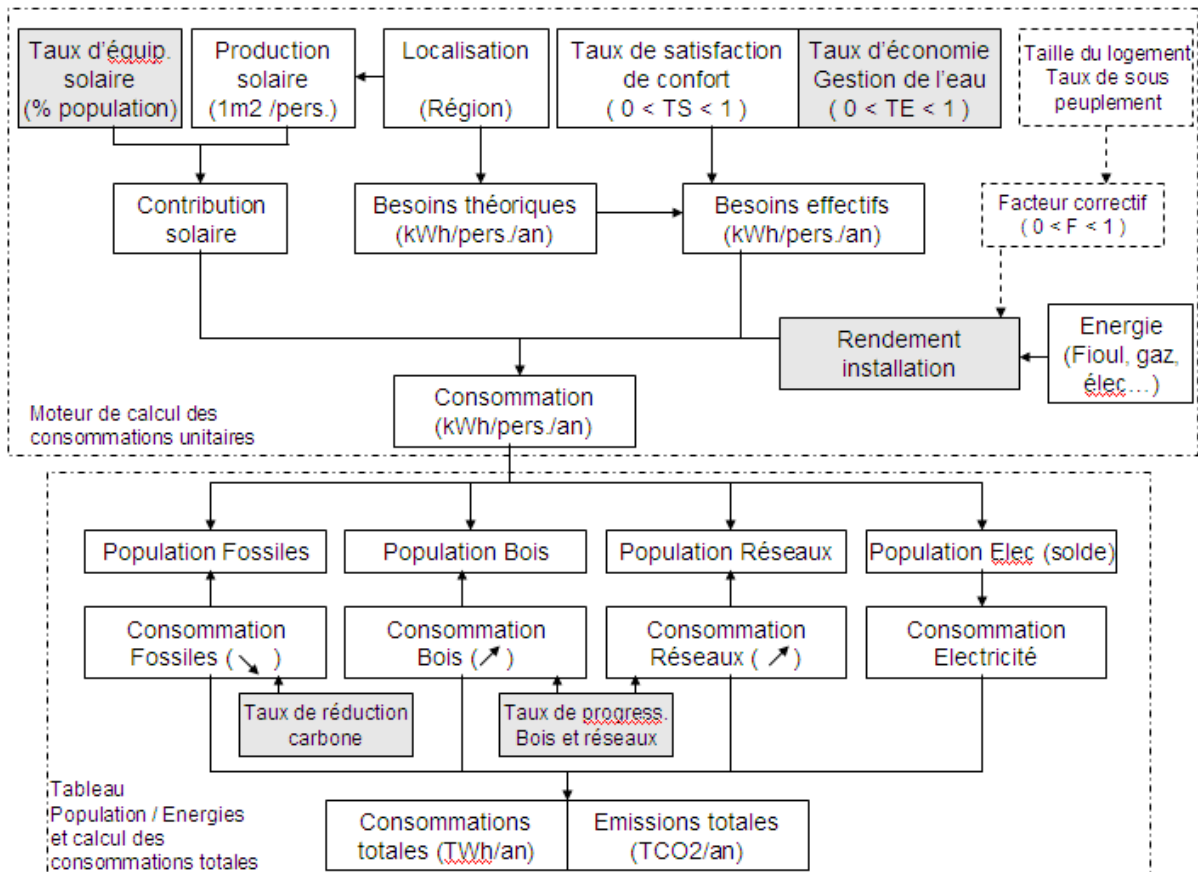


Figure 32 : Structure du modèle de calcul ECS des consommations d'énergie et des émissions de CO2.

Les leviers sont signalés en grisé. Le facteur correctif lié aux conditions d'occupation du logement n'est pas introduit à cette étape.

A l'étape actuelle, le modèle a été conçu séparément du modèle de chauffage. En réalité, deux liaisons devront être établies entre les équipements de production d'eau chaude sanitaire et du chauffage du logement :

- pour rendre compte de la progression des rendements moyens des équipements, au rythme des renouvellements de chaudières et des substitutions proposées pour les équipements de chauffage ;
- pour assurer la part accordée aux réseaux de chaleur, dont l'existence conditionne les deux équipements à la fois (chauffage et ECS).

2 Modélisation des comportements de déplacements

La plupart des exercices de prospective des émissions de CO₂ à moyen ou long terme, qu'ils soient multisectoriels ou qu'ils concernent plus spécifiquement l'impact du transport, se caractérisent par leur caractère très global, maniant des agrégats, des volumes ou des moyennes établis sur l'ensemble de la population (voir rapport R1). Les objectifs de simulation de futurs possibles, de mise en évidence de scénarios contrastés, poursuivis par le programme Ethel, nous incitent à travailler de façon plus désagrégée. En effet, pour prévoir des tendances d'évolution des émissions de CO₂ (compte tenu de la démographie, de l'évolution des revenus, des localisations,...), comme pour élaborer des scénarios d'évolution possibles (technologiques mais aussi de régulation de la mobilité, ou encore de renforcement / d'inversion des tendances de localisations, d'inflexion des modes de vie...), il est nécessaire de pouvoir jouer sur des facteurs explicatifs exogènes. Une manière de le faire est de distinguer, au sein de la population, des groupes relativement homogènes en matière de mobilité. Cette désagrégation par catégories d'individus apparaît d'autant plus nécessaire que les volumes de CO₂ liés au transport de personnes sont le résultat d'une multitude d'émetteurs, aux mobilités très diverses selon leurs caractéristiques socio-démographiques, de motorisation ou de localisation.

L'analyse a donc consisté à hiérarchiser les facteurs explicatifs des comportements de mobilité, que ce soit dans le lieu de vie (« mobilité locale ») ou à plus longue distance. La construction de catégories utilisables en prospective s'est appuyée sur cette hiérarchisation. Lorsque plusieurs critères apparaissaient d'un pouvoir explicatif similaire ou proche, nous avons privilégié ceux qui nous ont paru les plus facilement manipulables pour anticiper les évolutions de long terme de ces mobilités.

Pour appréhender les émissions de CO₂, les kilomètres parcourus par passager et le type de véhicule utilisé représentent les indicateurs les plus pertinents. En effet la dépendance du transport motorisé aux carburants fossiles fait que les émissions sont (avec une approximation suffisante pour notre exercice de projection) quasiment proportionnelles aux kilomètres parcourus par les véhicules et à la consommation unitaire de ces derniers : l'économie-carbone du transport sera d'autant plus efficace que la consommation kilométrique du véhicule sera faible et qu'il transportera plus de passagers. En plus des kilométrages totaux, nous prendrons donc soin de considérer de façon différenciée les distances parcourues en véhicule particulier (voiture particulière ou véhicule utilitaire léger) et en transports collectifs.

L'utilisation des enquêtes couvrant le territoire national (enquête transport de 1993-94, avec recours au point de repère rétrospectif de l'enquête de 1981-82, complétés, pour la mobilité à longue distance pour motif personnel, par les panels de Suivi de la Demande Touristique), s'est avérée indispensable pour mettre en évidence des propensions différenciées à se déplacer. L'intérêt de l'enquête transport, outre son caractère national qui convient bien à notre champ d'étude, est le fait qu'elle recueille non seulement les comportements de mobilité de la semaine dans le lieu de vie habituel (soit le champ couvert par les enquêtes-ménages déplacement locales), mais également la mobilité du samedi et du dimanche, ainsi que les déplacements de longue distance, emmenant les individus au-delà de 80 km de leur domicile habituel.

Cette enquête a fait l'objet de différentes publications de la part de l'Inrets (notamment un n° spécial et double de la revue RTS (1997)), dont les principaux apports, sur la mobilité locale

et non locale sont résumés en annexe (voir en particulier, Gallez et al., 1997, 1998, Madre et Maffre, 1997, Calzada et al., 1997, Orfeuill et Soleyret, 2002). Ces acquis, notamment sur l'allongement des distances locales dans un contexte de relative stabilité des autres indicateurs de mobilité, sur la réduction de certaines disparités sociales, sur l'accentuation des différenciations selon les lieux de vie (pour la mobilité locale), sur les liens existant entre comportements de mobilité locale et de longue distance, sur le développement des voyages de courtes durées (pour la longue distance), nous ont été utiles dans notre analyse des fichiers des enquêtes transport.

Analyser distinctement mobilité locale et mobilité de longue distance (dépassant une aire de 80 km à vol d'oiseau autour du domicile) s'avère nécessaire car les déterminants des deux formes de mobilité ne se recouvrent qu'en partie. Quelques exemples pour s'en convaincre :

- La prise en compte d'un indicateur de revenu du ménage est essentielle pour comprendre les très fortes disparités existant quant aux pratiques de mobilité à longue distance pour motif personnel⁷. Hors ménages d'étudiants (très mobiles pour des raisons spécifiques), par rapport au premier quintile de revenu par unité de consommation, les membres des ménages du dernier quintile de revenu font 2,7 fois plus de voyages à longue distance, 3,3 fois plus de km et passent deux fois plus de nuitées à l'extérieur (Paulo, 2006). Par contre le revenu joue moins en local. A statut (actif, retraité...) donné, son impact est certes bien réel sur la motorisation et l'accès individuel au volant. Mais, chez les actifs notamment, une fois contrôlé l'accès au volant, les distances parcourues ne font pas apparaître de différences nettes selon le revenu du ménage.
- La motorisation joue différemment en local et en non-local : si l'individualisation de la pratique de l'automobile est une tendance structurante de l'évolution de la mobilité au quotidien, elle joue nettement moins fortement sur les mobilités personnelles à longue distance, car celles-ci sont pratiquées plus souvent en famille : peu importe le nombre de voitures du ménage, l'essentiel est d'en avoir une (Paulo, 2006).
- La centralité de la commune de résidence dans l'ensemble urbain, et surtout la densité de population jouent fortement sur les kilomètres parcourus en local, mais ont nettement moins d'influence sur les déplacements à longue distance, où la taille de l'aire urbaine, avec notamment des niveaux de mobilité décroissants entre Ile-de-France, aires urbaines de province et zones rurales. Ces écarts sont en partie à rapprocher de niveaux de revenus moyens assez différents selon ces zones, mais reflètent également un impact propre de la dimension spatiale.

C'est ainsi que la prochaine section propose une analyse et un ensemble de modèles concernant la mobilité locale. Concernant la mobilité à longue distance nous nous sommes focalisés sur les enjeux très particuliers, en termes d'énergie et d'émissions de CO₂, que représentent le fort développement de l'avion, et c'est pourquoi la section suivante lui est consacrée. L'analyse de la mobilité terrestre à longue distance, largement étudiée par ailleurs, fera l'objet d'une synthèse ultérieure.

⁷ C'est-à-dire, hors voyages et déplacements professionnels à longue distance que nous n'étudierons pas ici car ils renvoient à des déterminants propres à l'employeur et au type d'emploi occupé, plus qu'aux caractéristiques socio-démographiques de l'actif.

2.1 La mobilité locale : une typologie explicative pour la prospective

Les besoins de déplacements, comme l'autonomie, et les capacités dont on dispose pour les satisfaire sont très différents selon le statut d'occupation et le cycle de vie. Pour ne prendre que la population en âge d'activité, le fait de travailler ou non va, en moyenne, se traduire par une fréquence de déplacements, et plus encore par des kilométrages très variables, du fait des navettes nécessaires les jours de travail. Ces différenciations selon la position dans le cycle de vie et par rapport à l'activité se retrouvent dans nombre d'analyses sur la mobilité quotidienne (pour des exemples récents, voir Orfeuil, 1999, Nicolas et al., 2001, Paulo, 2006).

Elles apparaissent également structurantes des comportements au niveau national. Aussi avons-nous dans un premier temps distingué six grandes catégories : les scolaires (de moins de 18 ans), les étudiants, les actifs, les femmes au foyer, les chômeurs, les retraités. Le caractère structurant de la vie scolaire et la faible autonomie des plus jeunes vis-à-vis du mode automobile, nous ont incité à étudier les scolaires spécifiquement. Au sein de la population adulte, le caractère structurant du travail (et des études) nous a amené à considérer séparément actifs, étudiants et inactifs. Les besoins de mobilité assez différents des chômeurs (démarches de recherche d'emploi), et des personnes au foyer (entretien du foyer, accompagnement) plaident pour les considérer de façon séparée. La prise en compte explicite des retraités s'explique, à la fois, par l'absence de la structuration par le travail, et l'impact sur la mobilité du vieillissement et de l'évolution dans le cycle de vie (changements de composition du ménage, cessation d'activité, apparition « statistique » de problèmes physiques avec l'avancée en âge, d'une part, et la persistance d'effets de génération quant à l'accès à la voiture d'autre part).

Bien entendu, ces différents groupes sont loin d'être homogènes en termes de comportements de déplacement. A titre d'exemple, les retraités les plus âgés sont nettement moins mobiles que les plus jeunes d'entre eux (Pochet, 1995), nécessitant de distinguer en leur sein deux sous-populations aux mobilités assez différentes. La limite, forcément arbitraire (l'état de santé est très variable d'un individu à l'autre après 70 ans), peut être fixée aux alentours de 75 ans.

Le travail typologique a donc été effectué au sein de chacun des grands statuts, avec une attention particulière pour les trois groupes numériquement les plus importants : les scolaires (de moins de 18 ans), les actifs (ayant effectivement un emploi) et les retraités (de 55 ans et plus, incluant les autres inactifs de 60 ans et plus). Les autres catégories, démographiquement moins importantes (personnes au foyer, au chômage, étudiants), feront l'objet d'estimations à partir des groupes précédents, car dans leur cas, les échantillons issus de l'enquête transport ne permettent pas de mettre en évidence de résultats désagrégés très solides.

Les six groupes étudiés sont donc les suivants ; entre parenthèses, sont indiquées les distances moyennes parcourues en une semaine en local dans l'enquête nationale de 1994, tous modes de transport confondus, et en voiture :

- les scolaires (110 km dont 73 en voiture)
- les étudiants (196 / 139 km),
- les actifs (228 / 203 km),
- les femmes au foyer (124 / 113 km),
- les chômeurs (143 / 125 km),
- les retraités ou autres inactifs âgés (85 / 75 km).

La proportion de distances locales réalisées le week-end est de 28% : on réalise autant de kilomètres en une journée moyenne le week-end qu'en semaine (la proportion de 2/7 équivaut à 28,6%). Cette part du week-end dans les kilomètres locaux est assez proche selon les groupes, elle est la plus élevée pour les scolaires (34%) et les personnes au foyer (33%), devant les étudiants (30%), les chômeurs (31%), les retraités se situant dans la moyenne (28%), tandis que les actifs, groupe qui produit une part importante des km totaux, se déplacent légèrement plus en semaine que le week-end (26%).

2.1.1 Les scolaires

Les comportements de mobilité des jeunes depuis l'enfance jusqu'aux études supérieures, tels que rapportés dans l'enquête Transports et Communications de 1993-94, ont déjà fait l'objet d'analyses⁸, dont nous résumons ci-après les principaux traits. La population scolaire et étudiante était évaluée à 12,2 millions de personnes, en hausse de 18% par rapport à la précédente enquête (1981-82). Avant l'école (maternelle ou primaire), les déplacements des enfants (vers la nourrice ou la crèche) se font pour les trois quarts en voiture. Pour l'école maternelle ou primaire, la proximité est forte (moyenne inférieure à 2 km, décroissante avec la taille de l'agglomération urbaine), et la voiture tend de plus en plus à se substituer à la marche à pied. Avec le passage dans le secondaire, la distance moyenne entre domicile et lieu d'études croît très fortement, avec une divergence entre enseignement général et enseignement technique, les élèves de ce dernier se déplaçant plus loin pour leur lieu d'études. Les transports collectifs ont tendance à dominer la marche à pied, la voiture venant en dernier, même si ce mode d'accompagnement a tendance à augmenter, là aussi au détriment de la marche à pied. Dans le supérieur, les distances entre lieu(x) de résidence et lieu(x) d'études deviennent plus importantes, et la part de la voiture (cette fois-ci comme conducteur) augmente encore. Pour l'ensemble de la population scolaire, l'éloignement entre domicile et lieux d'études croît en moyenne entre les deux enquêtes, sous le double effet d'une évolution structurelle (moins d'écoliers, plus d'étudiants), de choix d'établissements par les familles, et de choix résidentiels (étalement urbain).

Une première section présente une analyse rétrospective, sur la base de descriptions et de modèles économétriques, tandis que la deuxième section décrit brièvement les enjeux prospectifs concernant les scolaires, et le modèle de projection envisagé.

2.1.1.1 Rétrospective

Nous présentons tout d'abord quelques descriptions de l'impact des variables mises en exergue sur les distances locales parcourues par les jeunes d'âge scolaire en semaine et le week-end : la première période est marquée par le rythme temporel de la formation initiale tandis que la seconde est le reflet d'un temps plus libre mais organisé plutôt en famille. Ensuite nous présentons différents modèles économétriques élaborés pour rendre compte des variations de distance parcourues par les scolaires selon leur profil socio-économique, d'une part pour l'enquête de 1993-94, d'autre part pour l'enquête de 1981-82. Enfin, nous comparons les modèles calés sur ces deux enquêtes.

L'échantillon sur lequel nous travaillons a été sélectionné selon le critère de l'âge, supérieur à 5 ans et inférieur strictement à 18 ans. Nous avons en effet exclu de cet échantillon les jeunes adultes, pour lesquels nous considérons que l'accès possible à la voiture en autonomie – et le

⁸ Orfeuill J.-P., non daté, *Vers la nourrice, l'école, l'université. Les déplacements réguliers avant la vie active ?* Note de travail, Arcueil, Inrets, 22 p.

passage progressif à la vie active – les rendent plus proches des actifs, groupe traité par ailleurs.

a) Description selon quelques variables essentielles

Cette première approche descriptive vise à explorer l'effet de quelques variables essentielles, dans un premier temps sur les distances totales parcourues, dans un second temps en distinguant ces mobilités par mode de déplacement.

Les variables retenues, susceptibles d'être explicatives, sont assez classiques pour une analyse de la mobilité. Il s'agit de :

- l'âge, dont on attend des effets de seuil dus à la fréquentation des établissements scolaires dont le maillage territorial est bien différencié entre écoles primaires, collèges et lycées, ainsi qu'à l'autonomisation croissante du jeune au fil de l'âge ;
- le revenu du ménage et l'équipement en voiture, dont on attend des effets d'allongement sur les distances parcourues ;
- la densité de la commune de résidence, comme représentative de la proximité aux aménités et équipements urbains, dont on attend un effet décroissant sur les distances parcourues ;
- la population de l'aire urbaine, représentative de sa taille, qui pourrait avoir un effet positif sur les distances parcourues, mais aussi par l'offre en transports collectifs, sur les distances parcourues avec ce mode.

En général, les distances parcourues sont analysées en distinguant 1 jour de semaine en moyenne et les deux jours du week-end. Parfois, en fonction de cas particuliers, l'analyse peut être faite en agrégeant les 7 jours de la semaine (=5*mobilité du jour de semaine + mobilité des deux jours de week-end).

Enfin, les graphiques utilisent le plus souvent des « boîtes de dispersion » (pour une explication voir Le Guen). Nous verrons que les dispersions restent fortes pour toutes les variables analysées, ce qui se reflétera par ailleurs dans la faible qualité d'ajustement des modèles.

Les traitements statistiques ont été faits sous le logiciel R (2006).

Les distances totales parcourues

Les 109 km parcourus hebdomadairement par les scolaires sont motivés par les loisirs et les visites (39%), la formation (33%), les autres motifs personnels (14%), les achats (10%) et les accompagnements.

La Figure 33 témoigne d'une croissance régulière des distances parcourues en semaine avec l'âge. Il existe cependant des seuils quand on passe de 10 à 11 ans et de 15 à 16 ans, mais aussi entre 12 et 13 ans. Les deux premiers seuils correspondent aux passages au collège puis au lycée, tandis que le dernier semble moins évident à expliquer : peut-être s'agit-il là d'une augmentation de l'autonomie des jeunes dans leurs activités extra scolaires.

Par contre l'âge ne semble pas avoir d'influence sur la mobilité de week-end des scolaires.

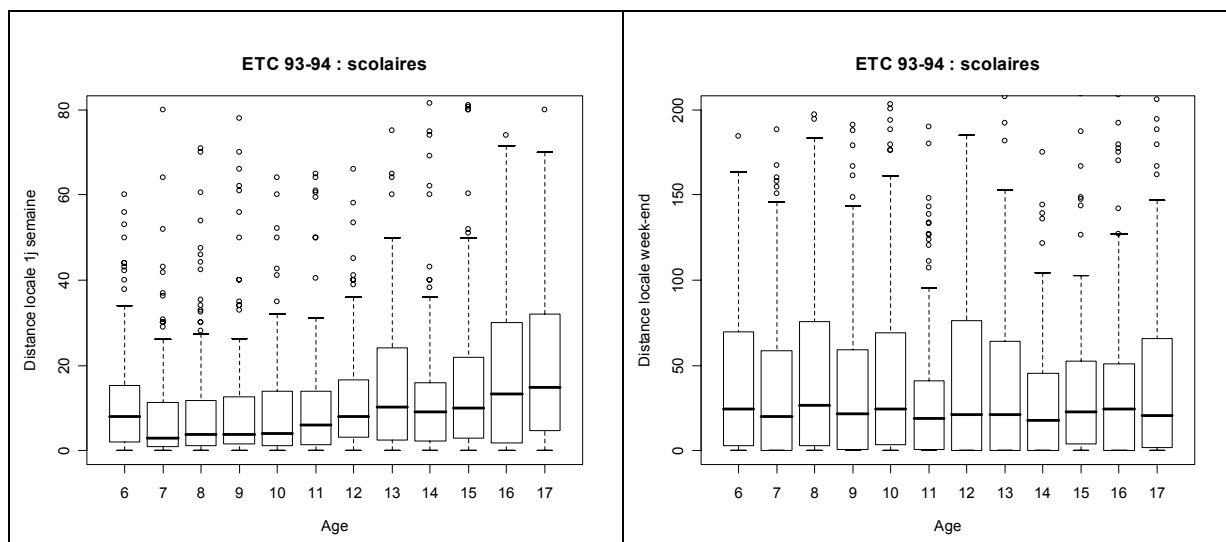


Figure 33 : Distances parcourues selon l'âge, en semaine et le week-end

La densité de la commune de résidence a un effet assez net de réduction des distances parcourues, aussi bien en semaine que le week-end (cf. Figure 34).

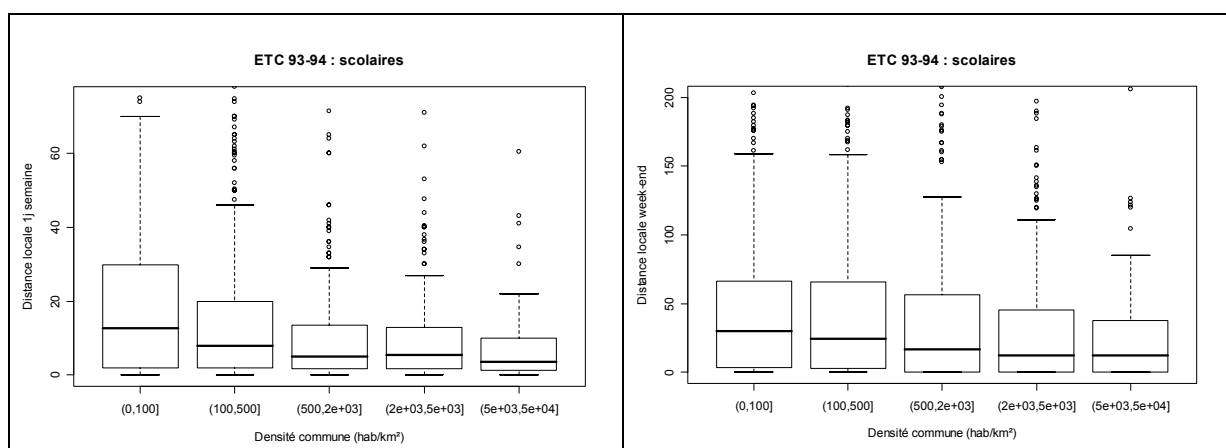


Figure 34 : Distances parcourues selon la densité de la commune de résidence, en semaine et le week-end

Afin de mesurer le degré de disponibilité des véhicules au sein des ménages, l'équipement en voiture est représenté par le ratio du nombre de voitures à disposition du ménage sur le nombre d'adultes du ménage (donc susceptibles d'entrer en concurrence pour l'usage de ces voitures).

La Figure 35 montre que ce ratio d'équipement a un effet sur les distances parcourues (tous modes), aussi bien en semaine que le week-end.

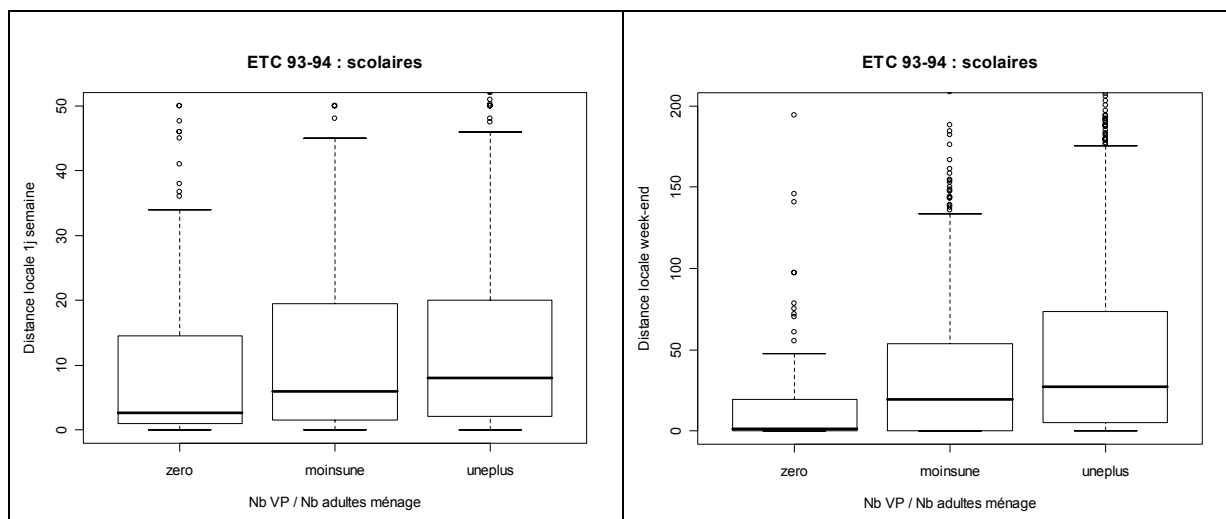


Figure 35 : Distances parcourues selon l'équipement en voiture, en semaine et le week-end

La taille de l'aire urbaine est représentée par sa population (avec un découpage selon la population inférieure ou égale à 100 000 habitants, de 100 000 à 300 000 compris, de 300 000 à 2 000 000 compris, plus de 10 000 000, c'est-à-dire l'Ile-de-France).

Cette taille jouerait – à la baisse – uniquement pour l'Ile-de-France, et uniquement pour la distance locale en jour de semaine, les distances locales en week-end apparaissant très stables (cf. Figure 36).

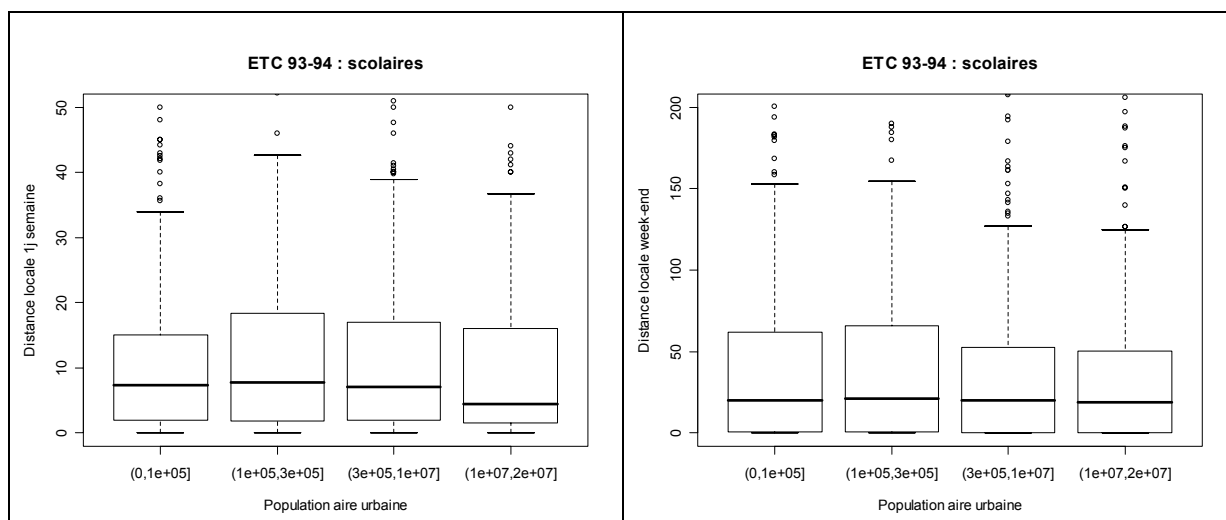


Figure 36 : Distances parcourues selon la population de l'aire urbaine, en semaine et le week-end

Le découpage du revenu (ramené au nombre d'unités de consommation du ménage⁹) repose sur l'examen de la dispersion de cette variable sur l'échantillon des scolaires : 1^{er} quartile = 50 000 F/an, médiane ~ 70 000, 3^{ème} quartile 100 000.

Le revenu, ainsi découpé en classes, a un effet notable sur la distance locale aussi bien en jour de semaine que le week-end (cf. Figure 37).

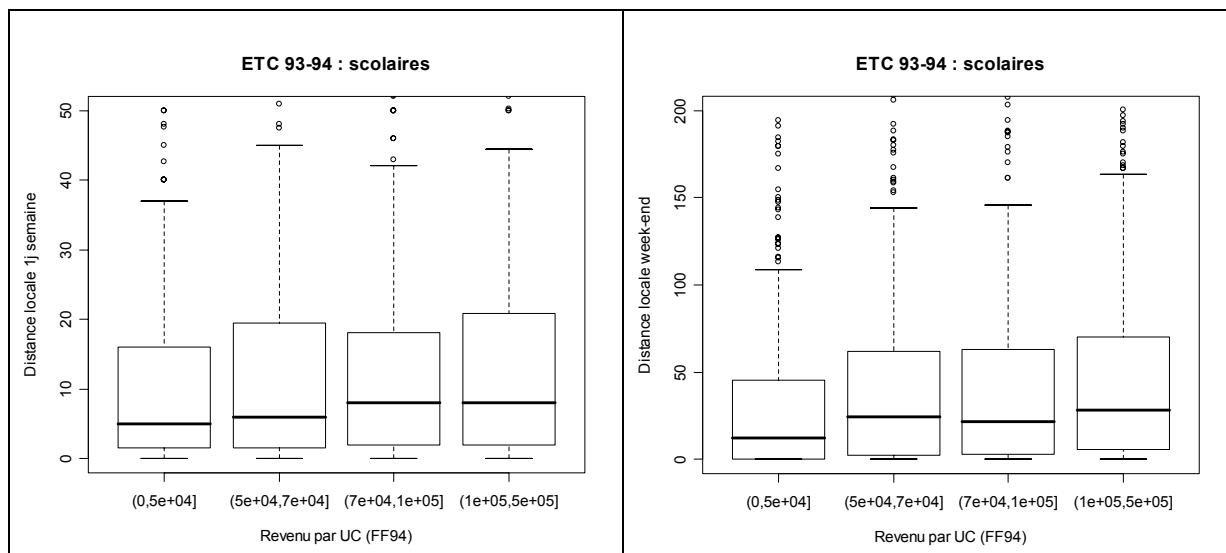


Figure 37 : Distances parcourues selon le revenu par unité de consommation, en semaine et le week-end

Entre modes

Sont analysés successivement la marche à pied, les transports collectifs et la voiture particulière en tant que passager. Les deux-roues à moteur sont d'usage très marginal dans l'échantillon¹⁰.

2.1.1.1.a.1 La marche à pied :

La part de ceux qui se déplacent à pied un jour de semaine est la plus faible (environ 30%) aux deux extrémités du spectre des âges (pour les plus jeunes – 6 ans – et les plus âgés – plus de 15 ans). Elle oscille autour de 40% et 50% entre 7 ans et 15 ans (cf. Figure 38).

⁹ Le revenu par UC tient compte du fait qu'un même revenu ne permet pas d'accéder à la même consommation selon que l'on vit seul ou à quatre, par exemple. Par rapport à un revenu *per capita* (revenu / nombre de personnes), le calcul d'un revenu par UC prend en compte le fait qu'il existe de dépenses incompressibles pour les petits ménages, et donc d'économies d'échelle lorsque la taille du ménage augmente. L'intérêt, pour les analyses, de calculer un revenu par unité de consommation est de mieux mettre en évidence les effets liés au niveau de vie, indépendamment des autres effets (nombre d'actifs ou taille du ménage, par exemple, car ceux-ci ont également un impact sur les distances parcourues, via la motorisation, Claisse et al., 2000). Le calcul d'unités de consommation, reprenant la méthode Insee se fait selon l'affectation suivante : 1 pour le premier adulte, 0,5 pour les autres individus 14 ans ou plus, et 0,3 pour les individus de moins de 14 ans, selon les équivalences établies par l'Insee (Hourriez, Ollier, 1997).

¹⁰ On compte, dans notre échantillon de scolaires, 37 utilisateurs en semaine, 51 le week-end.

Ensuite, pour ceux qui se déplacent à pied, les distances parcourues à pied en semaine croissent avec l'âge. On observe deux seuils dans la croissance des distances, à 11 ans et à 14 ans.

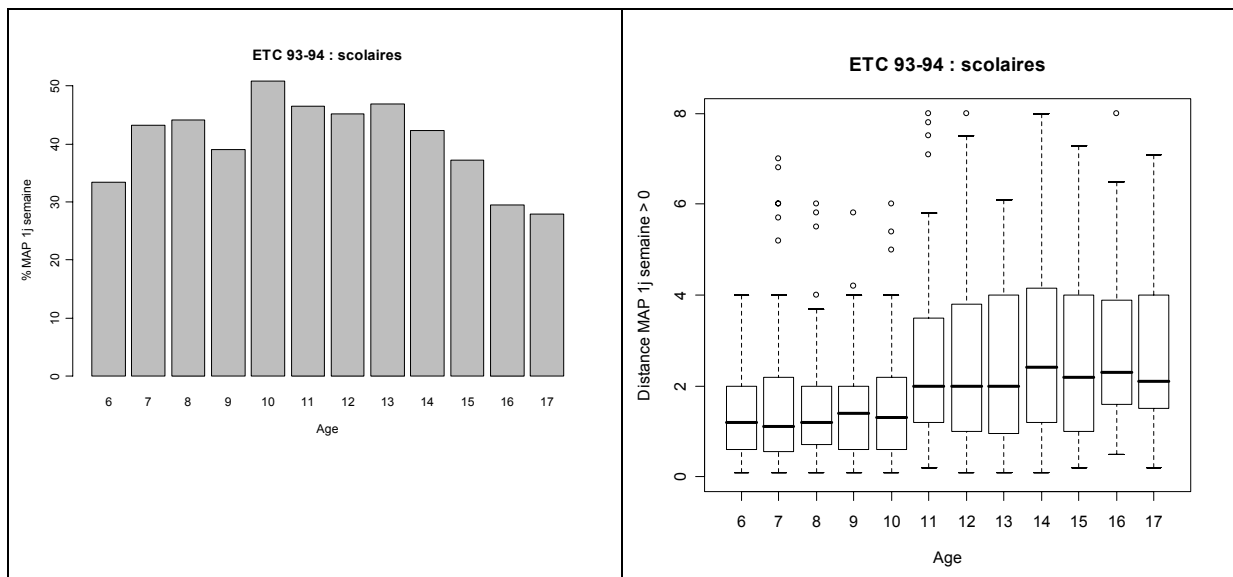


Figure 38 : Proportion d'utilisateurs de la marche, et leurs distances parcourues à pied en semaine, selon l'âge

La part de ceux qui se déplacent à pied augmente assez régulièrement avec la densité de la commune de résidence (cf. Figure 39). Par contre, pour ceux qui se déplacent à pied en semaine, les distances parcourues à pied ne varient pas beaucoup avec la densité sauf peut-être le cas particulier des plus faibles densités (< 100 habitants au km²).

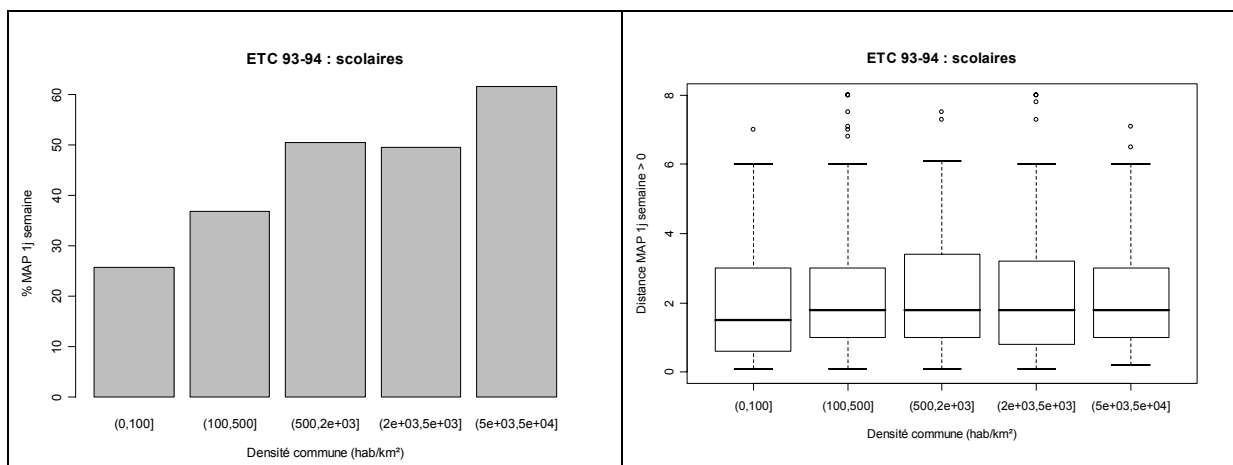


Figure 39 : Proportion d'utilisateurs de la marche et leurs distances parcourues à pied en semaine, selon la densité de la commune de résidence

2.1.1.1.a.2 Les transports collectifs :

L'usage des TC en semaine, faible entre 6 et 9 ans (<10%), croît avec l'âge avec des effets de seuil correspondant aux passages au collège puis au lycée (cf. Figure 40). Cependant, le passage à 12 ans marque également un autre seuil : serait-ce dû non pas à l'étape du collège mais à une autonomisation croissante ?

En outre, les distances parcourues ont tendance à croître avec l'âge (irrégulièrement).

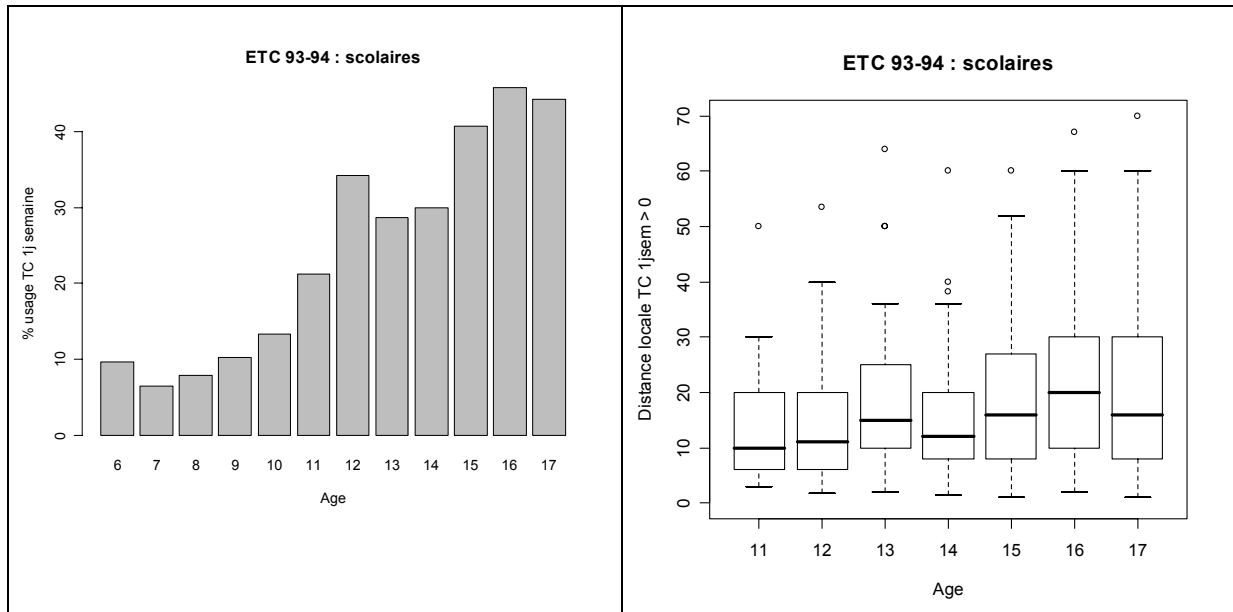


Figure 40 : Proportion d'utilisateurs TC et leurs distances parcourues en transports collectifs en semaine, selon l'âge

La densité semble avoir une forte influence sur l'usage des transports collectifs. En ce qui concerne la pratique en semaine, il apparaît que celle-ci est plus élevée pour les faibles densités d'une part, et pour les densités les plus élevées d'autre part. Dans le premier cas cela peut s'expliquer par l'offre de ramassage scolaire organisée par les conseils généraux en milieu rural ou péri-urbain, dans le second cas par l'offre de transports collectifs plus présente dans les grosses agglomérations urbaines.

Enfin, pour ceux qui utilisent les transports collectifs, aux densités les plus faibles sont logiquement associées les plus fortes distances avec ce mode.

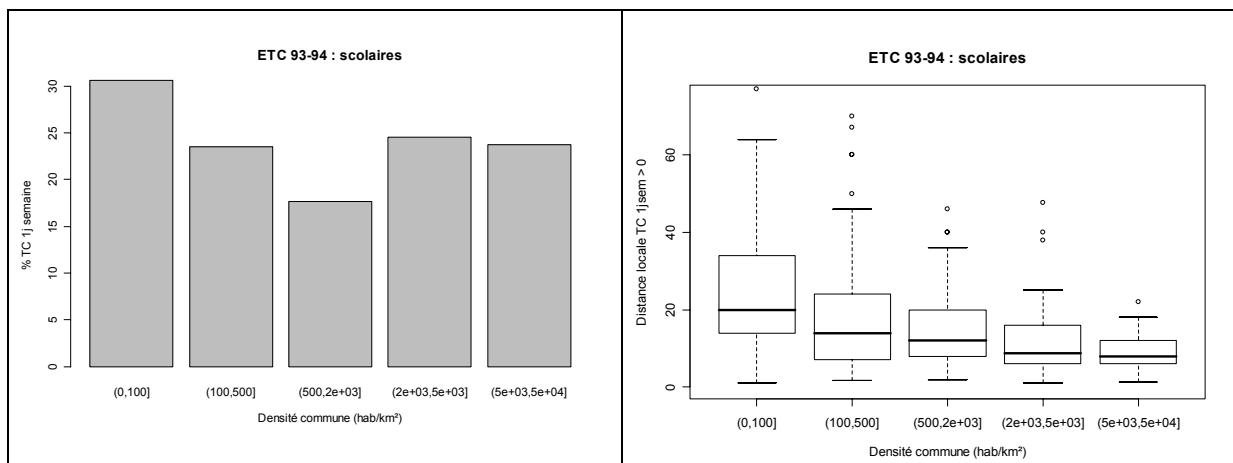


Figure 41 : Proportion d’usagers TC et leurs distances parcourues en transports collectifs en semaine, selon la densité de la commune de résidence

La taille de l’aire urbaine est un indicateur de l’offre en transports collectifs. Il y a certes une augmentation de la pratique des transports collectifs en fonction de la taille de l’aire urbaine (seuil > 100 000, cf. Figure 42) mais pour ceux qui les utilisent, cette taille n’exerce qu’une faible influence sur les distances parcourues.

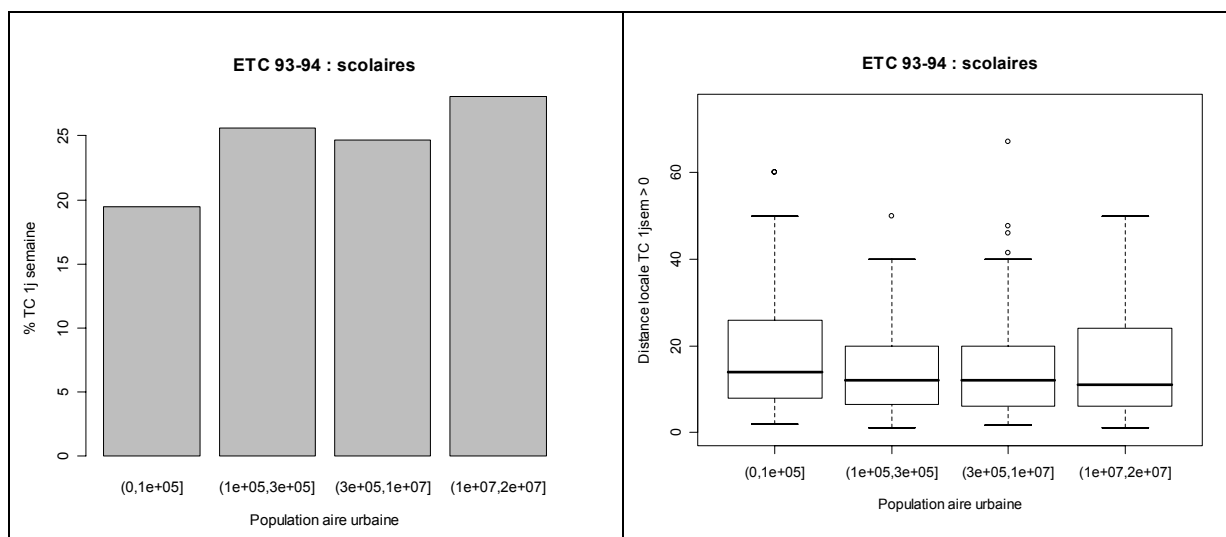


Figure 42 : Proportion d’usagers TC et leurs distances parcourues en transports collectifs en semaine selon la population de l’aire urbaine

Enfin, l’équipement en voiture joue un peu sur la pratique des transports collectifs (à partir d’une voiture et plus par adulte) mais ne joue pas sur les distances parcourues (cf. Figure 43).

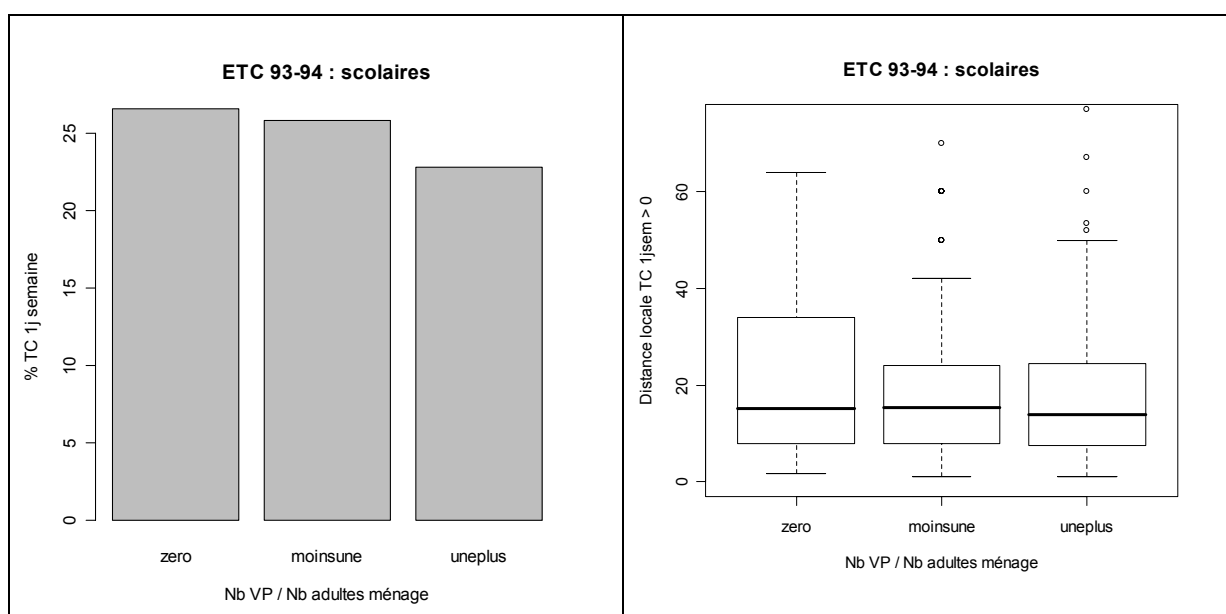


Figure 43 : Proportion d’usagers TC et leurs distances parcourues en transports collectifs en semaine selon l’équipement en voiture

2.1.1.1.a.3 La voiture particulière comme passager :

La proportion de ceux qui se font accompagner au moins une fois en voiture baisse assez régulièrement avec l’âge (cf. Figure 44). Par contre, pour ceux qui se font accompagner en voiture, la distance parcourue en semaine croît avec l’âge.

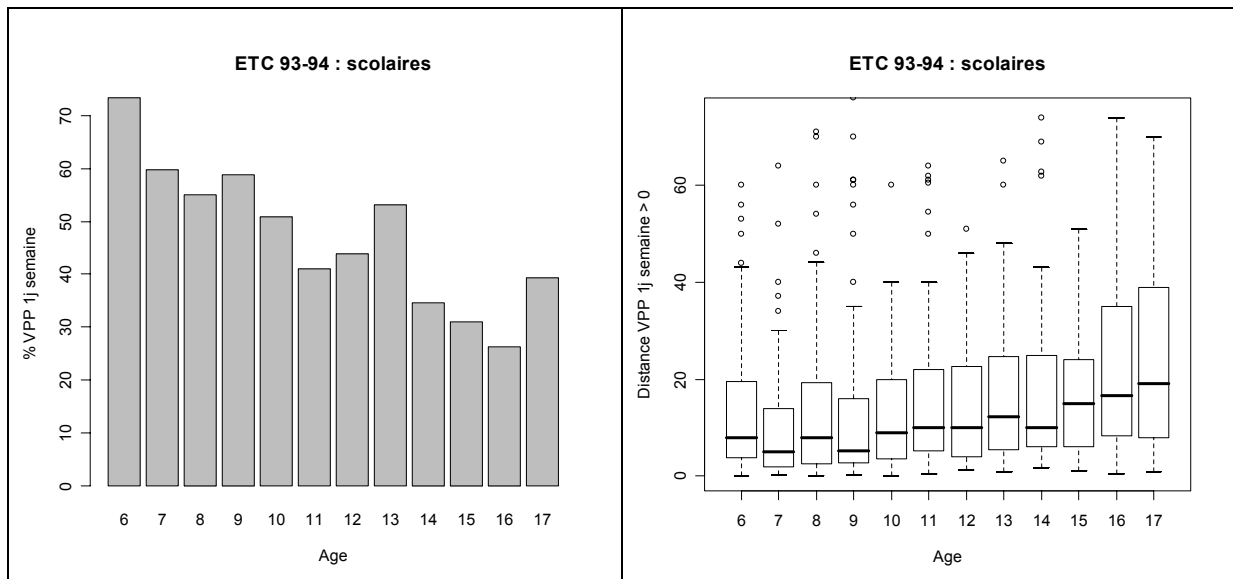


Figure 44 : Proportion d’usagers VP passager et leurs distances parcourues en tant que passager, en semaine, selon l’âge

L’équipement en voiture ne semble pas avoir d’effet sur les distances locales parcourues en voiture en semaine (cf. Figure 45). Pour cette mobilité de semaine, tout se passe comme s’il n’y avait pas de différence dès lors que le ménage est motorisé.

Il y a effectivement une influence de l’équipement en voiture sur les distances locales parcourues en voiture sur 7 jours, mais elle passe nettement par la mobilité locale de fin de semaine.

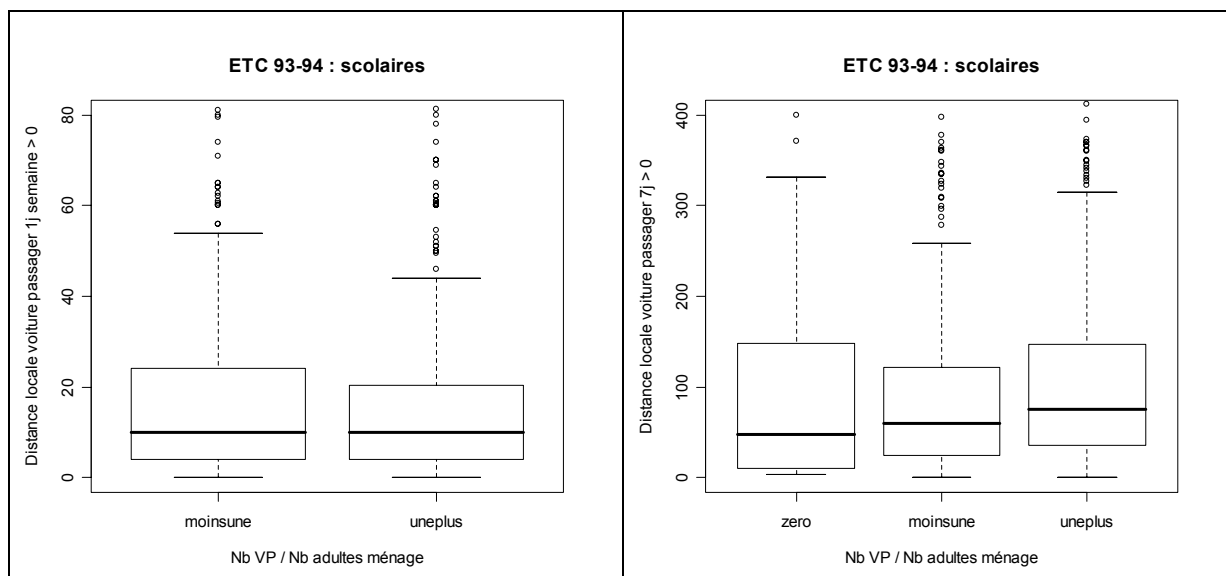


Figure 45 : Proportion d'utilisateurs VP passager et leurs distances en tant que passager en semaine, selon l'équipement en voiture

Enfin, la Figure 46 montre que la densité de la commune de résidence tend à réduire la pratique de la voiture particulière en tant que passager en semaine. De plus, pour ceux qui se font conduire, la densité aurait également un rôle modérateur sur les distances parcourues.

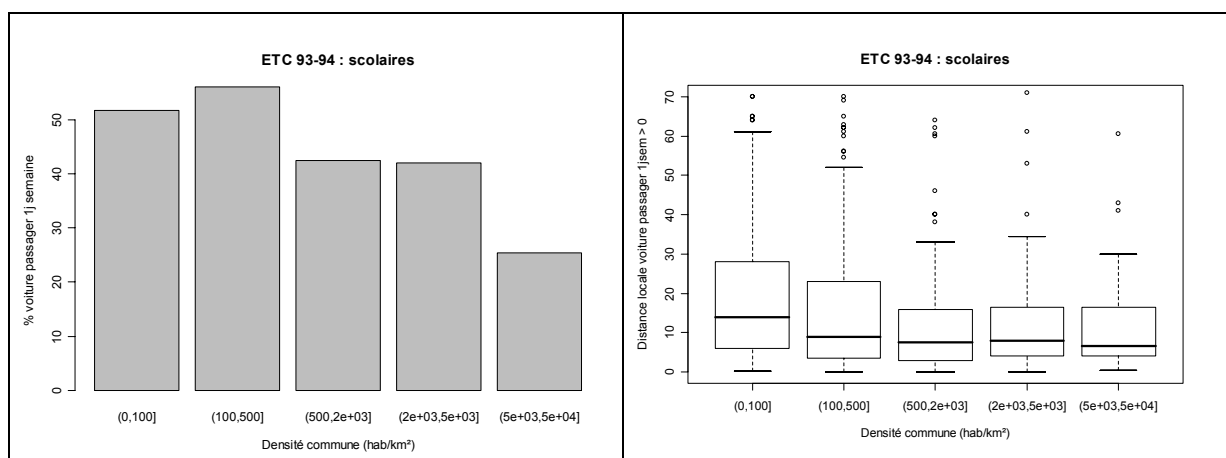


Figure 46 : Proportion d'utilisateurs VP passager et leurs distances parcourues en voiture particulière en semaine selon la densité de la commune de résidence

Existe-t-il un effet de substitution entre marche à pied et voiture particulière pour ces jeunes d'âge scolaire ? La Figure 47 indique le contraire, du moins en statique alors que cette substitution est suggérée en dynamique (au fil des ans) par l'analyse citée en introduction. L'âge joue probablement un rôle en arrière-plan comme facteur favorisant les distances parcourues quel que soit le mode.

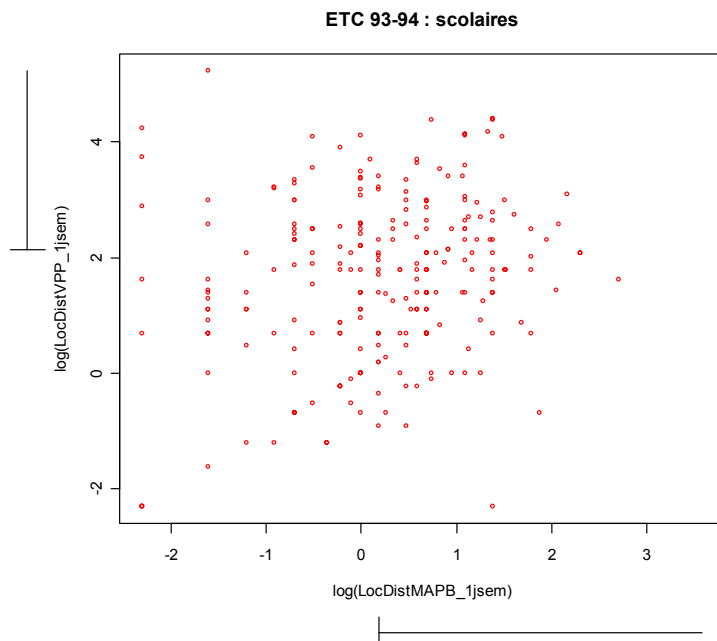


Figure 47 : Croisement des distances en semaine entre marche à pied et voiture particulière

En résumé, il apparaît que :

- l'âge a un effet sur la distance locale en semaine mais pas le week-end ; il a également un effet sur la marche à pied, sur les transports collectifs (pratique croissante et distances croissantes), ainsi que sur la voiture particulière comme passager (pratique décroissante mais distances croissantes) ;
- la densité a un effet sur la distance locale en semaine et le week-end ; elle a également un effet sur la pratique des transports collectifs et la distance parcourue par ce mode, sur la pratique de la marche à pied mais pas sur les distances parcourues à pied ; enfin, elle a un rôle modérateur sur la pratique de la voiture particulière en tant que passager et sur les distances parcourues y afférant ;
- l'équipement en voiture particulière joue sur la distance locale en semaine et en week-end, surtout à travers les distances locales parcourues en voiture le week-end ;
- la taille de l'aire urbaine a un faible effet sur la distance locale parcourue en semaine (pour l'Ile-de-France seulement) et, en ce qui concerne les transports collectifs, sur leur pratique mais pas sur la distance parcourue ;
- Enfin, le revenu a un effet sur les distances locales parcourues en semaine et le week-end.

b) Analyse désagrégée de la mobilité locale en 1993-94

On ne citera que pour mémoire les tentatives de modélisation de la distance entre lieu de domicile et lieu d'étude (qui aurait servi de variable explicative intermédiaire pour la distance locale parcourue), qui n'ont pas abouti.

Pour cette enquête de 1993-94, la variable objet de la modélisation est la distance locale (qui rappelons-le est définie comme la somme des distances parcourues dans les déplacements à portée locale, c'est-à-dire des déplacements à moins de 80 km à vol d'oiseau du domicile), sur l'ensemble de la semaine et du week-end, i.e. la distance agrégée sur un jour de semaine fois 5 plus les deux jours de week-end.

L'échantillon est constitué des personnes interrogées sur leur mobilité locale de semaine et de week-end (Personnes de type A), soit 1621 jeunes d'âge scolaire de moins de 18 ans.

Nous commençons par la modélisation des distances locales parcourues tous modes confondus. Comme le montre la Figure 48, la distribution de cette variable, qui varie de 0 à plus de 1000 km, est très asymétrique. C'est pourquoi cette variable a été transformée en logarithme, ce qui aboutit à sélectionner 1528 scolaires ayant une distance locale sur 7 jours non nulle.

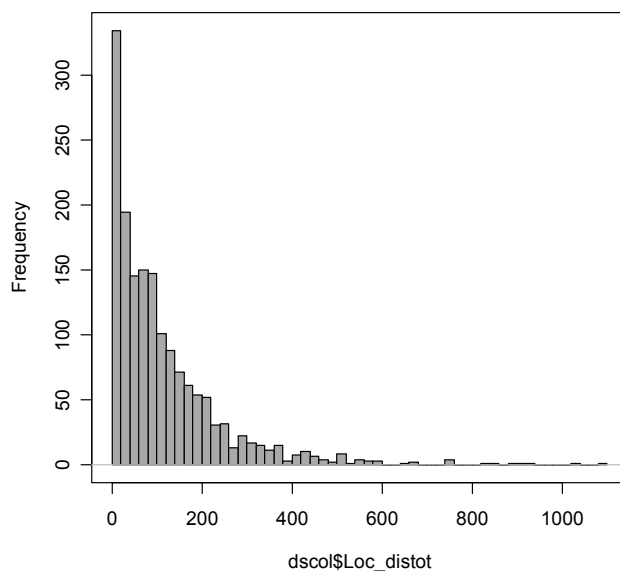


Figure 48 : Distribution de la distance totale parcourue en mobilité locale

En outre, pour capturer d'éventuelles liaisons non linéaires, la spécification des modèles est en log-log, sauf pour la variable de disponibilité de voiture particulière qui peut avoir une valeur nulle.

Les variables sont les suivantes :

- Densité de la commune de résidence (DENSRES)
- Age (AGE)
- Revenu moyen par unité de consommation (REVMYOYUC)
- L'équipement en voiture, soit la disponibilité d'une voiture mesurée par le nombre de voitures particulières / nombre d'adultes du ménage) (dispoVP),

Et en outre, pour les communes aires urbaines, les variables suivantes sont ajoutées :

- Distance au centre de l'aire urbaine en 1990 (DistCentAU90)

- Densité de l'aire urbaine (Dens_aireurb)
- Population de l'aire urbaine (Pop_aireurb)
- Surface de l'aire urbaine (surface_aireurb)

Mobilité locale sur 7 jours tous modes confondus :

La recherche du meilleur modèle est faite d'abord sur le sous-ensemble des aires urbaines (1039 observations, cf. Tableau 14).

Remarquons que le R2 est faible ce qui n'est pas étonnant sur des données individuelles de ce type, caractérisées par une forte variabilité.

Néanmoins, un certain nombre de variables sont très significatives (***, soit probabilité critique ≤ 0.001). Il s'agit de :

- la densité de la commune de résidence (DENSRES),
- l'âge (AGE),
- l'équipement en voiture, soit la disponibilité d'une voiture (dispoVP),
- du revenu moyen par unité de consommation (REVMYOYUC).

Les signes des variables significatives sont ceux attendus : la distance totale parcourue croît avec l'âge, le revenu et la disponibilité des voitures dans le ménage ; elle décroît avec la densité de la commune de résidence.

Les variables propres à l'aire urbaine ne sont pas significatives.

Tableau 14

```
Call:
lm(formula = log(LocDist_7j) ~ log(DENSRES) + log(AGE) + log(DistCentAU90m)
+ log(REVMYOYUC) + dispoVP + log(Dens_aireurb) + log(Pop_aireurb) +
  log(surface_aireurb), data = ds)

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      9.847e-01  7.636e-01   1.290 0.197513
log(DENSRES)    -1.920e-01  4.360e-02  -4.403 1.18e-05 ***
log(AGE)         4.500e-01  1.058e-01   4.254 2.29e-05 ***
log(DistCentAU90m) -2.089e-02  9.011e-02  -0.232 0.816757
log(REVMYOYUC)   2.419e-01  6.413e-02   3.772 0.000171 ***
dispoVP          4.129e-01  1.123e-01   3.678 0.000247 ***
log(Dens_aireurb) 1.947e+03  2.466e+03   0.789 0.430029
log(Pop_aireurb) -1.947e+03  2.466e+03  -0.789 0.430042
log(surface_aireurb) 1.947e+03  2.466e+03   0.789 0.430037
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.099 on 1030 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.1207,    Adjusted R-squared:  0.1139
F-statistic: 17.67 on 8 and 1030 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

En supprimant ces variables propres à l'aire urbaine, ce qui permet d'inclure les communes rurales, on obtient le modèle présenté en Tableau 15.

Les variables significatives pour le sous-échantillon des communes appartenant à une aire urbaine (découpage de 1990), sont confirmées quand on y ajoute les communes rurales. Les coefficients de ces variables sont similaires, sauf pour la disponibilité de voiture particulière, dont le coefficient passe de 0,41 dans le premier modèle à 0,25 dans le deuxième (bien que les intervalles de confiance se recoupent). L'effet de la disponibilité de voiture particulière sur la distance locale totale parcourue est plus fort dans les aires urbaines qu'en dehors de celles-ci.

Ce modèle confirme l'analyse descriptive menée plus haut tout en la précisant au plan de la significativité statistique.

Tableau 15

```

Call:
lm(formula = log(LocDist_7j) ~ log(DENSRES) + log(AGE) + log(REVMOYUC) +
    dispoVP, data = ds)

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   0.74350    0.63338   1.174  0.24064
log(DENSRES) -0.17137    0.01670 -10.261 < 2e-16 ***
log(AGE)       0.53595    0.09159   5.851 6.02e-09 ***
log(REVMOYUC)  0.27465    0.05542   4.956 8.04e-07 ***
dispoVP        0.25101    0.09595   2.616 0.00899 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.124 on 1452 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.1126,    Adjusted R-squared:  0.1102
F-statistic: 46.07 on 4 and 1452 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Mobilité locale sur 7 jours à pied :

Les mêmes variables que pour le modèle de mobilité locale tous modes confondus ont été testées, seules sont présentées dans les tableaux suivants les variables significatives.

L'analyse des mobilités par mode est faite en parallèle sur 7 jours et sur un jour de semaine (variables repérées respectivement par l'indice `_7j` et `_1jsem`).

Enfin, les distances sont également transformées en logarithmes, c'est-à-dire que les modèles sont à chaque fois calés sur l'échantillon de ceux qui se sont effectivement déplacés au moins une fois par le mode en question (distance non nulle).

En ce qui concerne la distance parcourue sur les 7 jours de semaine par ceux qui se sont effectivement déplacés à pied, l'âge est la seule variable très significative, devant le revenu et la densité de la commune de résidence. Une vérification sur une spécification alternative où le revenu est remplacé par l'équipement en voiture montre que cette dernière variable n'est pas significative.

Tableau 16

```
Call:
lm(formula = log(LocDistMAP_7j) ~ log(DENSRES) + log(AGE) + log(REVMOYUC),
    data = ds)

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.70259    0.74518   2.285  0.0226 *
log(DENSRES)  0.03998    0.02114   1.892  0.0590 .
log(AGE)      0.70220    0.12621   5.564 3.77e-08 ***
log(REVMOYUC) -0.14127    0.05953  -2.373  0.0179 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.001 on 698 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.05873, Adjusted R-squared:  0.05469
F-statistic: 14.52 on 3 and 698 DF,  p-value: 3.499e-09
```

Le modèle restreint à la marche à pied 1 j semaine donne des résultats quasi identiques (cf. Tableau 17).

Tableau 17

```
Call:
lm(formula = log(LocDistMAPB_1jsem) ~ log(DENSRES) + log(AGE) +
    log(REVMOYUC), data = ds)

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.08795    0.75320  -0.117  0.9071
log(DENSRES)  0.04302    0.02198   1.957  0.0508 .
log(AGE)      0.80923    0.12718   6.363 3.8e-10 ***
log(REVMOYUC) -0.14983    0.06039  -2.481  0.0134 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.9636 on 632 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.07994, Adjusted R-squared:  0.07557
F-statistic: 18.3 on 3 and 632 DF,  p-value: 2.126e-11
```

Donc les variables significatives retenues pour les distances parcourues à pied sont la densité de la commune de résidence (effet positif), l'âge (effet positif) et le revenu par unité de consommation (effet négatif).

Mobilité locale sur 7 jours en transports collectifs :

En ce qui concerne la distance parcourue sur 7 jours en transports collectifs par ceux qui se sont effectivement déplacés par ce mode, les variables relatives à l'aire urbaine ne sont pas significatives, de même que le revenu et la disponibilité d'une voiture. Seuls jouent significativement la densité et l'âge (cf. Tableau 18).

Tableau 18

```
Call:
lm(formula = log(LocDistTC_7j) ~ log(DENSRES) + log(AGE), data = ds)

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   3.1698     0.4655   6.810 3.07e-11 ***
log(DENSRES)  -0.1968     0.0239  -8.233 1.91e-15 ***
log(AGE)       0.8011     0.1844   4.345 1.71e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.9964 on 459 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.1405, Adjusted R-squared: 0.1368
F-statistic: 37.53 on 2 and 459 DF, p-value: 8.023e-16
```

En se restreignant aux jours de semaine (cf. Tableau 19), la disponibilité d’une voiture joue à la limite de la significativité (au seuil de 5%).

Tableau 19

```
Call:
lm(formula = log(LocDistTC_1jsem) ~ log(DENSRES) + log(AGE) +
    dispoVP, data = ds)

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   1.92971     0.42265   4.566 6.68e-06 ***
log(DENSRES)  -0.19598     0.02222  -8.821 < 2e-16 ***
log(AGE)       0.76672     0.16322   4.698 3.66e-06 ***
dispoVP       -0.23690     0.11859  -1.998  0.0464 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8239 on 390 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.1822, Adjusted R-squared: 0.176
F-statistic: 28.97 on 3 and 390 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Comme pour la marche à pied, on retrouve là encore pour les transports collectifs le rôle de l’âge (effet positif) et de la densité de la commune de résidence (effet cette fois-ci négatif sur la distance en transports collectifs).

Mobilité locale sur 7 jours en voiture particulière (passager) :

Pour ce qui est de la distance parcourue en local sur 7 jours par les scolaires (pour ceux qui se sont effectivement déplacés en voiture particulière comme passager), seules jouent de manière significatives les variables de densité et de revenu (cf. Tableau 20). L’effet de l’âge n’est pas significatif. Les variables relatives à l’aire urbaine ne sont également pas significatives.

Tableau 20

```

Call:
lm(formula = log(LocDistVPP_7j) ~ log(DENSRES) + log(REVMOYUC),
    data = ds)

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   1.71047    0.68101   2.512  0.0121 *
log(DENSRES)  -0.14120    0.01959  -7.209 1.01e-12 ***
log(REVMOYUC)  0.28316    0.06146   4.607 4.52e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.184 on 1173 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.0518, Adjusted R-squared:  0.05018
F-statistic: 32.04 on 2 and 1173 DF,  p-value: 2.832e-14

```

Si l'on se restreint aux jours de semaine, on retrouve la densité, mais le revenu est moins significatif tandis que l'âge le devient fortement (cf. Tableau 21). Il est à noter que la disponibilité d'une voiture ne jouerait aucun rôle sur la distance parcourue en tant que passager.

Tableau 21

```

Call:
lm(formula = log(LocDistVPP_1jsem) ~ log(DENSRES) + log(AGE) +
    log(REVMOYUC), data = ds)

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -0.63354    0.98683  -0.642  0.5211
log(DENSRES) -0.13659    0.02745  -4.976 8.12e-07 ***
log(AGE)      0.83612    0.14083   5.937 4.51e-09 ***
log(REVMOYUC) 0.14796    0.08261   1.791  0.0737 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.252 on 722 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.07441, Adjusted R-squared:  0.07056
F-statistic: 19.35 on 3 and 722 DF,  p-value: 4.488e-12

```

Tout se passe comme si, une fois l'accès minimal à la voiture particulière réalisé (à travers une distance non nulle par ce mode), c'est la densité et le revenu qui exercent une influence respectivement négative et positive sur cette distance. Il faut noter toutefois que disponibilité de voiture et densité sont liées, comme on s'y attendait (cf. Figure 49). Autrement dit, une fois que ces deux variables densité et revenu sont définies, la disponibilité d'une voiture n'apporte rien de plus sur les distances parcourues par les scolaires selon ce mode.

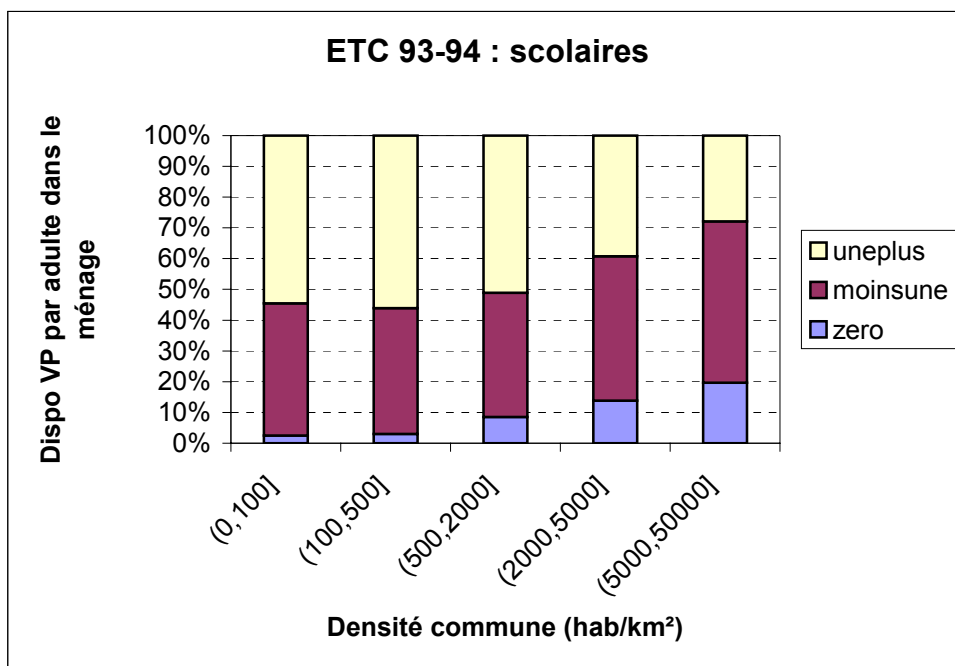


Figure 49 : Equipement en voiture et densité de la commune de résidence

La significativité des différentes variables pour les distances parcourues pour 7 jours selon l'enquête de 1993-94 est récapitulée dans le Tableau 22.

Tableau 22 : Récapitulation des variables significatives pour les distances parcourues sur 7 jours en 1993-94

	Distance totale	marche à pied	transports collectifs	voiture particulière (passager)
Densité	X	x	X	X
Age	X	X	X	X (semaine)
Revenu	X	X		X
Dispo VP	X		X (semaine)	

c) Analyse désagrégée de la mobilité locale en 1981-82

Pour ce qui concerne l'enquête de 1981-82, la mobilité des déplacements de semaine a été recueillie sur les 5 jours de la semaine – au lieu de 1 jour seulement pour 93-94. Par contre l'échantillon est plus petit, 406 scolaires, dont 352 ont une distance locale totale non nulle sur les 7 jours et une valeur renseignée pour le revenu.

Mobilité locale sur 7 jours tous modes confondus :

Une première tâche consiste à tester la spécification calée pour l'échantillon de 1993-94. Les signes des variables significatives sont ceux attendus (cf. Tableau 23). La variable de disponibilité de voiture particulière n'est pas significative, alors que le revenu l'est.

Tableau 23

```

Call:
lm(formula = log(DistLocal_7j) ~ log(AGE) + log(DENSRES) + log(REVUC) +
    dispoVP, data = ds)

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   0.32355     1.20557   0.268 0.788569
log(AGE)       0.32445     0.11920   2.722 0.006820 **
log(DENSRES) -0.12467     0.03177  -3.924 0.000105 ***
log(REVUC)     0.34928     0.11919   2.931 0.003608 **
dispoVP        0.21693     0.20501   1.058 0.290713
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.11 on 347 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.08461, Adjusted R-squared: 0.07406
F-statistic: 8.019 on 4 and 347 DF, p-value: 3.418e-06

```

Si l'on ôte la variable revenu (l'échantillon compte alors 402 individus qui ont une distance locale totale non nulle) la variable de disponibilité de voiture particulière devient significative (cf. Tableau 24). Avec un test sur le R2 ajusté (non montré ici), on constate que, au contraire des observations de 93-94, la disponibilité de voiture n'apporte pas d'effet supplémentaire sur la distance parcourue par rapport au revenu.

Tableau 24

```

Call:
lm(formula = log(DistLocal_7j) ~ log(AGE) + log(DENSRES) + dispoVP,
    data = ds)

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   3.60247     0.32964  10.929 < 2e-16 ***
log(AGE)       0.34097     0.11305   3.016 0.002725 **
log(DENSRES) -0.10521     0.02876  -3.658 0.000288 ***
dispoVP        0.47768     0.17884   2.671 0.007873 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.117 on 396 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.06994, Adjusted R-squared: 0.06289
F-statistic: 9.926 on 3 and 396 DF, p-value: 2.53e-06

```

Mobilité sur 7 jours à pied (et en bicyclette) :

Pour ce qui est de la marche à pied seul l'âge apparaît significatif (cf. Tableau 25).

Tableau 25

```

Call:
lm(formula = log(DistMAPB) ~ log(DENSRES) + log(AGE) + log(REVUC) +
    dispoVP, data = subset(ds, (DistMAPB > 0)))

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.14075    1.13709  -0.124  0.9016
log(DENSRES)  0.02690    0.03020   0.891  0.3739
log(AGE)      0.74770    0.11276   6.631 1.66e-10 ***
log(REVUC)    0.01566    0.11300   0.139  0.8899
dispoVP      -0.32278    0.19010  -1.698  0.0906 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.9548 on 286 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.1447, Adjusted R-squared: 0.1328
F-statistic: 12.1 on 4 and 286 DF, p-value: 4.226e-09

```

Mobilité en semaine en transports collectifs :

La distance calculée ici agrège « local » et longue distance, mais en se restreignant à la semaine, on élimine au maximum les longs déplacements de week-end.

Seuls l'âge et, dans une moindre mesure, la densité de la commune de résidence apparaissent significatifs (cf. Tableau 26).

Tableau 26

```

Call:
lm(formula = log(DistTC) ~ log(DENSRES) + log(AGE) + log(REVUC) +
    dispoVP, data = subset(ds, (DistTC > 0)))

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.18925    2.15871   1.477 0.142654
log(DENSRES) -0.10924    0.05335  -2.047 0.043186 *
log(AGE)      0.74357    0.21501   3.458 0.000794 ***
log(REVUC)   -0.07117    0.22665  -0.314 0.754162
dispoVP       0.11316    0.33830   0.334 0.738697
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.023 on 102 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.1631, Adjusted R-squared: 0.1302
F-statistic: 4.968 on 4 and 102 DF, p-value: 0.001063

```

Mobilité en semaine en voiture particulière (passager) :

Aucune variable n'apparaît significative (cf. Tableau 27).

Tableau 27

```

Call:
lm(formula = log(DistVPP) ~ log(DENSRES) + log(AGE) + log(REVUC) +
    dispoVP, data = subset(ds, (DistVPP > 0)))

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   3.15908    1.88994   1.672  0.096 .
log(DENSRES)  -0.05340    0.04771  -1.119  0.264
log(AGE)       -0.16288    0.16622  -0.980  0.328
log(REVUC)     0.04135    0.18548   0.223  0.824
dispoVP        0.07105    0.31182   0.228  0.820
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.263 on 216 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.0104,    Adjusted R-squared:  -0.00793
F-statistic: 0.5673 on 4 and 216 DF,  p-value: 0.6867

```

La significativité des différentes variables pour les distances parcourues sur 7 jours pour distance totale et sur les 5 jours de semaine pour les différents modes, selon l'enquête de 1981-82, est récapitulée dans le Tableau 28.

Tableau 28 : Récapitulation des variables significatives pour les distances parcourues en 1981-82

	Distance totale	marche à pied	transports collectifs	voiture particulière (passager)
Densité	X		X	
Age	X	X	X	
Revenu	X			
Dispo VP				

d) Comparaison des modèles calés en 1993-94 et 1981-82

La méthode consiste à comparer, sur des spécifications identiques, voire similaires mais à deux dates différentes, les intervalles de confiance des valeurs des coefficients de régression, et à considérer ces valeurs comme similaires si ces intervalles se recoupent.

En ce qui concerne la distance totale, on note un effet plus fort de l'âge en 1993-94 par rapport à 1981-82, ce qui pourrait s'expliquer par une autonomisation accrue des adolescents. Par contre les effets de la densité et du revenu sont similaires, tandis que l'équipement en voiture a un effet en 1993-94 mais pas en 1981-82.

Pour la marche à pied, on note un effet similaire de l'âge, un effet (faible) de la densité. Le revenu est significatif en 1993-94 mais pas en 1981-82.

Pour les transports collectifs, la densité a un effet plus fort en 1993-94, l'âge a un effet identique aux deux dates, alors que l'équipement en voiture a un effet en 1993-94 mais pas en 1981-82.

Enfin, pour la voiture particulière (en tant que passager) la densité, l'âge (en semaine) et le revenu ont un effet significatif en 1993-94, aucun en 1981-82.

En résumé, même s'il subsiste une grande part d'« inexpliqué » comme en témoignent les faibles R², des variables fortement significatives ont été mises en évidence. Il s'agit essentiellement de l'âge, de la densité de la commune de résidence, de l'équipement en voiture et du revenu.

2.1.1.2 Enjeux prospectifs et modèle de projection

a) Quelques enjeux prospectifs

Selon les nouvelles projections démographiques de l'Insee (Robert-Bobée, 2006), dans le scénario central, le nombre de personnes de moins de 20 ans resterait stable jusqu'en 2050, autour de 15 millions.

L'incertitude majeure demeure donc dans les principaux facteurs présidant à l'évolution des comportements entre les différentes classes d'âge de ce groupe démographique, et selon la densité de la commune de résidence, l'équipement en voiture et le revenu.

En supposant raisonnablement que ces jeunes continueront à vivre au quotidien avec leurs parents, ces enjeux prospectifs visent les familles : y aura-t-il poursuite du desserrement urbain et avec quelle ampleur ; jusqu'à quel niveau et à quel rythme la motorisation des ménages va-t-elle continuer à croître, etc. Ces enjeux sont analysés plus en détails dans la partie consacrée à la population en âge d'activité.

b) Le modèle de projection

L'analyse précédente a montré que les relations entre variables étaient plutôt non linéaires et mettaient en évidence des effets de seuil. Ces caractéristiques plaident pour la construction d'un modèle de projection fondé sur des catégories plutôt que d'utiliser un pur modèle de régression linéaire qui se déduirait immédiatement des modèles économétriques précédemment calés. La méthode de projection consistera plutôt à partir de l'observation existante (moyennes observées par catégories en 1994) et à déformer cet existant sur la base d'hypothèses démographiques et comportementales des différentes catégories.

Le modèle catégoriel proposé ici est un modèle de type additif, ce qui suppose au préalable que les corrélations entre variables et les effets d'interaction sur la variable expliquée puissent être négligés.

Comme le montre le Tableau 29 ci-dessous, les corrélations sont négligeables à l'exception des deux couples densité / nombre de voitures disponibles et revenu / nombre de voitures disponibles, ce qui était attendu. Il faudra donc éviter d'utiliser simultanément ces variables dans les différents modèles de projection, ce qui semble possible moyennant quelques aménagements au vu des jeux de variables sélectionnés dans chaque cas (distance tous modes confondus ou distances par mode).

Tableau 29 : Corrélations entre variables

Variabes	REVMOYUC	AGE	DENS90	Nb VP dispo.
REVMOYUC	1,000	-0,043	0,115	0,376
AGE	-0,043	1,000	0,057	0,004
DENS90	0,115	0,057	1,000	-0,218
Nb VP dispo.	0,376	0,004	-0,218	1,000

Comme les différents échantillons sont de taille limitée, il nous faut opérer des regroupements par grandes catégories et donc choisir judicieusement ces catégories en fonction de la distribution des variables à expliquer (distances totales et par mode).

La densité est découpée en 5 classes, selon un découpage issu de l'analyse de la population en âge d'activité (cf. infra) :

1. de 0 inclus à 100 hab/km² exclu
2. de 100 inclus à 500 hab/km² exclu
3. de 500 inclus à 2000 hab/km² exclu
4. de 2000 inclus à 5000 hab/km² exclu
5. de 5000 inclus à 50 000 hab/km² exclu

Le revenu par unité de consommation est découpé en 4 classes, selon un découpage issu également de l'analyse de la population en âge d'activité (cf. infra) :

1. de 0 à 50 000 F exclu
2. de 50 000 à 75 000 F exclu
3. de 75 000 à 100 000 F exclu
4. de 100 000 à 500 000 F exclu

La disponibilité d'une voiture particulière dans le ménage est logiquement découpée en 3 classes :

1. zéro voiture,
2. moins d'une voiture par adulte,
3. une voiture et plus par adulte.

L'âge, on l'a vu, intervient à de multiples niveaux en général de manière assez monotone et croissante sur les distances parcourues. Un découpage de l'âge en classes pertinent est fondé sur la pratique des transports collectifs (cf. Figure 40), soit 3 classes :

1. de 5 à 11 ans inclus,
2. de 12 à 14 inclus,
3. de 15-17 inclus.

Le modèle additif construit à partir de ces catégories peut être représenté par la formulation générale suivante :

Un groupe appartenant à la classe j de la variable V_i et à la classe j' de la variable $V_{i'}$ se verra attribuer pour un type de distance donnée (i.e. la distance totale) une valeur égale à :

$$\bar{V} + (\bar{V}_{ij} - \bar{V}) + (\bar{V}_{i'j'} - \bar{V})$$

où \bar{V} est la moyenne générale dans l'échantillon (i.e. de la distance totale)

\bar{V}_{ij} est la moyenne de la distance pour la classe j de la variable V_i

Par exemple :

La moyenne globale de la distance totale sur 7 jours est $\bar{V} = 106,63$

La moyenne pour la classe « zéro » de la variable « dispoVP » (ratio du nombre de voitures sur le nombre d'adultes dans le ménage) est $\bar{V}_{ij} = 75,8$ ce qui donne $(\bar{V}_{ij} - \bar{V}) = -30,7$

La moyenne pour la classe 1 de la densité de la commune de résidence (de 0 inclus à 100 hab/km² exclu) est $\bar{V}_{i'j'} = 146,92$ ce qui donne $(\bar{V}_{i'j'} - \bar{V}) = 40,29$

La distance estimée par le modèle additif pour le groupe des individus appartenant à ces deux catégories (pas de voiture disponible + densité < 100 hab/km²) sera :

$$\bar{V} + (\bar{V}_{ij} - \bar{V}) + (\bar{V}_{i'j'} - \bar{V}) = 106,63 - 30,7 + 40,29 = 116,27$$

Sur la base de ce modèle, nous pouvons observer la qualité des prédictions (comparaison entre observé et estimé par le modèle) ainsi que le degré d'éventuelles interactions. Les tableaux donnés en annexe (cf. Annexe 0, page 132) montrent les erreurs relatives entre distance totale estimée et distance totale observée. Un balayage rapide montre que les erreurs et les interactions restent d'ampleur limitée.

Un modèle additif est donc pertinent et pourra être appliqué en projection. La méthode de projection consistera donc à :

1. simuler le transfert entre classes, que ce soit au plan démographique avec les projections de l'Insee ou au plan spatial avec le modèle de densité, ou sur d'autres plans avec des hypothèses économiques ;
2. affecter aux classes, en tant que besoin, les trends d'évolution de la mobilité qui seront déduits des évolutions observées précédemment entre 1981-82 et 1993-94.
3. appliquer le modèle additif ci-dessus pour en déduire les projections de distances parcourues.

2.1.2 Les actifs

Cette catégorie comprend l'ensemble des individus déclarant une activité professionnelle (rémunérée ou non) au moment de l'enquête, à temps plein ou à temps partiel, mais n'intègre pas les chômeurs : il s'agit donc de la population active occupée.

Les actifs représentent 40 % des personnes enquêtées, mais 55 % des kilomètres parcourus en local. Les 228 km qu'ils parcourent en moyenne en une semaine dans leur lieu de vie se répartissent entre le travail et les affaires professionnelles (50%), les accompagnements (8%), les achats (10%), les autres affaires personnelles (9%), les loisirs et visites (23%). Généralement motorisés, ils utilisent plus la voiture particulière que les autres groupes. Même si les gains à attendre en matière de motorisation (au sens du % de ménages équipés) sont vraisemblablement faibles compte tenu des niveaux déjà atteints, leur mobilité peut encore s'accroître dans les années à venir. En effet, les déplacements domicile-travail qui structurent leur mobilité en semaine se font sur des distances qui sont allées croissant au cours des dernières décennies. Leurs possibilités de conduire une voiture se sont dans le même temps améliorées du fait du multi-équipement de plus en plus fréquent des ménages d'actifs.

Dans un contexte de difficultés d'accès à l'emploi, l'élargissement des bassins de vie, les processus de périurbanisation des résidences et de déconcentration des emplois, portés par des logiques propres et se produisant à des rythmes différents, impliquent une dissociation croissante entre habitat et emploi (Talbot, 2001, Andan et al., 1999 ; Mignot et al., 2004). Ce sont en particulier les actifs résidant dans les grandes périphéries peu denses des aires urbaines qui voient leurs distances s'accroître le plus ces dernières décennies, comme le confirme le recensement de 1999. Et l'on peut penser que cette dédensification des lieux de vie des actifs joue également sur la portée moyenne des déplacements pour autres motifs. Le recensement de 2004 confirme la pérennité d'une périurbanisation intervenant toujours un peu plus loin des centres-ville, contribuant même à la revitalisation de communes de nature rurale qui rentrent progressivement dans des bassins d'emplois ou qui demeurent à proximité. Pour la première fois, les espaces à dominante rurale croissent plus vite que les ensembles urbains (Morel, Redor, 2006, Plateau, Rakotomalala, 2005). Le relatif regain des villes-centre entre 1990 et 1999 (Chavouet, Fanouillet, 2000) ne doit donc pas faire oublier que le mouvement de périurbanisation n'est pas achevé. Du fait du desserrement de l'habitat, l'allongement de la portée moyenne des déplacements semble avoir encore une certaine marge de progression dans les années à venir.

Aussi, les actifs gardent et garderont une importance déterminante quant aux évolutions de mobilité locale, même si selon les projections de population active menées par l'Insee, ses effectifs absolus sont amenés à décroître légèrement à partir de 2015-2020. Les émetteurs de CO₂ que représentent les actifs occupés demeureront nombreux (Nauze-Flichet et al., 2003).

2.1.2.1 Analyse rétrospective : le spatial, l'accès au volant et le genre

L'activité professionnelle recouvre de multiples cas de figure. Les travaux de l'Inrets sur les déplacements domicile-travail à partir de l'ENT 1994 montrent que les actifs travaillant sur un lieu et avec des horaires fixes du lundi au vendredi ne représentent que la moitié de la population active (Orfeuill, 1995). En particulier, certains actifs, très minoritaires, travaillent très loin de leur lieu de résidence et pèsent fortement sur les distances parcourues moyennes. A l'inverse, pour une petite part, le lieu d'emploi et le lieu de résidence sont confondus. Ces cas de figure atypiques renforcent la variabilité des comportements sans qu'il soit aisé de la rapprocher de déterminants généraux et prévisibles.

Pour faire émerger les tendances les plus structurantes, il a été choisi de mettre de côté dans un premier temps les actifs atypiques (ceux qui travaillent à domicile, ceux qui n'habitent pas habituellement à leur domicile, ceux qui n'ont pas de lieu de travail fixe) pour se concentrer sur la majorité des actifs les plus stables. Les distances parcourues en 1994 et en 1982 (et les évolutions intervenues entre ces deux dates) selon les caractéristiques des actifs ou de leur ménage sont consignées dans le Tableau 80 en annexe. Il en ressort une première idée des facteurs les plus explicatifs : la densité et la centralité¹¹ jouent un rôle important (et plus important qu'en 1982), ce qui confirme certaines analyses (Gallez, Orfeuill, 1998), alors que les écarts liés à la profession, au genre, au fait de travailler à temps plein ou à temps partiel, ... se réduisent sur la période. On constate notamment un rattrapage des ouvriers sur les autres PCS, qui est directement à rapprocher à l'étalement de plus en plus fort des emplois industriels en périphérie des aires urbaines.

¹¹ La base du découpage utilisé pour les actifs comme pour les autres catégories de population utilise l'aire urbaine (découpage calculé à partir des résultats du recensement de 1990), qui définit les ensembles urbains et périurbains de façon moins « lâche » que ne le faisait la ZPIU (Zone de Peuplement Industriel ou Urbain) utilisée auparavant. Environ 72% de la population se retrouve en aire urbaine, 28% en dehors (ces derniers étant dans l'ensemble peu denses : 65% ont moins de 100 habitants au km², 30% entre 100 et 200).

Les variables testées sont de nature spatiale (densité communale et, pour les aires urbaines, population et superficie totales, distance de la commune de résidence au centre de l'aire urbaine), économique (le revenu du ménage par unité de consommation), socio-démographiques (âge, genre, nombre d'adultes du ménage), et enfin d'accès à la voiture (nombre de voitures par adulte du ménage, possession du permis de conduire).

La première étape de l'analyse « multifacteurs » a, comme pour les scolaires, consisté en des régressions linéaires de la distance estimée ici sur les sept jours de semaine (tous modes et en distinguant voiture conducteur, passager et transports collectifs) par différents facteurs explicatifs. Pour limiter le « bruit » (la variabilité statistique), nous avons dans un premier temps considéré les actifs au comportements de mobilité les plus prédictibles (soit 80% du groupe, en excluant les actifs qui n'ont pas un lieu de travail fixe, ceux qui travaillent à domicile, et ceux qui n'habitent pas habituellement à leur domicile). Estimés à partir de la mobilité d'un jour de semaine et de deux jours de week-end, les indicateurs de distance conservent après analyse une part de variance inexplicée importante, et les R^2 sont logiquement faibles. Néanmoins l'analyse met aussi en évidence qu'un certain nombre de variables influant significativement les distances parcourues. Différentes formes ont été testées : régression linéaire multiple, analyse de covariance (généralisation de la régression et de l'analyse de la variance, permettant d'intégrer dans la batterie de facteurs explicatifs, à fois des variables quantitatives et qualitatives), formulations Log – Log, en distinguant ou non les actifs résidant dans les aires urbaines. Les formulations Log – Log rendent certaines variables plus explicatives (l'âge par exemple), mais ne remettent pas en cause la hiérarchie des facteurs établie en fonction de leur degré d'explication des km parcourus. Comme le passage en Log est plus restrictif (seuls les individus ne présentant aucune valeur nulle pour les variables dépendante et indépendantes sont pris en compte dans l'analyse, ce qui réduit la taille de l'échantillon), nous présentons les résultats des régressions linéaires, sans transformation logarithmique.

a) Première exploration : régressions sur l'ensemble du territoire

Dans les tableaux qui suivent, sont indiqués en caractère gras les variables influant très significativement sur les distances parcourues (au seuil de confiance de 99,99%). En caractère normal, les facteurs significatifs (au seuil de confiance de 95 %) Sont indiqués en italique les facteurs non significatifs (au seuil de confiance de 95%).

Distance tous modes sur 7 jours :

- avec les variables quantitatives seulement

Au vu du Tableau 30, Les facteurs les plus explicatifs sont les suivants : densité de la commune de résidence (DENSRES) et revenu par UC du ménage (REVMYOUC), l'âge et le nombre d'adulte (NBADUL) apparaissant également significatifs. Les signes sont de sens espéré (négatif pour la densité et l'âge, positif pour le revenu). Enfin, si le nombre d'adultes du ménage apparaît significatif, son effet apparent (non contrôlé des effets des autres facteurs) est peu spectaculaire, les distances parcourues par actif étant de 10% plus faibles lorsque le ménage ne comporte qu'un adulte.

Tableau 30

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	188,221	10,261	18,344	< 0,0001	168,105	208,337
DENSRES	-0,005	0,001	-10,580	< 0,0001	-0,006	-0,004

REVMOYUC	0,000	0,000	6,935	< 0,0001	0,000	0,000
AGE	-0,169	0,077	-2,186	0,029	-0,321	-0,017
NBADUL	11,357	3,756	3,023	0,003	3,993	18,721

Equation du modèle :

$$\text{LOCDIST}_{7J} = 188,22 - 5,33E-03 \cdot \text{DENSRES} + 3,381E-04 \cdot \text{REVMOYUC} - 0,17 \cdot \text{AGE} + 11,36 \cdot \text{NBADUL}$$

- en testant, aux côtés des variables quantitatives pertinentes, des variables qualitatives

Après prise en compte de variables qualitatives (Tableau 31), la densité garde son caractère explicatif de même que le nombre d'adultes, mais pas l'âge ni le revenu. S'y ajoutent les possibilités de conduire au quotidien (permis de conduire PERMOVO ; nombre de voitures par adulte VPADU_3_Q), le genre (SEXE) et la profession (PROFESS), la taille de l'aire urbaine d'appartenance (classement en rural si non, CLPOPAUNOU).

Le revenu perd sa significativité au profit d'un facteur qui lui est lié, le nombre de voitures par adulte : on retrouve le résultat selon lequel, une fois un niveau de motorisation atteint (ces possibilités de motorisation dépendant du revenu), le revenu du ménage d'appartenance des actifs a peu d'influence sur les distances.

Tableau 31

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
DENSRES	1	1601042	1601042	42,188	< 0,0001
NBADUL	1	178575	178575	4,706	0,030
REVMOYUC	1	5103	5103	0,134	0,714
AGE	1	102464	102464	2,700	0,100
CLPOPAUNOU	3	1649111	549704	14,485	< 0,0001
PROFESS	10	973635	97363	2,566	0,004
NBENF	8	281435	35179	0,927	0,493
SEXE	1	396787	396787	10,456	0,001
POSQ	3	121952	40651	1,071	0,360
VPADU_3_Q	2	1055362	527681	13,905	< 0,0001
PERMOVO	2	729362	364681	9,610	< 0,0001

Distances en tant que conducteur d'une voiture

- avec les variables quantitatives seulement

Les résultats sont logiquement très proches des régressions tous modes, la conduite d'une auto permettant de réaliser la grande majorité des distances parcourues (Tableau 32). Les facteurs précédemment explicatifs émergent donc à nouveau, à l'exception du nombre d'adultes. La densité se détache des autres facteurs, en termes de niveau d'explication.

Tableau 32

Source	Valeur	Ecart-type	T	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	146,608	9,799	14,961	< 0,0001	127,397	165,818

2.1.2.1.a.1.1.1

-0,007	0,000	-14,000	< 0,0001	-0,008	-0,006
---------------	--------------	----------------	--------------------	---------------	---------------

REVMOYUC	0,000	0,000	8,013	< 0,0001	0,000	0,000
AGE	-0,170	0,074	-2,301	0,021	-0,315	-0,025
NBADUL	5,132	3,587	1,431	0,153	-1,900	12,165

Equation du modèle :

$$\text{LOCDISTVPC} = 146,61 - 6,73\text{E-}03*\text{DENSRES} + 3,73\text{E-}04*\text{REVMOYUC} - 0,17*\text{AGE} + 5,13*\text{NBADUL}$$

- en testant, aux côtés des variables quantitatives pertinentes, des variables qualitatives

A nouveau, le revenu et l'âge perdent de leur significativité après introduction des variables qualitatives (Tableau 33). Parmi celles-ci, le nombre d'enfants et la position dans le ménage apparaissent ici significatives (alors qu'elles ne l'étaient pas pour la distance tous modes).

Tableau 33

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
DENSRES	1	838862	838862	26,801	< 0,0001
REVMOYUC	1	16981	16981	0,543	0,461
CLPOPAUNOU	3	1947111	649037	20,736	< 0,0001
PROFESS	10	938387	93839	2,998	0,001
NBENF	8	546595	68324	2,183	0,026
SEXE	1	1162058	1162058	37,127	< 0,0001
POSQ	3	403771	134590	4,300	0,005
VPADU_3_Q	2	2991558	1495779	47,789	< 0,0001
PERMOVO	2	1837003	918501	29,346	< 0,0001

Distances comme passager d'une voiture

- avec les variables quantitatives seulement

Parmi les variables quantitatives, la densité (mais moins nettement ici), et le nombre d'adultes demeurent significatives. Ni le revenu ni l'âge n'ont d'influence sur les distances parcourues en tant que passager d'une voiture (Tableau 34).

Tableau 34

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	26,524	4,097	6,473	< 0,0001	18,491	34,556
DENSRES	0,000	0,000	-2,396	0,017	-0,001	0,000
REVMOYUC	0,000	0,000	-0,479	0,632	0,000	0,000
AGE	-0,054	0,031	-1,745	0,081	-0,114	0,007
NBADUL	3,853	1,500	2,569	0,010	0,912	6,794

Equation du modèle :

$$\text{LOCDISTVPP} = 26,52 - 4,82\text{E-}04*\text{DENSRES} - 9,32\text{E-}06*\text{REVMOYUC} - 5,39\text{E-}02*\text{AGE} + 3,85*\text{NBADUL}$$

- en testant, aux côtés des variables quantitatives pertinentes, des variables qualitatives

Il apparaît au vu du Tableau 35 que la densité perd fortement en significativité et c'est encore plus net du nombre d'adultes du ménage, au profit du nombre d'enfants, du genre (18 km chez les femmes contre 48 km chez les hommes) et plus précisément de la position dans le ménage (sur l'ensemble des actifs, 17 km pour les personnes de référence, 55 pour les conjoints, 41 pour les enfants). A l'exception du permis de conduire (51 km parcourus comme passager VP quand on n'en dispose pas, contre 28 km quand on en dispose), les autres variables qualitatives influencent moins (taille de l'aire urbaine) ou pas du tout (profession, nombre de voitures par adulte) les distances parcourues en tant que passager d'une voiture.

Tableau 35

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
DENSRES	1	21037	21037	3,315	0,069
NBADUL	1	23	23	0,004	0,952
CLPOPAUNOU	3	54176	18059	2,846	0,036
PROFESS	10	63703	6370	1,004	0,437
NBENF	8	111777	13972	2,202	0,024
SEXE	1	40349	40349	6,359	0,012
POSQ	3	447474	149158	23,507	< 0,0001
VPADU_3_Q	2	26300	13150	2,072	0,126
PERMOVO	2	91226	45613	7,188	0,001

Distances TC

- avec les variables quantitatives seulement

La densité de résidence joue positivement, et de façon très nette, sur les distances parcourues en transports collectifs (ce qui traduit implicitement un effet de position dans la hiérarchie urbaine et de niveau d'offre TC), le nombre d'adultes est également jugé significatif au seuil 95%, à l'inverse du revenu et de l'âge (Tableau 36).

Tableau 36

Source	Valeur	Ecart-type	T	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	7,915	3,685	2,148	0,032	0,691	15,140
DENSRES	0,002	0,000	9,909	< 0,0001	0,001	0,002
NBADUL	2,834	1,349	2,101	0,036	0,189	5,479
REVMYOUC	0,000	0,000	-0,943	0,345	0,000	0,000
AGE	0,038	0,028	1,367	0,172	-0,016	0,092

Equation du modèle :

$$\text{LOCDISTTC} = 7,92 + 1,79\text{E-}03 \cdot \text{DENSRES} + 2,83 \cdot \text{NBADUL} - 1,65\text{E-}05 \cdot \text{REVMYOUC} + 3,80\text{E-}02 \cdot \text{AGE}$$

- en testant, aux côtés des variables quantitatives pertinentes, des variables qualitatives

Seule la densité garde son caractère très significatif (Tableau 37). Elle est accompagnée de la taille de l'aire urbaine (les actifs franciliens empruntent les TC sur 59 km en 7 jours, contre 7 à 14 km dans les autres aires urbaines), du nombre de voitures par adulte (très significatif également, de 59 km/actif quand le ménage est non équipé, à 9 quand une voiture au moins est disponible par adulte, en passant par 21 km quand les actifs disposent de moins d'une VP par adulte), du genre (24 km chez les femmes contre 15 chez les actifs), et de la position dans

le ménage (16 km chez les personnes de référence, 20 chez les conjoints, 27 dans les autres cas).

Tableau 37

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
DENSRES	1	37964	37964	7,239	0,007
NBADUL	1	22761	22761	4,340	0,037
CLPOPAUNOU	3	926307	308769	58,874	< 0,0001
PROFESS	10	72073	7207	1,374	0,185
NBENF	8	36836	4605	0,878	0,534
SEXE	1	75732	75732	14,440	0,000
POSQ	3	82645	27548	5,253	0,001
VPADU_3_Q	2	306029	153015	29,176	< 0,0001
PERMOVO	2	25929	12965	2,472	0,085

b) Seconde exploration : régressions de la distance tous modes sur les aires urbaines

La réduction de l'échantillon aux aires urbaines (soit les deux tiers des actifs) permet de tester l'impact des caractéristiques de ces ensembles urbains sur les distances parcourues (superficie totale, population totale), comme de la localisation résidentielle des actifs en leur sein. En particulier, la prise en compte de la distance au centre, et secondairement de la taille de l'aire urbaine, apportent une meilleure explication des distances parcourues.

Avec les variables quantitatives seulement

Les facteurs significatifs sont ici la distance au centre de l'aire urbaine (DISTCENTAU), la densité de la commune, le revenu par UC (Tableau 38). En revanche, les indicateurs de taille de l'AU, population et superficie, n'apparaissent pas significatifs en tant que tels.

Tableau 38

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	173,770	12,646	13,741	< 0,0001	148,976	198,564
SUPERFICIE	-0,001	0,007	-0,190	0,849	-0,015	0,012
POPAUSD90_	0,000	0,000	-0,244	0,808	0,000	0,000
DISTCENTAU	3,450	0,548	6,297	< 0,0001	2,376	4,524
DENSRES	-0,006	0,002	-3,920	< 0,0001	-0,009	-0,003
REVMYOUC	0,000	0,000	5,844	< 0,0001	0,000	0,000
AGE	-0,131	0,108	-1,211	0,226	-0,343	0,081
NBADUL	3,983	4,289	0,928	0,353	-4,428	12,393

Equation du modèle :

$$\text{LOCDIST_7J} = 173,77 - 1,29\text{E-}03*\text{SUPERFICIE} - 1,44\text{E-}06*\text{POPAUSD90} + 3,45*\text{DISTCENTAU} - 6,08\text{E-}03*\text{DENSRES} + 3,26\text{E-}04*\text{REVMYOUC} - 0,13*\text{AGE} + 3,99*\text{NBADUL}$$

En testant, aux côtés des variables quantitatives pertinentes, des variables qualitatives

Parmi les différentes variables qualitatives testées, apparaissent significatives : le genre, le nombre de voitures par adulte, la disposition du permis de conduire, la taille de l'aire urbaine, et la profession (en 10 groupes) (Tableau 39). La distance parcourue en une semaine apparaît sans lien avec le nombre d'enfants, ou encore la position dans le ménage. Parmi les variables

quantitatives pertinentes, c'est l'influence de la distance au centre qui résiste le mieux à l'apport de nouvelles variables. En revanche, le revenu par UC perd en significativité du fait de la présence d'un facteur qui lui est corrélié, le nombre de voitures par adulte. Lorsqu'on n'inclut pas la profession, le genre est encore plus significatif. En effet, la profession occupée est liée au genre et aux facteurs spatiaux. Les postes d'employés (de bureau, de services à la personne), plus féminins, sont aussi plus centraux et/ou se trouvent plus facilement dans un espace proche du domicile et génèrent en moyenne de ce fait de plus faibles distances domicile-travail (comme l'avait montré l'analyse à plat, cf. Tableau 80 en annexe).

La taille de l'aire urbaine en 4 groupes est significative, sans que l'effet apparent ne soit très net (légère décroissance des kilomètres des plus petites aires urbaines à l'Ile-de-France). Ce facteur est plus explicatif des distances parcourues par mode, que des distances totales, du fait de compensations entre modes.

Tableau 39

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
DISTCENTAU	1	1283813	1283813	37,901	< 0,0001
DENSRES	1	202708	202708	5,984	0,014
REVMYOUC	1	50585	50585	1,493	0,222
PROFESS	10	730040	73004	2,155	0,018
CLASSEPOP_AU	2	273564	136782	4,038	0,018
NBENF	7	182971	26139	0,772	0,611
SEXE	1	300800	300800	8,880	0,003
POSQ	3	100715	33572	0,991	0,396
VPADU_3_Q	2	318407	159204	4,700	0,009
PERMOVO	2	358610	179305	5,293	0,005

En résumé, les différentes régressions multiples mettent en évidence les facteurs les plus explicatifs des distances parcourues :

- Les caractéristiques du lieu de résidence : la densité de la commune (signe négatif) et plus nettement encore, pour les actifs résidant dans une aire urbaine, la distance entre la commune de résidence et le centre de l'aire urbaine (signe positif, les emplois demeurant relativement plus concentrés que les résidences au sein des aires urbaines). La taille de l'aire urbaine apparaît significative en ce qu'elle distingue des usages différenciés des modes. En particulier, les actifs franciliens se caractérisent par un usage plus répandu (et sur de plus longs trajets) des transports publics que les actifs du reste du territoire.
- Les caractéristiques socioéconomiques de la personne : le revenu du ménage par unité de consommation, en concurrence avec un facteur lié, le nombre de voiture par adulte (tous deux de signe positif), le genre (les actifs se caractérisant par des distances hebdomadaires plus élevées que les actives), en concurrence (et de façon en partie liée) avec la profession ;
- En revanche, l'âge, le nombre d'adultes, le nombre d'enfants, la position dans le ménage n'apparaissent pas significativement influencer les distances locales parcourues en une semaine, tous modes confondus.

La typologie élaborée sur la catégorie des actifs tiendra compte de ces résultats, et pour segmenter l'ensemble de la population active occupée (y compris les actifs atypiques provisoirement écartés dans l'analyse précédente) nous nous appuyerons sur :

- La prise en compte de l'environnement du lieu de vie (en croisant la densité de population de la commune de résidence et la distance au centre de l'aire urbaine, et en intégrant également l'appartenance à une aire urbaine et sa taille) ;
- Le niveau d'équipement du ménage, et plus précisément l'accès individuel à la voiture. Au-delà du fait d'appartenir à un ménage motorisé ou non, l'enjeu, pour la population des adultes actifs occupés, porte de plus en plus sur le fait de pouvoir ou non conduire une voiture au quotidien. Le nombre de véhicules (voitures ou véhicules utilitaires légers) par adulte sera l'indicateur retenu pour mesurer ce processus d'individualisation croissante de l'usage de la voiture. Même s'il aurait permis de préciser les situations vis-à-vis de la voiture, dans certain cas, le fait de disposer du permis de conduire n'a pas été retenu par raison de simplicité (en vue des exercices de projection), compte tenu du peu d'informations supplémentaires qu'il apporte. En effet, seuls 12% des actifs n'ont pas le permis (60% quand le ménage est non motorisé, mais 14% quand le ménage est équipé de moins d'une voiture par adulte, moins de 1% quand un accès individualisé au véhicule est possible).
- Le genre, les femmes, toutes choses égales par ailleurs (à localisation et à motorisation données, notamment), réalisant toujours un peu moins de kilomètres que les hommes actifs au cours d'une semaine moyenne ;
- Enfin, la taille de l'aire urbaine, car même si son impact est limité en termes de distances parcourues (hormis la distinction forte entre l'Ile-de-France et le reste du territoire), elle renvoie à des aires de pertinence (et à des possibilités d'action) très variables pour les transports collectifs, avec notamment une distinction des aires urbaines de plus de 300 000 habitants, possédant (ou candidates à) des lignes de TCSP, et les plus petites aires urbaines, où le potentiel des TC et leur usage sont beaucoup plus limités au sein de leur noyau urbain.

Le fait de considérer explicitement, parmi les facteurs explicatifs, la motorisation et l'accès potentiel au volant se justifie par la large diffusion du système automobile et la part dominante prise par ce mode dans les déplacements quotidiens, au point d'être devenu la norme en matière de mobilité locale, et ce même si des écarts à cette norme subsistent. Compte tenu des liens entre niveau de vie et nombre de voitures par adulte (Tableau 40), cela nous amène *de facto* à ne pas intégrer le revenu dans les facteurs discriminant les distances des populations actives même s'il garde bien un rôle.

Tableau 40 : Liens entre revenu par UC et nombre de voitures chez les actifs, en 1994

	0 VP	<1 VP / adulte	>= 1 VP / adulte	Ensemble
Bas	15,4	62,7	21,9	100
Moyen	7,1	53,3	39,6	100
Haut	4,2	41,3	54,5	100
Ensemble	7,5	50,2	40,3	100

La non-prise en compte de la profession se justifie par le fait que, à l'exception des employés, les écarts se sont réduits entre 1982 et 1994 (voir Tableau 80 en annexe), la différence employés/autres professions étant par ailleurs en partie reprise par le genre.

La prise en compte de l'environnement du lieu de résidence est pertinente, car si le nombre de déplacements est assez stable à chaque étape de la vie d'un lieu à l'autre, en revanche la portée moyenne des déplacements est très liée à la densité résidentielle. Dans le cas des actifs, la distance au centre de l'aire urbaine joue également, par la proximité moyenne au lieu de travail qu'elle entraîne. Des seuils de distance au centre et de densité de la commune ont ainsi été choisis, toujours avec le souci de garder une certaine généralité et une certaine lisibilité dans la définition (exemple : les communes centre, les communes à moins de 10 km / plus de 10 km du centre ; cette distinction étant utile, dans les grandes aires urbaines et en Ile-de-France, pour distinguer les communes périphériques, les plus urbanisées et/ou les plus proches, des communes périurbaines plus lointaines et/ou moins denses). De même pour les densités, avec notamment une limite basse aux communes considérées comme denses (et centrales) fixée à 2000 habitants au km².

Les distances parcourues par les actifs résidant dans ces différentes catégories de distance au centre / densité communale nous amènent à proposer trois classes de communes, ce qui permet de limiter le nombre de sous-catégories d'actifs, de façon à ce que la précision des résultats (liée à l'effectif de chaque sous-catégorie) demeure suffisante (Tableau 41) :

- a) Actifs résidant en communes denses et centrales
- b) Actifs de zones périphériques peu ou moyennement denses
- c) Actifs de zones rurales ou périurbaines, très peu denses

Tableau 41 : Les trois grandes catégories spatiales retenues

	Densité	100-500	500-2000	2000-5000	>5000
Distance au centre	< 100/km ²	hab/km ²	hab/km ²	hab/km ²	hab/km ²
communes-centre	Zones périphériques ou à densité moyenne			Zones denses	
] 0 ; 10 km] du centre	Zones rurales ou périurbaines, peu denses			Zones denses	
>10 km du centre	Zones rurales ou périurbaines, peu denses			Zones denses	
Rural	Zones rurales ou périurbaines, peu denses			Zones denses	

c) Trois lieux de vie contrastés

Ces trois catégories spatiales reflètent des lieux de vie très différenciés :

a) Les *zones denses et centrales* comprennent des communes-centre d'aires urbaines de taille relativement importante (>200 000 habitants), Paris et, plus marginalement, des pôles centraux d'aires urbaines plus petites (généralement entre 100 000 et 200 000 habitants), des communes de proche périphérie des grandes aires urbaines (A.U.) de province, et enfin des communes périphériques d'Ile-de-France. Ainsi, un actif sur deux vivant en zone dense et centrale réside en Ile-de-France, un sur trois dans une grande aire urbaine (plus de 300 000 habitants) et un sur six dans une aire urbaine de taille inférieure.

b) Les *communes périphériques ou à densité moyenne* se situent quant à elles à 92% dans les aires urbaines de province, qu'elles soient de taille modérée (à 69%, moins de 300 000 habitants) ou plus importante (à 22%). Ces communes périphériques moyennement denses sont situées à 4 km du centre (lorsqu'elles font partie d'A.U. de moins de 300 000 habitants),

11 km (A.U >300 000),... voire 26 km (Ile-de-France). Leurs densités moyennes se situent alors, respectivement, aux environs de 700, 1000 et 1200 hab/km² ;

c) Les zones périurbaines ou rurales peu denses se situent hors aire urbaine dans les deux tiers. Elles sont alors de faible densité (135 hab/km²). 20% font partie d'A.U. de moins de 300 000 habitants (de densité moyenne très faible, 90 hab/km², situées à 10 km du centre en moyenne), 12% dans des A.U. de plus de 300 000 habitants (densité de 200 hab/km², et situées à 17 km du centre en moyenne), 5% en Ile-de-France (220 hab/km², à près de 40 km en moyenne du centre).

Les distances moyennes parcourues (tous modes, en voiture ou en TC) par les actifs dans ces trois zones apparaissent très significativement différentes, comme l'attestent les intervalles de confiance à 95 % des moyennes brutes (Tableau 42) calculés sur les actifs motorisés¹². Seul cas de recouvrement des intervalles de confiance (traduisant de fait une impossibilité de conclure avec un indice de confiance suffisant), l'usage des TC entre zones périphériques d'une part et zones périurbaines ou rurales d'autre part, en dépit d'une distance parcourue (en chiffres redressés) quasiment deux fois plus faible chez les seconds. Le manque de précision des estimations concernant les TC renvoie à son caractère relativement peu fréquent sur la période de la veille ou du dernier week-end : de nombreux « 0 » côtoient des distances très importantes (notamment en Ile-de-France), d'où des écarts-type particulièrement élevés, de l'ordre de trois fois la moyenne en zone dense, et même six fois la moyenne en zone périphérique, huit fois en zone rurale ou périurbaine peu dense. L'usage des transports collectifs, tel qu'exprimé en distances parcourues sur sept jours, apparaît toutefois significativement plus élevé dans les zones denses que dans les autres types d'espace. La distinction supplémentaire selon la taille de l'aire urbaine permettra de mieux séparer les zones d'usage des transports collectifs, parmi les zones périphériques et périurbaines.

Tableau 42 : Intervalles de confiance à 95 % sur les distances moyennes sur 7 jours par les actifs motorisés, selon le découpage en 3 grandes zones*

	<i>Distance tous modes</i>	<i>Distance VP conduc+passager</i>	<i>Distance TC</i>
<i>Actifs dans des communes centrales et denses</i>	<i>[186,8 - 204,4]</i>	<i>[158,6 - 176,0]</i>	<i>[18,4 - 24,9]</i>
<i>Actifs dans des zones périphériques peu ou moyennement denses</i>	<i>[214,9 - 235,0]</i>	<i>[198,8 - 218,4]</i>	<i>[8,4 - 14,8]</i>
<i>Actifs dans des zones rurales ou périurbaines, très peu denses</i>	<i>[260,2 - 280,4]</i>	<i>[248,3 - 268,2]</i>	<i>[5,3 - 10,1]</i>
<i>Ensemble</i>	<i>[229,4 - 240,9]</i>	<i>[211,4 - 222,9]</i>	<i>[11,3 - 14,6]</i>

* moyennes non redressées

¹² Compte tenu de leurs faibles distances parcourues et d'une certaine homogénéité interne, les actifs sans voiture dans le ménage feront l'objet d'une catégorie à part, et cette désagrégation spatiale portera uniquement sur les actifs de ménages motorisés (i. e. disposant d'au moins une VP).

d) Distances parcourues et situation de la résidence : les zones rurales / périurbaines se singularisent

Globalement, le découpage retenu discrimine nettement les distances hebdomadaires locales tous modes et décomposées par mode, en distinguant transports collectifs et voiture (Tableau 43 à Tableau 46). Les trois zones ne sont pas complètement homogènes. En particulier, parmi les communes situées à plus de 10 km du centre de l'A.U., la catégorie « 2000-5000 habitants au km² » se distingue par des distances particulièrement élevées, les rapprochant des zones rurales et périurbaines. Cette classe a toutefois été maintenue dans les zones centrales et denses, du fait de sa position géographique (elle se situe en Ile-de-France à 90%) et de sa densité relativement forte (3200 hab/km²) expliquant un usage important des transports collectifs, qui les rapproche de la catégorie la plus urbaine (Tableau 45). Le découpage choisi nous semble le plus logique tant du point de vue de la composition des groupes, que des possibilités d'imaginer des scénarios différenciés (voir plus haut).

Tableau 43 : Distance tous modes, 7 jours en 1994 (local, en km)

Distance au centre communes-centre d'AU*	Densité	100-500	500-2000	2000-5000	>5000
	< 100/km ²	hab/km ²	hab/km ²	hab/km ²	hab/km ²
] 0 ; 10 km] du centre de l'AU	129**	208	201	183	146
10 km et plus du centre de l'AU	276	216	221	183	142
Rural	313	287	248	273	197
	274	259	255		

* A.U. : Aire Urbaine (selon découpage du recensement de 1990)

** non significatif, faibles effectifs

Tableau 44 : Distance parcourue en voiture sur une semaine en 1994 (mobilité locale, en km)

Distance au centre communes-centre	Densité	100-500	500-2000	2000-5000	>5000
	< 100/km ²	hab/km ²	hab/km ²	hab/km ²	hab/km ²
] 0 ; 10 km] du centre	121*	201	185	164	98
10 km et plus du centre	271	202	201	164	97
Rural	290	263	190	192	147
	264	247	230		

* non significatif, faibles effectifs

Tableau 45 : Distance parcourue en transports collectifs sur une semaine en 1994 (mobilité locale, en km)

Distance au centre communes-centre	Densité	100-500	500-2000	2000-5000	>5000
	< 100/km ²	hab/km ²	hab/km ²	hab/km ²	hab/km ²
] 0 ; 10 km] du centre	1	4	10	11	39
10 km et plus du centre	1	4	11	15	40
Rural	15	21	54	70	42
	6	7	2		

Tableau 46 : Répartition en % du total des actifs en 1994

Distance au centre	Densité	100-500	500-2000	2000-5000	>5000
	< 100/km ²	hab/km ²	hab/km ²	hab/km ²	hab/km ²

communes-centre	0,3%	3%	8%	10%	6%
] 0 ; 10 km] du centre	2%	7%	7%	4%	5%
10 km et plus du centre	3%	5%	5%	5%	4%
Rural	17%	8%	1%	0%	0%

En douze ans, la croissance des kilométrages locaux est, chez les actifs, très forte en zone rurale ou périurbaine, notamment du fait de la place de plus en plus hégémonique prise par la voiture, mais sinon limitée (Tableau 47). On peut s'interroger sur la pérennité de cette tendance à un écart croissant de distances parcourues. Estimée sur deux points seulement, dont l'enquête de 1982 avec un plus petit nombre d'enquêtés, se vérifie-t-elle encore en 2005, se vérifiera-t-elle dans dix ans ? Concernant les évolutions récentes, vont dans ce sens les observations relevant une dissociation habitat-emploi plus rapide en périphérie que dans les centres urbains (Mignot et al., 2004). Dans ce contexte de déconcentration des résidences qui structure une bonne part de la mobilité des actifs, les alternatives à la voiture deviennent plus difficiles alors que le mode collectif résiste mieux en zone plus dense. La périurbanisation représentera encore un enjeu en termes de croissance des distances parcourues par les actifs en automobile dans les décennies à venir.

La baisse des distances parcourues en transports collectifs traduit plus un abandon de ce mode au profit de la voiture, qu'un raccourcissement des trajets. Il nous faudra en tenir compte dans la typologie concernant les usages différenciés des modes.

Tableau 47 : Distances moyennes sur 7 jours (redressées) des actifs occupés selon le lieu de résidence en 3 grandes zones, et évolution depuis 1982 (chiffres redressés et %)

	<i>Effectifs redressés</i>	<i>Dist tous modes</i>	<i>Evol 94 / 82 (%)</i>	<i>Dist VP total</i>	<i>Evol 94 / 82 (%)</i>	<i>Dist TC</i>	<i>Evol 94 / 82 (%)</i>
<i>communes centrales et denses</i>	<i>7,14 millions</i>	<i>184</i>	<i>+5%</i>	<i>144</i>	<i>+13%</i>	<i>33</i>	<i>-1%</i>
<i>zones périphériques peu ou moyennement denses</i>	<i>6,67 millions</i>	<i>217</i>	<i>+9%</i>	<i>195</i>	<i>+14%</i>	<i>16</i>	<i>-9%</i>
<i>zones rurales ou périurbaines, très peu denses</i>	<i>7,83 millions</i>	<i>275</i>	<i>+28%</i>	<i>260</i>	<i>+50%</i>	<i>9</i>	<i>-44%</i>
<i>Ensemble</i>	<i>21,9 millions</i>	<i>228</i>	<i>+17%</i>	<i>203</i>	<i>+32%</i>	<i>19</i>	<i>-20%</i>

Après croisement de cette dimension spatiale avec le genre, le niveau de motorisation et la taille de l'aire urbaine, la typologie initiale des actifs compte 13 groupes (Tableau 48) :

- Le premier groupe est constitué des actifs appartenant à des ménages sans véhicule à disposition, qui se caractérisent par les plus faibles distances parcourues (112 km, soit deux fois moins que la moyenne) ;
- Les douze autres groupes ont été constitués ainsi : les trois groupes d'actifs vivant en centre urbain dense / en périphérie / en rural ou en périurbain ont chacun été décomposés en quatre sous-catégories, selon le genre et le nombre de voitures par adulte du ménage (moins de une / une ou plus) ;

Au sein de chacun des trois types de lieu de vie, une hiérarchisation commune des groupes se dégage quant aux kilomètres parcourus :

1. Les hommes actifs de ménages pour lesquels l'accès à la voiture obéit à une logique individuelle (au moins une voiture par adulte) sont à chaque fois les plus mobiles ;
2. Viennent ensuite les hommes actifs dont le ménage dispose de moins d'une voiture par adulte ;
3. Puis les femmes actives de ménages au sein desquels l'accès au volant s'est individualisé (au moins une voiture par adulte) ;
4. Enfin les femmes actives dont le ménage dispose de moins d'une voiture par adulte.

On retrouvait déjà cette hiérarchie entre groupes selon la distance locale parcourue en 7 jours en 1982, mais les différents groupes ont connu des évolutions contrastées. Ainsi, les écarts se sont réduits car quels que soient la zone de résidence et le niveau de disponibilité de la voiture, les femmes actives accroissent plus fortement leur distances que les hommes. En revanche, les écarts tendent à se creuser entre les actifs non motorisés et les autres. Les évolutions selon le niveau de disponibilité de la voiture apparaissent plus heurtées, moins facilement explicables. Assez logiquement, la croissance est plus forte chez les femmes pouvant a priori facilement accéder au volant que chez les autres (sauf en périphérie, où les taux de croissance sont proches). En revanche, chez les hommes, les taux de croissance qui se situent à des niveaux globalement inférieurs, apparaissent plus élevés lorsque leur ménage dispose de moins d'une voiture par adulte (à l'exception des zones centrales et denses).

Tableau 48 : Distances tous modes parcourues en 7 jours des 13 groupes d'actifs de la typologie, en 1982 et 1994

	1994	1982	Evol (94/82)
Actifs ou actives non motorisé(e)s (0 VP dans le ménage)	111	108	+3%
Zones Denses, Femmes, moins d'une VP par adulte	153	137	+12%
Zones Denses, Femmes, une VP par adulte	189	147	+28%
Zones Denses, Hommes, moins d'une VP par adulte	211	218	-3%
Zones Denses, Hommes, une VP par adulte	243	235	+3%
Périphérie, Femmes, moins d'une VP par adulte	180	149	+21%
Périphérie, Femmes, une VP par adulte	215	186	+16%
Périphérie, Hommes, moins d'une VP par adulte	223	204	+9%
Périphérie, Hommes, une VP par adulte	256	284	-10%
Rural ou Périurbain, Femmes, moins d'une VP par adulte	214	150	+42%
Rural ou Périurbain, Femmes, une VP par adulte	265	173	+53%
Rural ou Périurbain, Hommes, moins d'une VP par adulte	279	203	+37%
Rural ou Périurbain, Hommes, une VP par adulte	340	277	+23%
Marges	228	188	+21%

La taille de l'aire urbaine (Aire Urbaine d'Ile-de-France, A.U de plus de 300 000 habitants, A.U de moins de 300 000 habitants, et extérieur à l'aire urbaine) permet d'introduire un niveau supplémentaire de désagrégation, en trois classes pour les actifs résidant dans des communes centrales denses ou dans les communes périphériques (car par construction aucune commune de ces deux catégories n'est extérieure à une aire urbaine), et en quatre classes pour

les communes périurbaines, soit quarante groupes dans la décomposition la plus fine (voir Tableau 49). Toutes les catégories ne disposent pas d'un effectif suffisant pour se prêter à l'analyse. Distinguer les aires urbaines selon leur taille permet toutefois de préciser l'usage des transports collectifs, notamment.

Tableau 49 : Distances parcourues en 7 jours selon la typologie détaillée des actifs croisée avec la taille de l'aire urbaine

	Ile-de-France	Grandes Aires Urbaines	Petites A.U.	Rural (hors A.U.)	Tous
Zones Denses, Femmes, moins d'une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	201	117	63		381
moyenne tous modes* (redressé)	151	150	162		152
moyenne TC* (redressé)	67	22	26		48
Zones Denses, Femmes, une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	162	180	116		458
moyenne tous modes* (redressé)	170	209	181		187
moyenne TC* (redressé)	26	8	8		15
2.1.2.1.d..1.1.1 Zones Denses, Hommes, moins d'une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	197	167	82		446
moyenne tous modes* (redressé)	232	180	225		211
moyenne TC* (redressé)	42	9	2		22
Zones Denses, Hommes, une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	183	136	90		409
moyenne tous modes* (redressé)	245	251	237		245
moyenne TC* (redressé)	30	3	5		17
2.1.2.1.d..1.1.2 Périphérie, Femmes, moins d'une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	34	72	229		335
moyenne tous modes* (redressé)	227	182	169		179
moyenne TC* (redressé)	105	56	10		32
2.1.2.1.d..1.1.3 Périphérie, Femmes, une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	35	105	384		524
moyenne tous modes* (redressé)	243	189	223		217
moyenne TC* (redressé)	62	7	2		8
2.1.2.1.d..1.1.4 Périphérie, Hommes, moins d'une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	30	96	292		418
moyenne tous modes* (redressé)	253	235	213		221
moyenne TC* (redressé)	91	2	5		11
2.1.2.1.d..1.1.5 Périphérie, Hommes, une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	32	119	328		479
moyenne tous modes* (redressé)	337	280	248		262
moyenne TC* (redressé)	16	8	8		8
2.1.2.1.d..1.1.6 Rural ou Périurbain, Femmes, moins d'une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	20	45	60	308	433
moyenne tous modes* (redressé)	284	246	182	210	215
moyenne TC* (redressé)	112	1	0	13	14
2.1.2.1.d..1.1.7 Rural ou Périurbain, Femmes, une VP par					

adulte					
taille d'échantillon (brut)	21	73	112	380	586
moyenne tous modes* (redressé)	306	266	294	250	262
moyenne TC* (redressé)	0	7	1	2	3
2.1.2.1.d..1.1.8 Rural ou Périurbain, Hommes, moins d'une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	36	61	88	461	646
moyenne tous modes* (redressé)	327	295	288	271	279
moyenne TC* (redressé)	74	23	0	5	11
2.1.2.1.d..1.1.9 Rural ou Périurbain, Hommes, une VP par adulte					
taille d'échantillon (brut)	47	85	114	508	754
moyenne tous modes* (redressé)	398	298	310	344	336
moyenne TC* (redressé)	44	0	2	4	6
Actifs-ves non motorisé(e)s (0 VP dans le ménage)					
taille d'échantillon (brut)	233	109	127	63	532
moyenne tous modes* (redressé)	118	105	120	84	112
moyenne TC* (redressé)	89	47	33	11	59
Marges					
taille d'échantillon (brut)	1231	1365	2085	1720	6401
moyenne tous modes* (redressé)	204	214	218	269	228
moyenne TC* (redressé)	57	14	7	6	19

En italique : chiffres à considérer avec prudence, car portant sur des effectifs de petite taille (moins de 50 enquêtés)

* en km

L'ensemble de ces variables – catégories spatiales, genre, disponibilité de voitures dans le ménage, catégorie d'aire urbaine – servira de base à un modèle additif, de même type que celui développé pour les scolaires.

2.1.2.2 Actifs : quels enjeux prospectifs ?

a) Un groupe qui demeurera prépondérant dans les km parcourus

Le vieillissement de la population et l'arrivée à la retraite des générations pleines du baby boom ne doit pas faire oublier que les actifs occupés resteront le groupe le plus déterminant dans la production de kilomètres et d'émissions de CO₂ « transport » au niveau local. Certes, contrairement à ce qui s'est produit par le passé, le nombre d'absolu d'actifs¹³ ne devrait plus beaucoup s'accroître d'ici à 2050. Toutefois le relatif dynamisme démographique que l'on connaît en France, s'il se maintient¹⁴, devrait éviter une baisse de ce groupe. De l'ordre de 27,6 millions en 2005 (dont 2,7 millions de chômeurs), on s'attend à ce que la population active totale gagne 700 000 personnes d'ici à 2015, puis reste assez stable au cours des trois décennies suivantes, les taux d'activité des 15-64 ans passant selon les dernières hypothèses,

¹³ Et c'est bien le nombre total d'actifs, en tant qu'émetteurs potentiels qui nous intéresse ici, plus que leur poids relatif dans la population totale.

¹⁴ L'indice conjoncturel de fécondité se situe aux environs de 190 enfants pour 100 femmes depuis 2000 (150 en moyenne dans l'Union Européenne), la descendance finale demeure proche du seuil de renouvellement des générations.

les plus centrales, de l'Insee de 69% en 2005 à 70,5% en 2050 (Coudin, 2006). Selon le scénario démographique (fécondité haute ou basse, faible ou fort apport migratoire), ces chiffres pourront varier de plus ou moins 1,5 millions. Si l'on considère la population active *occupée* (hors populations au chômage¹⁵), on peut imaginer une croissance d'ici à 2015, par baisse du nombre de chômeurs liée au renouvellement de la population active.

b) Féminisation ralentie de la population active

Dans un volume total stable ou en légère régression, la poursuite prévisible mais limitée (au vu des décalages générationnels de plus en plus faibles) de la féminisation de la population active ne devrait pas représenter un enjeu important en termes de distances parcourues et d'émissions de CO₂. En effet, cette féminisation est très largement engagée. On comptait déjà, 43,8% de femmes en 1992 et 45,5% de femmes en 2002 au sein de la population active. Certes, la population active féminine devrait s'accroître légèrement chez les plus de 50 ans (Coudin, 2006), et la proportion de femmes dans la population active *occupée* pourrait s'accroître de quelques points : les femmes pourraient, de plus, profiter au premier chef d'une décrue du chômage rendue possible par les évolutions démographiques, car elles sont le plus touchées par les problèmes de chômage et pourraient bénéficier d'un essor des emplois de services et d'aides à la personne. Mais globalement, la tendance la plus probable devrait être une certaine stabilité.

Quoi qu'il en soit, en termes de distances parcourues dans l'espace de vie, les comportements féminins, qui se sont déjà en partie rapprochés de ceux des hommes, devraient continuer à le faire à l'avenir, portés notamment par une autonomie croissante dans l'accès à l'automobile, qui ne semble pas devoir être remise en cause (même si une hausse des coûts relatifs de la voiture pourrait la ralentir). Les évolutions de structure homme/femme de la population active en seront alors d'autant moins déterminantes. Il est néanmoins utile de distinguer dans les simulations à long terme, hommes actifs et femmes actives, car ces deux sous-populations pourraient évoluer différemment : le potentiel d'accroissement liée à l'individualisation de l'usage de la voiture est sans doute plus fort chez les femmes que chez les hommes.

c) Vieillesse de la population active

Si l'évolution de la répartition hommes / femmes de la population active devrait peu influencer, qu'en est-il de leur répartition par âge ? Le vieillissement de la pyramide des âges de la population active occupée, que devrait renforcer le recul progressif de l'âge moyen de départ à la retraite (Coudin, 2006), peut-il avoir un effet modérateur sur les distances parcourues ? Nous avons vu en effet que les distances parcourues par les actifs et les actives, si elles sont très stables jusqu'à 50 ans, décroissent ensuite. Toutefois, cet effet de vieillissement interne devrait demeurer limité :

- Certes, le poids des 50 ans et plus va s'accroître dans la population active, de 9,8% en 2002 à 13,4% en 2020 selon les projections Insee et ce dernier chiffre devra sans doute être réévalué pour intégrer les effets des réformes (dites Balladur en 1993, Fillon en 2003) du financement des retraites, les actifs étant incités à travailler plus longtemps pour bénéficier d'une retraite à taux plein (allongement de la durée de cotisation ; principe de la décote / surcote).

¹⁵ La distinction n'est pas neutre : selon l'enquête transport de 1994, un chômeur fait en moyenne un bon tiers de kilomètres de moins par semaine qu'un actif occupant un emploi (143 contre 228, voir plus loin).

- La relative « sous-mobilité » des actifs et des actives de plus de 50 ans, à rapprocher en partie de distances domicile-travail actuellement plus courtes, n'est sans doute pas due uniquement à un effet de cycle de vie. Le renouvellement des générations se traduit par un allongement des distances domicile-travail. Au vu des chiffres présentés dans le tableau 58, en annexe, les 35-49 ans ont vu leurs distances s'accroître fortement et logiquement les plus de 50 ans ne devraient pas rester à l'écart du mouvement de dissociation croissante habitat-emploi.

Si l'hypothèse d'un rapprochement des distances parcourues par les actifs de plus et de moins de 50 ans se vérifie, le changement de structure d'âge *au sein de la population active* ne devrait donc avoir, globalement, qu'un effet très faiblement modérateur sur le volume global de km parcourus en local par les actifs.

d) Poursuite de la tertiarisation des emplois

En revanche, il est plus difficile d'estimer l'impact des évolutions du système productif et de la nature des emplois. La structure des emplois (poursuite de la tertiarisation et déclin des secteurs primaire et secondaire, hausse des qualifications et accroissement de la part relative des professions intermédiaires et d'encadrement) pourrait avoir un effet légèrement modérateur sur la tendance continue à l'allongement des distances domicile-travail. La décomposition retenue ne permet pas de tester l'influence de telles évolutions : d'une part les évolutions intervenues entre 1982 et 1994, semblent indiquer une certaine convergence à des niveaux élevés des distances domicile-travail des différentes professions, d'autre part leur pouvoir explicatif paraît en deçà des facteurs lourds d'enjeux que sont l'évolution des localisations résidentielles des actifs et de leur rapport à l'automobile.

e) Desserrement des ensembles urbains

Les évolutions de localisation des emplois et des résidences peuvent être résumées à la tendance majeure de ces dernières décennies, la périurbanisation qui se poursuit depuis 1999 sur des espaces de plus en plus périphériques, débordant structurellement les aires urbaines pour dynamiser certains espaces ruraux. Les deux enquêtes nationales de 1982 et de 1994 témoignent d'une décroissance des zones centre et d'une croissance des zones périphériques. Au vu des dernières tendances observées par le recensement de la population, si notre découpage était reproduit sur la prochaine ENT de 2007, les zones que nous avons qualifiées de rurales ou périurbaines accueilleraient une part non négligeable des évolutions démographiques actuelles, avec parallèlement un certain dynamisme des centres urbains.

Or, nous l'avons vu, les espaces périurbains sont générateurs de distances de déplacements nettement plus importantes que les espaces de périphérie proche, et plus encore que les zones denses et centrales. Ce sont également ces espaces qui représentent le principal foyer d'accroissement des distances parcourues. Les changements structurels favorables aux zones peu denses et/ou excentrées se traduisent par une portée moyenne de déplacement plus élevée, pour le domicile-travail, mais aussi pour les autres déplacements (accompagnements, achats, loisirs...). Selon la pérennité et la vigueur du mouvement de desserrement résidentiel, le volume total de km parcouru par les actifs pourra varier assez fortement. A moins de politiques d'aménagement coordonnées habitat/emploi fortes dans les zones périphériques (dont on peine à voir l'émergence), le desserrement des emplois dans les ensembles urbains n'est pas à même de limiter les distances domicile-travail des actifs, car il obéit à des logiques propres aux entreprises (prix du foncier, accessibilité aux nœuds routiers) et non à la présence d'une main d'oeuvre à proximité. Le potentiel de croissance paraît encore important.

Autre tendance qui pourrait se poursuivre, un dynamisme plus fort dans les grandes métropoles que dans les petits ensembles urbains. Au vu des résultats précédents, son impact sur les distances parcourues serait toutefois limité, même s'il pourrait ouvrir des perspectives plus importantes quant à l'usage des TC, l'offre en la matière étant très liée à la taille des ensembles urbains.

f) Individualisation croissante de l'usage de l'automobile

Ce mouvement de fonds de « déconcentration » de l'habitat s'accompagne d'une individualisation croissante de l'usage des l'automobile, qui touche toutes les zones (+10 points en zone dense, +13 points en périphérie, +10 points en zone rurale ou périurbaine). La non-motorisation des ménages d'actifs ne résiste qu'en zone urbaine dense (Tableau 50).

Tableau 50 : Localisation géographique et nombre de voitures par adultes, an 1994 et 1982 (% en ligne pour chaque année)

	0 VP		<1 VP / adulte		1 VP / adulte		<i>Ensemble</i>	
	1994	1982	1994	1982	1994	1982	1994	1982
Dense	15,3	18,0	50,3	57,7	34,4	24,2	33,0	40,0
Périphérique	4,6	8,3	50,0	58,9	45,4	32,8	36,1	28,5
Rural/périurbain peu dense	2,9	6,1	50,2	57,3	46,9	36,6	30,9	31,5
<i>Ensemble</i>	7,5	11,7	50,2	57,9	42,3	30,4	100,0	100,0

Plus de neuf actifs sur dix appartenait d'ores et déjà à un ménage motorisé au milieu des années 90 : hormis une rupture majeure dans les coûts d'acquisition ou d'usage de la voiture, le taux d'actifs motorisés ne devrait pas diminuer dans les années à venir, tant la voiture est devenue indispensable dans l'accès à l'emploi et la relation au travail. A l'inverse, ce chiffre peut encore augmenter si l'élargissement des bassins d'emploi se poursuit, rendant son usage toujours plus nécessaire. Mais, au vu du pourcentage de ménages actifs déjà équipés, en termes quantitatifs, les enjeux ne se situent pas là, mais dans le nombre de voitures par ménage.

La dynamique d'individualisation de l'accès à la voiture, qui est d'abord portée par les ménages d'actifs et notamment par les ménages à deux actifs, ne paraît pas sur le point de s'épuiser. Or, on l'a vu, ce mouvement de fond a des conséquences en termes de kilométrages parcourus. Actives ou actifs, à localisation donnée, une motorisation achevée se traduit par +20 à +30% de distances parcourues par rapport aux situations où le nombre de voitures disponibles est inférieur au nombre d'adultes. Toutefois, la croissance de la multi-motorisation est étroitement dépendante à la fois de l'évolution des revenus d'activité (et donc de la croissance économique sur la période à venir) et de celle des coûts d'usage de ce mode (prix du carburant notamment), comme le montrent les élasticités longitudinales estimées par Berri (2001) et Berri et al. (2005). Elle n'est donc pas tout à fait acquise.

2.1.3 Chômeurs, femmes au foyer, étudiants

Dans le cas des chômeurs (de moins de 60 ans), des personnes au foyer (de moins de 60 ans ; ce sont des femmes à 90%) et des étudiants (de 18 à 30 ans), les effectifs disponibles (respectivement 854, 946 et 436 individus enquêtés sur l'ensemble du territoire dans l'ETC de 1994) ne nous permettent pas une décomposition aussi fine que celle opérée pour les actifs. On peut toutefois présenter en quelques mots les distances locales qu'ils parcourent en une semaine.

2.1.3.1 Rétrospective : estimations

Les chômeurs parcourent 143 km hebdomadairement, les personnes au foyer 124, les étudiants 197.

Les personnes au chômage se déplacent pour visites ou loisirs (42% des distances parcourues), pour affaires personnelles ou démarches (27%), pour achats (17%) ou accompagnements (12%).

Dans leurs déplacements habituels, les personnes au foyer sont plus orientées par les achats (25% des distances), les accompagnements (20%), les visites-loisirs motivant 33% des kilomètres, les autres affaires personnelles, 20%.

Les étudiants sont plus mobiles que les deux groupes précédents du fait de l'activité de formation (60 km, soit 30% des distances), mais également du fait des loisirs et visites (ils représentent le groupe qui parcourt le plus de km pour ces motifs : 75 km par semaine, soit 38% du total). Autres motifs, d'importance moindre : les démarches et autres motifs personnels (16%), les achats (seulement 7%), les accompagnements (6%) et le travail (3%).

Si ces groupes sont hétérogènes, à l'instar des actifs (et peut-être plus encore que les actifs, notamment les chômeurs), les facteurs explicatifs des distances de la semaine n'apparaissent pas fondamentalement différents de ceux qui structurent la mobilité des actifs.

Ainsi :

- Que l'on soit étudiant, chômeur ou au foyer, la localisation résidentielle joue fortement, les distances parcourues allant décroissant lorsque la densité de population communale augmente (dans un rapport de 2,5 à 1 entre les moins de 100 hab/km² et celles de plus de 5000 hab/km², chez les étudiants, de 2 à 1 chez les chômeurs et de 1,7 à 1 chez les personnes au foyer), comme avec la taille de l'aire urbaine (dans un rapport de 2 à 1 entre le rural et les aires urbaines chez les étudiants, de 1,5 à 1 entre le rural et l'Ile-de-France pour les chômeurs et les personnes au foyer) ;
- De même, et de façon liée aux facteurs précédents, le nombre de voitures disponibles ramené au nombre d'adultes influe sur les distances : dans un rapport de 1 à 2,5 (chômeurs), de 1 à 2,3 (étudiants), de 1 à 2 (femmes au foyer) des non-motorisés aux individus pouvant compter sur une voiture au quotidien ;
- Le revenu par unité de consommation joue également un rôle important sur les distances parcourues. Comme chez les actifs, ce lien prend essentiellement la forme d'une meilleure disponibilité de la voiture lorsque l'indicateur de revenu normalisé va croissant, même si l'on retrouve de plus un impact du revenu dans certaines catégories de motorisation/disponibilité de la voiture ;
- L'âge joue ; les chômeurs de moins de 40 ans sont nettement plus mobiles que les plus âgés ; chez les femmes au foyer, c'est entre 30 et 50 ans qu'on est le plus mobile ; chez

les étudiants qui évoluent principalement sur le spectre des 18-25 ans, les plus âgés sont les plus mobiles.

Compte tenu de ces relatives similarités dans les déterminants, nous avons donc fait le choix d'estimer leurs distances parcourues, relativement à celles des actifs (pour les chômeurs), des femmes actives (pour les personnes au foyer de moins de 60 ans car ce sont des femmes à 90 %), et des actifs de 18-30 ans (pour les étudiants), et ce pour différentes raisons (Tableau 51 à Tableau 53) :

- Leur part dans la population totale (des plus de 5 ans), et leur part dans le total des distances parcourues en local reste limitée (respectivement 6,0% et 5,4% pour les chômeurs, 7,7% et 6,0% pour les personnes au foyer, 3,7% et 4,7% pour les étudiants) ;
- Ces trois groupes effectuent moins de kilomètres en une semaine que les actifs (20% de moins pour les étudiants, 37% de moins pour les chômeurs, 36% de moins pour les personnes au foyer¹⁶). Le rapport entre leurs distances et celles des actifs est relativement stable, selon les localisations (et selon le genre pour les chômeurs et les étudiants), mais va nettement croissant avec la disponibilité de la voiture. Cela semble indiquer, à ce niveau d'analyse, que les éléments qui structurent les distances locales de la population active occupée, jouent également un rôle explicatif dans celle des adultes ne travaillant pas. L'erreur commise en estimant leur mobilité par celle des actifs (ou des actives dans le cas des personnes au foyer) ne sera pas trop importante, dès lors que l'on prend en compte le principal facteur de variation relative, le nombre de voiture par adulte du ménage.

Ces approximations à partir de chiffres moyens donneront bien entendu des résultats faux au plan individuel, mais elles permettent de retrouver des estimations correctes en grande masse. L'hypothèse implicite est que les rapports de distances utilisés (présentés en caractère gras ci-dessous) demeurent les mêmes au cours du temps. La comparaison avec l'enquête de 1982 peut difficilement être utilisée ici du fait des faibles effectifs (84 chômeurs et 168 personnes au foyer enquêtés à cette date). Elle semble toutefois, pour les femmes au foyer, mettre en évidence une même tendance à des distances fortement croissantes avec l'accès à la voiture. Dans le cas de la population étudiante, les actifs de 18-30 ans constituent la base de comparaison la plus valide (Tableau 53). Les faibles effectifs de la catégorie « étudiant » rendent les résultats fragiles (et toute comparaison avec 1982 impossible). La clef d'estimation retenue est à nouveau le rapport de km par catégorie de motorisation.

Tableau 51 : Distance des chômeurs en fraction de la mobilité des actifs de même catégorie, en 1994 (et comparaison des marges avec 1982)

Rapport Chômeurs / actifs	0 VP	Moins d'une VP / Adulte	Au moins une VP / Adulte	Ensemble 94	Ensemble 82
Dense	0,52	0,64	0,94	0,59	0,75
Périphérique	0,41	0,79	0,80	0,71	0,60
Périurbain-Rural	0,45	0,60	1,27	0,61	0,78
Ensemble 94	0,49	0,66	0,86	0,63	
Ensemble 82*	0,87*	0,74*	-		0,72

* sur très faibles effectifs (respectivement 24 et 52 individus)

¹⁶ Taux calculé par rapport aux femmes actives pour les femmes au foyer, et par rapport aux actifs de 18-30 ans pour les étudiants.

Tableau 52 : Distance des personnes au foyer en fraction de la mobilité des femmes actives de même catégorie, en 1994 (et comparaison des marges avec 1982)

Rapport personnes au foyer / femmes actives	0 VP	Moins d'une VP / Adulte	Au moins une VP/ Adulte	Ensemble 94	<i>Ensemble 82*</i>
Dense	0,34	0,76	0,69	0,62	0,57
Périphérique	0,67	5,01	0,84	0,56	0,52
Périurbain-Rural	0,83	0,72	0,62	0,64	0,60
Ensemble 94	0,56	0,69	0,72	0,64	
Ensemble 82*	0,47	0,57	0,82		0,57

* sur faibles effectifs

Tableau 53 : Distance des étudiants de 18-30 ans en fraction de la mobilité des actifs de 18-30 ans de même catégorie, en 1994

Rapport étudiants / actifs 18-30 ans	0 VP	Moins d'une VP / Adulte	Au moins une VP/ Adulte	Ensemble 94
Dense	0,74	0,87	0,90	0,78
Périphérique	0,70*	0,83	0,81*	0,77
Périurbain-Rural	nd	1,14	0,99*	1,08
Ensemble 94	0,78	0,91	0,86	0,80

* sur effectifs <50

2.1.3.2 Enjeux prospectifs

En termes purement démographiques, les enjeux se lisent en creux des enjeux évoqués quant à l'évolution de la population active occupée : quelles évolutions des taux d'activité féminins, comment vont évoluer les taux de chômage, comment va s'effectuer l'insertion des jeunes sur le marché du travail ? Ces facteurs pourront jouer aux deux extrémités du cycle de vie des actifs (moins de 30 ans, plus de 50 ans).

Les tendances les plus souvent évoquées sont celles d'une répartition hommes/femmes assez stable dans la population active, d'une part, et au sein de cette population active, par une baisse progressive des taux de chômage au profit des actifs occupés, du fait des départs des classes pleines à la retraite dès 2005. Le poids démographique de ces trois catégories pourrait évoluer quelque peu à l'avenir, suivant des mouvements variables selon les cas :

- Baisse de la proportion de chômeurs, par accès relativement plus aisé au marché du travail des jeunes et un taux de chômage plus faible après cinquante ans, du fait de « l'appel d'air » créé, qui pourrait bénéficier notamment aux femmes, sur-représentées au sein de la population sans emploi.
- Légère baisse du pourcentage de personnes au foyer, du fait de l'achèvement du mouvement de participation croissante des femmes au monde du travail, et de meilleures possibilités sur le marché du travail. Toutefois, si la fécondité demeure relativement élevée, les taux d'activité féminins ne progresseraient qu'après 45 ans, au vu des projections de population active les plus récentes de l'Insee, et les gains attendus sont moins forts que chez les hommes (Coudin, 2006) : la baisse devrait donc s'avérer limitée ;

- Le poids démographique des étudiants, en revanche, pourrait s'accroître un peu, en lien principalement avec la hausse progressive de la part de bacheliers dans les générations successives. Les 500 000 nouveaux bacheliers qu'on compte en 2004 par rapport à 1999 (on atteint 62 % d'une génération) comptent une bonne part d'étudiants potentiels. L'objectif de 80% de bacheliers au sein d'une classe d'âge semble ainsi permettre une certaine progression dans les années à venir. Toutefois, la durée d'étude est très liée aux difficultés d'insertion des jeunes sur le marché du travail. Le taux d'activité des 20-24 ans est actuellement en France l'un des plus faibles d'Europe et de moindres difficultés d'insertion sur le marché du travail pourraient servir de forces de rappel par rapport à la situation actuelle : on pourrait alors s'orienter vers des filières plus courtes et compter plus d'étudiants jusqu'à 20-22 ans qu'aujourd'hui, et moins après cet âge.

Ces trois groupes sont particulièrement concernés par l'évolution vers l'accès *individuel* à la voiture, car ils sont globalement moins prioritaires dans l'attribution du ou des véhicules lorsque ceux-ci sont en nombre moins important que ne le sont les conducteurs du ménage. Toutefois, la dimension de revenu reste (et restera) déterminante pour la motorisation et l'accès à la voiture de ces groupes. Actuellement, parmi le tiers de femmes au foyer de ménages les plus aisés, 54% disposent à priori d'une voiture (4% d'aucune), contre 12% (et 20% d'aucune) lorsqu'elles font partie du tiers des ménages les moins favorisés. Il en va de même chez les chômeurs, dont les plus aisés disposent à 39 % d'une voiture par adulte (4% n'en disposant pas), alors que chez le tiers le moins aisé ces chiffres sont de 18 % (33% d'aucune). Chez les étudiants, l'accès individualisé à la voiture est encore un peu moins répandu : même chez les plus aisés, seuls 34 % sont dans ce cas (2 % chez les bas revenus).

Pour l'instant ce mouvement d'individualisation du bien automobile est demeuré limité, au vu des évolutions 1982-1994, puisqu'il concerne tout au plus une personne sur quatre (Tableau 54), et son amplitude future sera sans doute très liée aux prix relatifs de la possession et de l'usage de la voiture

Tableau 54 : Evolution des situations de motorisation depuis 1982 chez les étudiants, les personnes au chômage ou au foyer*

	Pas de VP		Moins d'une / adulte		1 VP ou plus /adulte	
	1982	1994	1982	1994	1982	1994
Étudiants	17	20	73	63	9	16
Au chômage	22	23	71	53	7	24
Au foyer	23	14	61	63	16	23

* sous réserve des petits effectifs

2.1.4 Les retraités

Par les distances qu'ils parcourent hebdomadairement, les retraités (de 55 ans et plus ou inactifs de 60 ans et plus) constituent le groupe le moins mobile : 85 km par semaine en moyenne, au sein desquels prédominent la sociabilité et les loisirs (41% des distances), la santé, les démarches et les autres affaires personnelles (29%) et les achats (22%), les accompagnements représentant 8% du total.

2.1.4.1 Analyse rétrospective : la dimension spatiale moins déterminante que les caractéristiques individuelles

A nouveau, des régressions seront menées pour hiérarchiser les facteurs explicatifs, en vue de l'élaboration d'une typologie explicative des distances parcourues.

a) Régressions sur l'ensemble du territoire

Les conventions de présentation sont les mêmes que dans la partie sur les actifs : dans les tableaux qui suivent, sont indiqués en caractère gras les variables influant très significativement sur les distances parcourues (au seuil de confiance de 99,99%). En caractère normal, les facteurs significatifs (au seuil de confiance minimal de 95 %) Sont indiqués en italique les facteurs non significatifs (au seuil de confiance de 95%).

Distance tous modes sur 7 jours

- avec les variables quantitatives seulement :

Des cinq variables testées, seul le nombre d'enfants vivant à domicile n'apparaît pas significatif sur le total des kilomètres parcourus localement en une semaine (Tableau 55). Le revenu du ménage par unité de consommation apparaît comme la variable la plus explicative, devant la densité de la commune de résidence (qui à l'image de ce que l'on observe chez les plus jeunes, joue négativement, c'est-à-dire que plus les densités de population augmentent, plus les distances sont modérées), le nombre d'adultes et l'âge (âge qui joue négativement également). A noter que le nombre d'enfants et le nombre d'adultes du ménage étant des variables corrélées, lorsqu'on enlève le nombre d'adultes, le nombre d'enfants devient significatif (au seuil de confiance de 95%) et joue positivement sur les kilomètres parcourus ($Pr > |t| = 0,023$, coefficient dans l'équation : +14,55)

Tableau 55

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	46,473	11,086	4,192	< 0,0001	24,736	68,209
REVMOYUC	0,000	0,000	10,059	< 0,0001	0,000	0,001
DENSRES	-0,003	0,001	-4,723	< 0,0001	-0,004	-0,002
AGE	-0,337	0,090	-3,728	0,000	-0,514	-0,160
NBADUL	19,549	4,488	4,355	< 0,0001	10,749	28,350
<i>NBENF</i>	<i>-4,509</i>	<i>7,694</i>	<i>-0,586</i>	<i>0,558</i>	<i>-19,594</i>	<i>10,576</i>

Equation du modèle :

$$LOCDIST_7J = 46,5 + 4,73E-04*REVMOYUC - 2,61E-03*DENSRES - 0,34*AGE + 19,55*NBADUL - 4,51*NBENF$$

- en testant, aux côtés des variables quantitatives pertinentes, des variables qualitatives :

Après prise en compte des variables qualitatives (statut matrimonial, genre, disposition personnelle du permis, nombre de voitures par adulte dans le ménage de rattachement, existence d'une gêne dans les déplacements), le revenu par UC, et dans une moindre mesure la densité et l'âge, gardent un effet significatif sur les distances parcourues. En revanche, le nombre d'adultes perd de sa signification, au profit du nombre de voitures par adulte, puis de la disposition du permis de conduire. Autre variable très significative, le fait d'éprouver une gêne dans les déplacements. On notera que même en prenant en compte explicitement les

limitations physiques et l'accès à la voiture, l'âge demeure explicatif des différences de kilomètres parcourus : son influence ne s'arrête pas à ces deux facteurs. L'effet du genre apparaît moins robuste, en effet, dès lors que le permis de conduire et le nombre de voiture par adulte sont explicitement introduits, il n'apparaît plus significatif (il l'est sinon).

Tableau 56

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
REVMOYUC	1	481567	481567	22,711	< 0,0001
DENSRES	1	226791	226791	10,695	0,001
AGE	1	81559	81559	3,846	0,050
NBADUL	1	735	735	0,035	0,852
SEXE	1	64599	64599	3,046	0,081
PERMOVO	1	232014	232014	10,942	0,001
VPADU_3_Q	2	1100179	550089	25,942	< 0,0001
GENEDPL	3	816578	272193	12,837	< 0,0001
MATRI	2	87671	43836	2,067	0,127

Distance VP conducteur sur 7 jours :

- avec les variables quantitatives seulement

Plus précisément (Tableau 57), les distances parcourues au volant d'une voiture sont également très sensibles aux facteurs quantitatifs déjà relevés précédemment, à savoir, le revenu du ménage, la densité, l'âge et le nombre d'adultes (mais pas le nombre d'enfants).

Tableau 57

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	26,257	8,958	2,931	0,003	8,693	43,822
REVMOYUC	0,000	0,000	8,471	< 0,0001	0,000	0,000
DENSRES	-0,003	0,000	-6,306	< 0,0001	-0,004	-0,002
AGE	-0,272	0,073	-3,724	0,000	-0,415	-0,129
NBADUL	12,852	3,627	3,544	0,000	5,741	19,963
NBENF	6,850	6,217	1,102	0,271	-5,339	19,039

Equation du modèle :

$$\text{LOCDISTVPC} = 26,26 + 3,22\text{E-}04 * \text{REVMOYUC} - 2,81\text{E-}03 * \text{DENSRES} - 0,27 * \text{AGE} + 12,85 * \text{NBADUL} + 6,85 * \text{NBENF}$$

- en testant, aux côtés des variables quantitatives pertinentes, des variables qualitatives

Contrairement à la distance parcourue tous modes, les facteurs quantitatifs ci-dessus apparaissent plus sensibles à l'introduction de variables qualitatives, qui deviennent alors les plus explicatives de la distance parcourue au volant : genre, disposition du permis et nombre de voitures du ménage par adulte (Tableau 58). Le fait que le genre ait une influence indépendamment de ces deux facteurs traduit le fait que parmi ces générations, les femmes, même motorisées, utilisent très largement la voiture... à la place du passager (voir ci-dessous).

L'effet de la classe de population de l'aire urbaine de résidence est plus limité, les distances décroissant du rural aux aires urbaines, et selon la taille de l'AU. Le fait d'éprouver une gêne

dans les déplacements tend à réduire les distances parcourues au volant et ce, d'autant plus fortement que la gêne est importante.

Tableau 58

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
REVMYOUC	1	68391	68391	5,334	0,021
DENSRES	1	97494	97494	7,604	0,006
AGE	1	76218	76218	5,944	0,015
NBADUL	1	6081	6081	0,474	0,491
CLPOPAUNOU	3	147306	49102	3,830	0,009
SEXE	1	1099662	1099662	85,766	< 0,0001
PERMOVO	1	565658	565658	44,118	< 0,0001
VPADU_3_Q	2	938539	469270	36,600	< 0,0001
GENEDPL	3	194163	64721	5,048	0,002
<i>MATRI</i>	2	29860	14930	1,164	0,312

Distance VP passager sur 7 jours

Les facteurs expliquant la distance parcourue comme passager ou comme conducteur ne sont pas tout à fait les mêmes (Tableau 59). Lorsqu'on se limite aux variables quantitatives, on retrouve le revenu par UC et la densité de résidence, mais pas l'âge ; en revanche, le nombre d'adultes (plus encore que le nombre d'enfants) va jouer positivement sur les distances parcourues comme passager d'une voiture.

- avec les variables quantitatives seulement

Tableau 59

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	7,888	6,847	1,152	0,249	-5,538	21,313
REVMYOUC	0,000	0,000	3,688	0,000	0,000	0,000
DENSRES	-0,001	0,000	-3,338	0,001	-0,002	0,000
AGE	-0,058	0,056	-1,047	0,295	-0,168	0,051
NBADUL	11,170	2,772	4,029	< 0,0001	5,735	16,605
NBENF	-13,193	4,752	-2,776	0,006	-22,510	-3,876

Equation du modèle :

$$\text{LOCDISTVPP} = 7,89 + 1,07\text{E-}04 \cdot \text{REVMYOUC} - 1,14\text{E-}03 \cdot \text{DENSRES} - 5,85\text{E-}02 \cdot \text{AGE} + 11,17 \cdot \text{NBADUL} - 13,19 \cdot \text{NBENF}$$

a2) en testant, aux côtés des variables quantitatives pertinentes, des variables qualitatives

Le revenu par unité de consommation perd à nouveau un peu de sa pertinence, au profit du genre, de la position matrimoniale, de la disposition du permis et de la motorisation par adulte), mais demeure explicatif (Tableau 60). En revanche, le nombre d'adultes, le nombre d'enfants, comme la densité de résidence deviennent non significatives. Les distances parcourues comme passager ne dépendent pas de la gêne éprouvée pendant les trajets, ce mode de transport apparaît relativement accessible aux personnes à mobilité réduite.

Tableau 60

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
REVMOYUC	1	95642	95642	11,461	0,001
DENSRES	1	18946	18946	2,270	0,132
NBADUL	1	7848	7848	0,940	0,332
NBENF	1	10591	10591	1,269	0,260
CLPOPAUNOU	3	27136	9045	1,084	0,355
SEXE	1	737727	737727	88,403	< 0,0001
PERMOVO	1	39486	39486	4,732	0,030
VPADU_3_Q	2	76218	38109	4,567	0,010
GENEDPL	3	43593	14531	1,741	0,156
MATRI	2	117109	58555	7,017	0,001

Distance TC sur 7 jours

- avec les variables quantitatives seulement

La densité de la commune de résidence s'avère le critère le plus déterminant pour expliquer les écarts de distances parcourues en transports en commun, le revenu et le nombre d'adultes jouant également un rôle, à la différence de l'âge et du nombre d'enfants (Tableau 61).

Tableau 61

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	7,002	3,303	2,120	0,034	0,526	13,478
REVMOYUC	0,000	0,000	2,191	0,029	0,000	0,000
DENSRES	0,001	0,000	7,532	< 0,0001	0,001	0,002
AGE	0,005	0,027	0,187	0,852	-0,048	0,058
NBADUL	-3,507	1,337	-2,622	0,009	-6,129	-0,885
NBENF	1,531	2,292	0,668	0,504	-2,963	6,026

Equation du modèle :

$$LOCDISTTC = 7,00 + 3,07E-05*REVMOYUC + 1,24E-03*DENSRES + 5,03E-03*AGE - 3,51*NBADUL + 1,53*NBENF$$

- en testant, aux côtés des variables quantitatives pertinentes, des variables qualitatives

L'introduction de variables qualitatives ne change pas fondamentalement ce constat, la densité demeure le facteur le plus explicatif, devant le fait d'éprouver une gêne dans les déplacements (qui limite les distances parcourues en TC), puis le revenu et le nombre de voitures par adulte (une meilleure motorisation limitant les distances TC). Parmi les facteurs non significatifs, on relève le genre, le nombre d'adultes, le permis, le statut matrimonial, et la taille de l'aire urbaine (Tableau 62). Même si les résidents âgés d'Ile-de-France parcourent nettement plus de km que les autres, l'analyse de ce facteur ne résiste pas à l'analyse conjointe avec l'ensemble des facteurs.

Tableau 62

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
REVMOYUC	1	15336	15336	7,672	0,006

DENSRES	1	49592	49592	24,809	< 0,0001
NBADUL	1	2100	2100	1,051	0,305
CLPOPAUNOU	3	3651	1217	0,609	0,609
SEXE	1	989	989	0,495	0,482
PERMOVO	1	656	656	0,328	0,567
VPADU_3_Q	2	22421	11211	5,608	0,004
GENEDPL	3	38682	12894	6,450	0,000
MATRI	2	978	489	0,245	0,783

b) Régression restreinte aux aires urbaines

Nous présentons simplement l'analyse pour la distance parcourue tous modes.

Distance tous modes sur 7 jours :

- avec les variables quantitatives seulement

Lorsqu'on se concentre sur les espaces à dominante urbaine (donc en excluant des zones situées hors aires urbaines), la même hiérarchie se dégage de l'analyse des facteurs explicatifs quantitatifs : le revenu moyen par unité de consommation, puis le nombre d'adultes, l'âge et la densité de la commune de résidence (Tableau 63). En revanche, les facteurs caractérisant l'aire urbaine : la population totale et la superficie, comme la situation géographique au sein de l'ensemble urbain (distance au centre de l'AU), n'apparaissent pas explicatifs, tout comme le nombre d'enfants. Parmi les quatre facteurs jugés explicatifs, le taux de confiance attaché à l'existence d'une relation apparaît moins forte, à l'exception du revenu par unité de consommation. En particulier, logiquement, une partie de l'effet densité s'évapore lorsqu'on exclut de l'analyse les zones rurales, qui se situent parmi les espaces caractérisés par les plus basses densités.

Tableau 63

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	26,612	13,209	2,015	0,044	0,708	52,517
REVMOYUC	0,001	0,000	9,357	< 0,0001	0,000	0,001
DENSRES	-0,003	0,002	-1,997	0,046	-0,006	0,000
AGE	-0,187	0,088	-2,126	0,034	-0,359	-0,014
NBADUL	16,980	5,472	3,103	0,002	6,249	27,712
NBENF	4,473	9,002	0,497	0,619	-13,181	22,127
POPAUSD90	0,000	0,000	-0,669	0,504	0,000	0,000
SUPERFAU90	0,004	0,007	0,581	0,561	-0,009	0,017
DISTCENTAU	0,320	0,495	0,646	0,519	-0,652	1,291

LOCDIST_7J = 26,61 + 5,38E-04*REVMOYUC - 3,12E-03*DENSRES - 0,19*AGE + 16,98*NBADUL + 4,47*NBENF - 3,99E-06*POPAUSD90 + 3,92E-03*SUPERFAU90 + 0,32*DISTCENTAU

- en testant, aux côtés des variables quantitatives pertinentes, des variables qualitatives

Seul le revenu par unité de consommation résiste à l'intégration de variables qualitatives en partie corellées, l'âge, le nombre d'adultes et la densité devenant non significatives au seuil de 5% (Tableau 64). L'existence d'une gêne dans les déplacements, fortement liée à l'âge, vide

sans doute ce facteur de sa portée explicative (alors que ce n'était pas aussi net pour l'analyse « France entière »). En revanche, la motorisation et l'accès à la voiture jouent fortement sur les distances parcourues (nombre de voitures par adulte, et secondairement disposition du permis de conduire). Genre et position dans le ménage n'ont pas d'effet significatif : on retrouve le résultat mis en évidence sur la France : au sein des aires urbaines, l'effet du genre se résume en quelque sorte à des différences, marquées, d'accès à la voiture comme conducteur.

Tableau 64

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
REVMYOUC	1	494268	494268	25,611	< 0,0001
DENSRES	1	43604	43604	2,259	0,133
AGE	1	17256	17256	0,894	0,344
NBADUL	1	39086	39086	2,025	0,155
CLPOPAUNOU	2	109676	54838	2,841	0,059
SEXE	1	828	828	0,043	0,836
PERMOVO	2 ¹	181375	181375	9,398	0,002
VPADU_3_Q	2	682210	341105	17,675	< 0,0001
GENEDPL	3	510648	170216	8,820	< 0,0001
MATRI	2	40385	20193	1,046	0,351

De ces différentes régressions linéaires, il ressort que les distances parcourues font apparaître une certaine hiérarchie (qui évolue selon le mode de transport employé) entre facteurs explicatifs. Même si la densité de la commune de résidence joue un rôle (notamment sur l'usage de la voiture comme conducteur, et sur les distances parcourue en TC), la dimension spatiale est moins déterminante ici, face au revenu, à l'accès à la voiture, à l'âge (et aux problèmes physiques qui en découlent). Le genre doit également être retenu car il joue principalement sur le choix des modes (conducteur/ passager d'une voiture). L'accès à la voiture apparaît incontournable tant il structure les distances locales parcourues.

c) Décomposition de la population retraitée

Une distinction selon l'âge et la présence ou non d'une VP dans le ménage permettent de distinguer dans un premier temps trois groupes aux distances très contrastées (Figure 50).

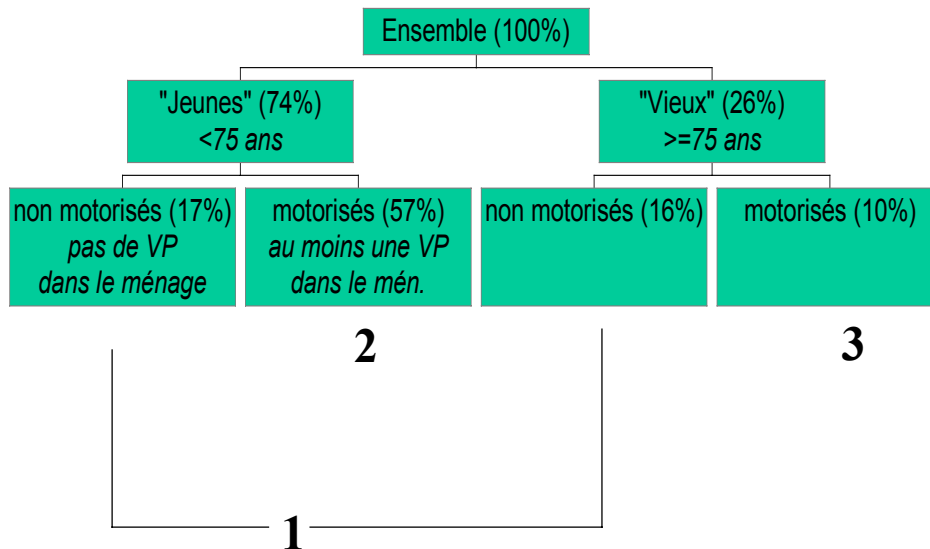


Figure 50 : Premier niveau de décomposition de la population des retraités

Les retraités non motorisés

Les retraités non motorisés, tous âges confondus, représentent un retraité ou inactif âgé sur trois en 1994, contre près de 50% douze ans plus tôt, et leur part devrait encore se réduire progressivement à l'avenir (cf. infra, enjeux prospectifs). Quel que soit l'âge, leur mobilité, exprimée en kilomètres locaux, est très limitée, mais l'effet du vieillissement est également à prendre en compte : ils parcourent 49 km par semaine avant 75 ans (dont 27 km en voiture), contre 26 au-delà (12 en voiture). Les écarts selon la localisation, plus sensibles chez les jeunes que chez les vieux, concernent les distances par mode plus que la distance totale.

Parmi ces groupes n'ayant pas de voiture dans le ménage, le recours à des accompagnements intervient néanmoins, les distances en VP sont ainsi deux fois plus importantes dans les zones périurbaines qu'en commune dense. Il compense largement un usage des TC plus limité. Enfin, une fois pris en compte le fait que les individus font ici partie de ménages non motorisés, être un homme ou une femme se traduit par peu de différences dans les distances parcourues.

Aussi quatre sous-groupes de retraités non motorisés seront spécifiés selon l'âge (moins ou plus de 75 ans) et le lieu de résidence (centre ou périphérie / périurbain ou rural). Ces quatre groupes pourraient être réduits à trois, en considérant comme un seul groupe les « vieux » retraités non motorisés, compte tenu des faibles enjeux en matière d'émissions de CO₂ (faibles distances, écarts relativement limités entre zones denses et autres localisations). *Les jeunes retraités (moins de 75 ans) dont le ménage est motorisé*

Au total près de six retraité(e)s sur dix sont dans cette situation en 1994. Leurs distances moyennes sont parmi les plus élevées des retraités, mais très variables (en fonction du nombre de VP par adulte, selon la localisation, et le genre), puisqu'elles évoluent dans un rapport de deux à cinq : de 71 km (dont 52 en voiture) à 178 km (... dont 173 en voiture) par semaine entre :

- d'une part les femmes vivant en milieu dense et avec accès limité à la VP,
- de l'autre les hommes en zones périphériques ou rurales, avec accès individuel à la VP.

Huit sous-groupes de jeunes retraités motorisés, selon le genre, le nombre de voitures par adulte (moins de une / une ou plus) et le lieu de résidence (centre dense ou périphérie / périurbain ou rural), peuvent être constitués.

Les vieux retraités (plus de 75 ans) dont le ménage est motorisé

Cette catégorie représente un retraité sur dix en 1994, mais une forte croissance est à prévoir tant par les changements démographiques que les évolutions générationnelles (voir enjeux prospectifs). Leur mobilité est marquée par des distances relativement réduites, nettement plus faibles que les retraités motorisés de moins de 75 ans (*entre 50 et 100 km par semaine dont, respectivement 30 à 80 km en VP*). L'effet de l'âge entre ces deux catégories est de l'ordre de -30% à -40% une fois contrôlés les autres facteurs. La localisation périphérique ou peu dense, et l'accès individuel à la VP ont des effets proportionnels à ceux observés chez les plus jeunes retraités motorisés. Toutefois, au vu des effectifs relativement réduits, pour les vieux retraités motorisés en zone dense, les deux niveaux de motorisation sont regroupés en une seule classe. En revanche, relativement peu d'écarts sont visibles entre hommes et femmes de plus de 75 ans appartenant à des ménages motorisés. D'où trois sous-groupes de « vieux » retraités motorisés, selon la disponibilité de la voiture et le lieu de résidence.

Une typologie en quinze groupes

Au final : les 15-sous-groupes constituant notre population retraitée sont présentés dans le Tableau 65, avec des niveaux de mobilité locale assez différents, dans un rapport de un à six, mettant notamment en évidence des enjeux quant à l'individualisation de l'usage de la voiture, aux localisations et au vieillissement structurel de la population retraitée.

Tableau 65 : Les distances parcourues par les 15 groupes de retraités

Catégorie	% des retraités	Distance tous modes	Dont : VP conducteur	Dont : VP passager	Dont : transports collectifs
Retraités <75 ans non motorisés, en zone dense	6,2	48	0	16	24
Retraités <75 ans non motorisés, en zone périphérique ou rural	10,9	49	2	31	9
Retraités >=75 ans non motorisés, en zone dense	5,0	23	0	8	12
Retraités >=75 ans non motorisés, en zone périphérique ou rurale	10,8	28	0	14	10
Femmes retraitées <75 ans, moins d'une VP par adulte, en zone dense,	5,3	71	8	44	15
Femmes retraitées <75 ans, moins d'une VP par adulte, en zone périphérique ou rurale	14,2	88	23	59	2
Femmes retraitées <75 ans, une VP par adulte, en zone dense	2,3	148	79	57	9
Femmes retraitées <75 ans, une VP par adulte, en zone périphérique ou rurale	5,4	147	79	66	0
Hommes retraités <75 ans, moins d'une VP par adulte, en zone dense	5,0	102	69	11	11
Hommes retraités <75 ans, moins d'une VP par adulte, en zone périphérique ou rurale	16,9	126	113	10	0
Hommes retraités <75 ans, une VP par adulte, en zone dense	1,5	128	99	18	7
Hommes retraités <75 ans, une VP par adulte, en zone périphérique ou rurale	5,9	178	155	18	2
Vieux retraités, moins d'une VP ou une VP / adulte, zone dense	3,0	48	14	19	11
Vieux retraités, moins d'une VP par adulte, zone dense	6,0	56	24	29	1
Vieux retraités, une VP / adulte, zone périphérique ou rurale	1,6	98	63	19	14
<i>Ensemble</i>	<i>100,0</i>	<i>85</i>	<i>46</i>	<i>28</i>	<i>7</i>

2.1.4.2 Retraités : enjeux prospectifs

Les enjeux attachés à la population des retraités portent à la fois sur les fortes évolutions d'effectifs du groupe et sur sa composition, à la différence des groupes précédents (actifs, jeunes scolarisés) dont les effectifs devraient évoluer plus modestement.

a) Une importance démographique croissante

Le premier changement, bien que relativement progressif (les phénomènes démographiques s'installent dans la durée) est d'importance, et porte justement sur les effectifs de cette population. En structure, l'évolution est nette : +5,5 points pour les 60 ans et plus au détriment des 0-19 ans (-1,2 points) et des 20-59 ans (-4,2 points). En 2020, les 60 ans et plus seront, depuis quelques années déjà, nettement plus nombreux que les moins de 20 ans (cf.

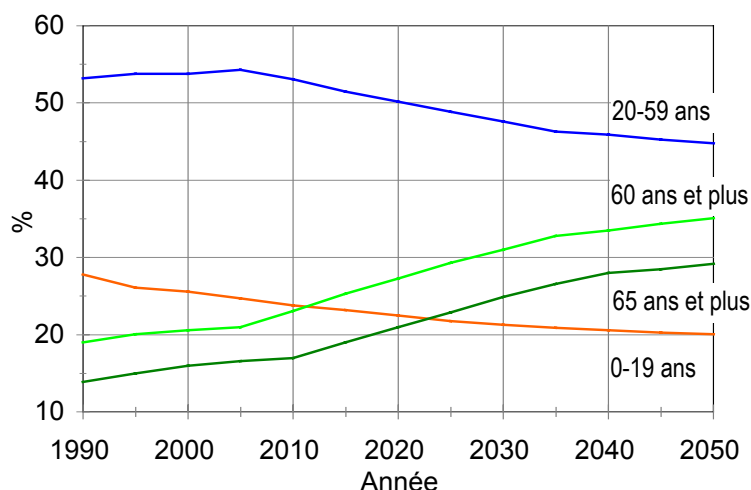
Figure 51). Il est à noter que les projections Insee portent sur la population totale et non sur les ménages ordinaires (hors personnes vivant en institution : maisons de retraite, hôpitaux), or ce sont parmi les personnes hors institution qu'il faut estimer les conducteurs potentiels. Toutefois les personnes âgées vivant en institution ne représentent qu'une petite minorité des personnes âgées (500 000 personnes actuellement soit 4% de l'ensemble), et cette proportion ne semble pas devoir évoluer fortement, tant l'aspiration à vieillir dans son lieu de vie apparaît partagée.

Les 60 ans et plus sont le groupe qui absorbe l'accroissement de population : +35% entre 2005 et 2020, et +56% entre 2005 et 2030. Selon les dernières projections réactualisées de l'Insee, en termes d'effectifs, la population des 60 ans et plus va ainsi s'accroître de près de 4,5 millions en 15 ans et de 7 millions en 25 ans (respectivement 17 et 19,6 millions contre 12,6, cf. Tableau 66), du fait du vieillissement démographique¹⁷. Si les évolutions pourront bien entendu varier autour de ces chiffres (notamment en fonction des gains d'espérance de vie supposés), les tendances démographiques sont relativement solides à cet horizon. Il faut donc encore compter en France avec un certain potentiel de croissance de la population en âge de conduire et donc des candidats à la conduite automobile. Ce potentiel se situe essentiellement au-delà de 60 ans.

Les causes de cet accroissement sont bien connues : allongement de la longévité (qui profite légèrement plus aux hommes qu'aux femmes ces dernières années, mais avec des écarts qui restent marqués au profit de ces dernières) et arrivée aux âges élevés des classes nombreuses d'après-guerre, le baby boom des décennies passées se transformant aujourd'hui en papy boom). Toutefois, l'évaluation du nombre futur de retraités est très difficile, du fait des difficultés de recensement des effectifs actuels de personnes à la retraite : nombre de retraités sont multi-pensionnés, les fichiers des régimes de retraite ne se recoupent pas, ... En France, l'âge de départ moyen à la retraite est inférieur à 60 ans, de l'ordre de 58 ans ; les effectifs de retraités ou de personnes inactives rattachées à des ménages de retraités sont donc au moins aussi importants que le nombre de 60 ans et plus.

Il est difficile de prévoir les effets du rallongement de la durée de cotisation sur l'âge de départ à la retraite, mais l'on s'attend à ce que les réformes du système de retraite contribuent à retarder progressivement l'âge moyen de départ à la retraite (Minni, 2006). La croissance du nombre effectif de retraités serait alors un peu moins forte que celle du nombre de 60 ans et plus, tout en restant importante.

¹⁷ Pour une estimation de la mobilité à l'horizon 2020, les chiffres Insee doivent donc être défalqués des personnes vivant en institution (voir l'annexe du rapport R1), dont le nombre dépendra de l'importance de la population dépendante. Si les projections à 20 ans du nombre de personnes vivant en institution n'existent pas, une étude récente évalue à 1 070 000 le nombre de personnes dépendantes de 60 ans et plus à l'horizon 2020 contre 850 000 en 2000 soit +25 % environ selon le scénario central (+16 % selon le scénario optimiste, +35 % selon le scénario pessimiste). Ces taux de croissance demeurent inférieurs à ceux de l'ensemble des 60 ans et plus traduisant la baisse de la morbidité observée à âge égal dans les années 90, et cet accroissement serait concentré sur les 80 ans et plus (Bontout et al., 2002). Faute de données plus précises, un tel accroissement (+200 000), peut être retenu comme ordre de grandeur de la progression du nombre de personnes vivant en institution, même si certaines d'entre elles continueront à vivre à domicile. Ce chiffre ne représente quoi qu'il en soit qu'une toute petite partie des 5 millions de personnes âgées supplémentaires attendues pour 2020. Une autre étude plus récente, fait état pour 2040 de 400 000 personnes dépendantes en plus qu'en 2000 (chiffres cohérents avec la précédente), soit +50% sur la période, alors que la population des 75 ans et plus serait multipliée par 2,5 dans le même temps (Duée et Rebillard, 2006).



Source : projections Insee (Brutel et Omalek, 2002)

Figure 51 : Evolution de la structure démographique française (1990 – 1999) et projection de population (1999 - 2050)

Tableau 66 : Population par grand groupe d'âge en 2005, 2020 et 2030, France métropolitaine (effectifs en milliers)

Classes d'âge	% 2005	Effectifs 2005	% 2020	Effectifs 2020	% 2030	Effectifs 2030	Evol. 2020 /2005 (%)	Evol. 2030 /2005 (%)
0-19 ans	24,9%	15115	23,7%	15401	22,6%	15188	+1,9%	+0,5%
20-59 ans	54,3%	32961	50,1%	32557	48,1%	32325	-1,2%	-1,9%
60 ans et plus	20,8%	12626	26,2%	17026	29,3%	19691	+34,8%	+56,0%
dont 75 et plus	8,0%	4856	9,1%	5914	12,0%	8064	+21,8%	+66,0%
<i>Tous</i>	<i>100,0%</i>	<i>58744</i>	<i>100,0%</i>	<i>64984</i>	<i>100,0%</i>	<i>67204</i>	<i>+10,6%</i>	<i>+14,4%</i>

Effectifs par classes d'âge calculés à partir de Robert-Bobée, 2006, selon le scénario central : prolongation des tendances récentes en matière de fécondité, mortalité et migrations.

b) Des changements de composition en cours, et à venir

Si les évolutions générationnelles ont déjà été importantes parmi les classes d'âge élevées ces deux dernières décennies, la composition du groupe des inactifs âgés est encore amenée à évoluer. Quatre tendances principales sont à considérer pour l'avenir : répartition par âge, revenus, localisation résidentielle, motorisation et accès au volant, à laquelle on adjoindra une cinquième tendance, d'ordre plus comportemental, quant aux habitudes d'usage de la voiture.

Un vieillissement « interne » au groupe des retraités

Le vieillissement interne, qui peut être mesuré par l'accroissement de la proportion des 75 ans chez les 60 ans et plus, sera très visible à partir de 2020, date à laquelle les générations successives de « baby boomers » arriveront à l'âge de 75 ans (Tableau 66). Cette évolution quasi certaine pose la question de l'autonomie ou de la dépendance vis-à-vis des conditions de mobilité, d'une partie non marginale et croissante du groupe des retraités. Qui plus est, si les

personnes âgées peu autonomes se déplacent peu, elles peuvent en revanche induire un certain nombre de déplacements pour les proches : à l'heure actuelle, parmi les personnes âgées dépendantes vivant à leur domicile (soit le grande majorité des personnes dépendantes), seule une sur deux n'est soutenue que par des aides des proches (enfant, conjoint). La croissance du nombre de personnes âgées dépendantes ne sera a priori pas aussi rapide que celle des effectifs des 75 ans et plus, du fait des améliorations indiscutables de l'état de santé moyen, à âge donné. Ce vieillissement interne pose donc implicitement la question d'une évolution possible à la hausse des distances parcourues par les personnes très âgées et valides. Encore assez peu motorisées et peu mobiles, elles pourraient avoir plus d'exigences en matière de mobilité quotidienne à l'avenir si elles sont toujours eu l'habitude de se déplacer par leurs propres moyens, et auront sans doute plus de mal à abandonner définitivement la conduite de la voiture. Ces évolutions se feront toutefois sous certaines contraintes physiques et sociales imposées par l'âge, et donc dans certaines limites.

Revenus moins assurés, inégalités croissantes ?

Avant la réforme de 2003 (allongeant la durée de cotisation, instaurant une décote en cas d'annuités manquantes pour les salariés du public), la réforme Balladur de 1993 comptait déjà, pour les salariés de droit privé, des mesures impliquant à long terme une nette réduction du niveau de vie *relatif* offert par les pensions. En les indexant non plus sur les évolutions salariales, mais sur les évolutions de l'inflation (la mesure la plus restrictive), en allongeant progressivement la période de référence pour le calcul des « meilleures années » de 10 à 25 ans, en allongeant le nombre de trimestres nécessaires à 160. Jusqu'à présent les effets de cette réforme (et notamment de l'indexation sur l'inflation) ne se sont pas trop fait sentir au niveau collectif, du fait de l'amélioration progressive des conditions de départ en retraite des générations successives (développement passé du salariat, carrières complètes plus fréquentes, travail féminin) : celles-ci n'ont pas encore trop été touchées par le chômage de masse. Les revenus des retraités sont encore actuellement en moyenne égaux ou supérieurs à ceux des actifs. En effet, la baisse de revenus individuels qui marque le passage à la retraite est globalement compensée par les comportements patrimoniaux et d'épargne (une proportion élevée de retraités est propriétaire de son logement) et d'autres sources d'économie (lorsque l'autonomie financière des enfants est acquise) qui impliquent une diminution des dépenses obligées.

A l'avenir, ce maintien du niveau relatif de vie des ménages de retraités (par rapport aux ménages d'actifs) apparaît bien plus problématique. Depuis une vingtaine d'années, les difficultés que rencontrent les jeunes à s'insérer sur le monde du travail, les carrières plus heurtées, vont créer des difficultés plus grandes pour « partir à taux plein », et les conditions de départ seront elles mêmes moins favorables. Ces incertitudes sur les revenus sont une vraie question pour l'ensemble du champ des comportements de consommation et d'équipement des ménages, au sein duquel l'équipement et le multi-équipement automobile (cf. thème « motorisation » de ces enjeux prospectifs), ou encore les activités de tourisme et de loisirs.

L'hypothèse qui risque de se produire est celle d'un accroissement des inégalités à l'âge de la retraite, entre les couples à deux pensions, et les personnes ayant eu des parcours professionnels ou familiaux heurtés, entre ceux qui auront épargné pendant leur vie active pour anticiper cette baisse de revenu et ceux qui n'en auront pas eu la possibilité.

Des localisations de moins en moins centrales et urbaines ?

Cette tendance marquerait une rupture dans les tendances de localisation urbaines aux différents âges, ce qui pourrait justifier le point d'interrogation. La réponse semble néanmoins assez claire, et affirmative : les vagues de peuplement se sont traduits par une homogénéité de

classes d'âge et les déménagements intervenant aux âges de la retraite, s'ils existent (héliotropisme, retour aux lieux dont est originaire, retour au centre) et devraient se développer, ne concernent pas la majorité des personnes âgées, ne serait-ce que parce qu'une majorité n'en auront pas les moyens, faute de revenus suffisants. Le « vieillissement sur place » est donc un phénomène à considérer car il structure des tendances de localisations. Aussi faut-il s'attendre à voir des zones périurbaines où seront sur-représentés les retraités installés depuis de longues années. Si l'on a l'habitude d'associer personne âgée et centre-ville, il faut rappeler que les zones rurales sont depuis de longues années déjà particulièrement âgées dans leur composition démographique. Mais ce qui va changer entre retraités futurs des zones périurbaines et retraités actuels du rural, ce seront, peut-être, des modes de vie où l'accès aux aménités urbaines et la mobilité motorisée et autonome tiendront une place bien plus importante, ce qui nous ramène à la question centrale de la motorisation.

Ce « vieillissement sur place » ne doit pas amener à négliger les migrations de retraite, qui impliquent un véritable changement de lieu de vie. Principaux espaces de destination, les régions au climat favorable, les façades littorales, méditerranéenne mais aussi atlantique : si l'impact démographique est somme toute limité pour les grandes métropoles d'où partent les retraités, il est loin d'être neutre pour les espaces d'arrivée. Il est difficile de savoir si ces migrations de retraite s'orientent vers des espaces peu ou moyennement denses, mais elles ne semblent a priori pas très favorables aux lieux de vie très denses, même si dans un certain nombre de cas (pour les plus aisés ?), elles s'accompagnent du maintien d'un appartement dans l'agglomération d'origine.

Motorisation : toujours plus..., jusqu'en 2020 ?

A première vue, les évolutions concernant la motorisation et l'accès à la voiture parmi la population retraitée sont claires : l'accès au permis de conduire progresse de génération en génération, et si ce taux tend désormais à atteindre la saturation chez les hommes il va progresser encore chez les femmes (Figure 52). De plus, au fil des générations, cette potentialité est de plus en plus convertie en un accès effectif à la voiture et à une habitude croissante de l'usage de la voiture comme conducteur (Pochet, 2003). Dépendant de choix effectués des décennies auparavant, les situations d'équipement sont marquées d'une grande inertie : on n'abandonne pas sa voiture une fois la retraite prise lorsqu'on a toujours conduit, on va au contraire chercher à en conserver l'usage le plus longtemps possible. La question de la démotorisation doit néanmoins être posée, qu'il s'agisse de la démotorisation partielle (lorsque le ménage est bi-motorisé, revenir à une seule voiture du fait de la diminution des besoins d'autonomie liés au domicile-travail) ou totale (abandon de l'unique voiture du ménage, du fait de la montée des incapacités).

L'enjeu concerne donc surtout les femmes âgées (60% de la population après 60 ans), avec un effet sans doute à double détente. Au sein des couples, l'accès à la voiture des femmes âgées semble dépendre en partie du bi-équipement, cela peut jouer à la fois sur leur usage pendant la période de vie en couple, et au-delà sur leur éventuelle période de vie solitaire. Lorsque le ménage est mono-motorisé, les orientations de la mobilité (plus de déplacements réalisés en commun) et le partage des rôles entre les deux conjoints font que la femme demeure très souvent à la place du passager (Pochet, 2003).

Les deux dernières enquêtes nationales Transport donnent une idée des évolutions de nature générationnelle intervenues au niveau national en douze ans (1981-82 ; 1993-94) en matière de détention de permis de conduire chez les hommes et les femmes (Figure 52). Il apparaît que si chaque génération est plus motorisée que la précédente, ce n'est en moyenne que vingt ans après les hommes que les femmes ont massivement accédé au statut de conductrice, avec

la diffusion de la deuxième voiture, portée par le développement de l'activité féminine salariée.

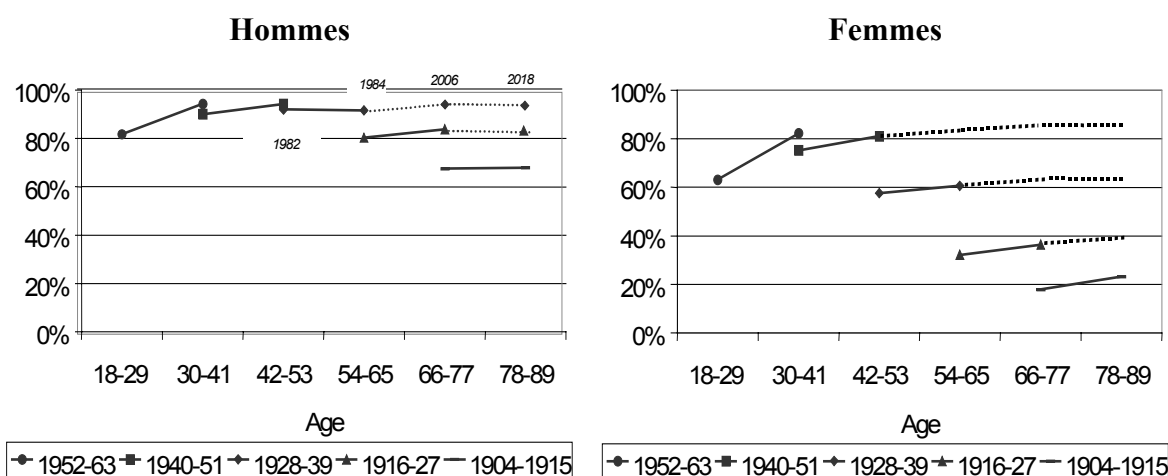


Figure 52 : Evolution du taux d'accès au permis selon les cohortes, entre 1982 et 1994

Source : Enquêtes Nationales Transport Insee - Inrets de 1981-1982 et de 1993-94.

Lecture : chaque segment de droite en trait plein représente l'évolution d'une cohorte (repérée par sa date de naissance) du fait de son avancée en âge entre les deux enquêtes (1982 et 1994). Pour un âge donné, les décalages entre cohortes sont représentés par les écarts verticaux entre deux points. Les traits pointillés donnent l'évolution probable du taux de permis et les valeurs pour 2006 et pour 2018, si chaque cohorte évolue comme la précédente l'a fait lorsqu'elle est arrivée aux mêmes âges.

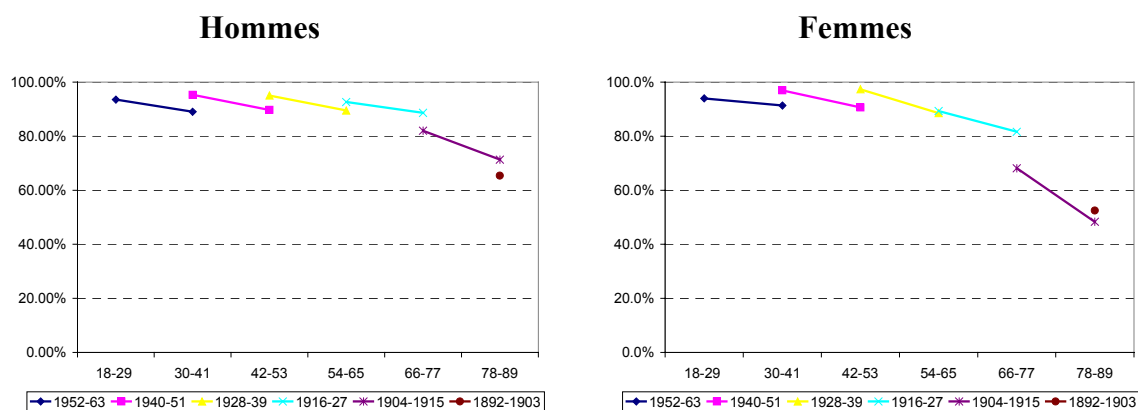


Figure 53 : Evolution du % de détenteurs du permis appartenant à un ménage motorisé, selon les cohortes, entre 1982 et 1994

Au niveau national en 1994, chez les 60-69 ans, 29% des hommes ayant le permis font partie d'un ménage multimotorisé (27% des femmes), alors que 12 ans plus tôt cette proportion n'était que de 18% (6%) (Tableau 67). Entre 70 et 79 ans, c'est le cas de 18,5% des hommes (et 10% des femmes) avec le permis, contre respectivement 5% et 2% en 1982. La croissance est nette, mais la limite supérieure, atteinte entre 45 et 50 ans en 1994 (environ 55% des ménages de rattachement des détenteurs de permis sont multi-équipés) paraît hors d'atteinte, car la taille des ménages diminue assez rapidement vers ces âges, en particulier chez les femmes.

Tableau 67 : Lien entre détention personnelle du permis et nombre de voitures à disposition dans le ménage, selon le sexe et l'âge, en 1993-1994 (%)

Nombre de voitures à disposition Catégorie	Pas de voiture	Une voiture	Deux et plus
40-49 ans, avec le permis			
Hommes	4,7	42,2	53,1
Femmes	3,7	38,3	58,0
50-59 ans, avec le permis			
Hommes	6,6	45,1	48,3
Femmes	4,9	48,3	46,8
60-69 ans, avec le permis			
Hommes	5,8	65,1	29,1
Femmes	7,5	65,9	26,6
70-79 ans, avec le permis			
Hommes	10,0	71,5	18,5
Femmes	23,9	66,0	10,1
80 ans et plus, avec le permis			
Hommes	36,1	54,5	9,4
Femmes	58,0	40,2	1,8

Tableau 68 : Evolution des situations d'accès à la voiture entre 1982 et 1994 chez les retraités selon l'âge

	Pas de VP		Moins d'une VP / adulte		1 VP ou plus /adulte	
	1982	1994	1982	1994	1982	1994
Retraités <75 ans	42	23	49	56	10	21
Retraités >=75 ans	58	60	33	30	8	10
Tous retraités	48	33	43	49	9	18

L'accès individualisé à la voiture (une voiture par adulte) est pour le moment une pratique fortement distinctive après 60 ans. On peut penser que dans ces cas de maintien ou non du bi-équipement, le revenu puisse jouer à l'avenir ; et la tendance naturelle à la diffusion pourrait être freinée par la limitation des revenus.

Tableau 69 : Liens entre revenu par UC et nombre de voitures chez les retraités de 55 ans et plus (et autres inactifs de plus de 60 ans), en 1994

	0 VP	<1 VP / adulte	>= 1 VP / adulte	Ensemble
Bas	48,0	43,9	8,2	100
Moyen	33,7	52,3	14,0	100
Haut	14,4	53,9	31,7	100
<i>Ensemble</i>	35,4	53,3	19,0	100

L'enquête-ménages grenobloise, réalisée dans un large périmètre qui dépasse celui de l'aire urbaine (700 000 habitants) permet de disposer de données plus récentes, et de mesurer le degré de diffusion du bi-équipement sur des zones contrastées, et notamment sur les espaces périurbains. Les taux de bi-équipement apparaissent particulièrement élevés dans les zones périurbaines, mais également dans les communes périphériques internes à cette agglomération.

Tableau 70 : Pourcentage d'individus vivant en couple, sans enfants avec le permis et dont le foyer est multi-motorisé, selon l'âge et le lieu de vie, dans l'enquête-ménages de Grenoble 2001

	Grenoble	Reste agglo	Périurbain
50-59 ans	47,6	61,0	76,9
60-69 ans	19,2	41,3	45,9
70-79 ans	9,5	18,9	20,7

Exemple de lecture : parmi les personnes de 50-59 ans vivant en couple, sans enfants, dans la commune de Grenoble, et qui disposent du permis, 47,6% font partie d'un ménage disposant d'au moins deux voitures.

Même si la contrainte de revenus devrait être progressivement plus forte dans les vingt ans qui viennent chez les retraités, la dynamique du bi-équipement constituera vraisemblablement, avec la périurbanisation des logements par vieillissement sur place qu'elle contribuera à rendre possible, le principal moteur de changement des comportements de mobilité des retraités.

2.2 Le modèle de mobilité avion

Au moins deux raisons viennent justifier l'étude des déterminants microéconomiques de la demande aérienne non-professionnelle. La première est la question de la soutenabilité du *trend* de croissance que connaît le secteur aérien quant au respect des quotas d'émissions de CO₂. Au rythme actuel (entre 2,5% et 4,25% de croissance du nombre de vols par an depuis 10 ans), les émissions de CO₂ générées par le trafic international au départ de l'Europe pourraient compromettre plus d'un quart des réductions requises pour atteindre la cible fixée par le protocole de Kyoto pour l'Union Européenne (Wit et al 2005).

La deuxième raison, liée à la première, est la démocratisation rapide que connaît le transport aérien. Cette démocratisation est accélérée par la montée en puissance des compagnies *low cost* depuis le milieu des années 90 en Europe (Dennis, 2004).

Dans ce contexte, la modélisation de la demande aérienne représente des enjeux forts, aussi bien pour les opérateurs et industriels du transport aérien, soucieux d'anticiper le marché, que pour les pouvoirs publics, préoccupés par les nuisances du transport aérien. Ces problématiques sont appréhendées par les modélisations et approches de la mobilité sous un angle essentiellement agrégé.

On distingue tout d'abord les modèles macro-économiques de prévision de trafic (départs et arrivées à une destination donnée). Ces modèles sont destinés à fournir des indicateurs et de l'information aux autorités touristiques (Civil Aviation Authority 2003 ; Department for Energy, Transport and the Regions, 1997 , 2000, Eurocontrol 2002). Les modèles utilisés sont construits à partir de régression multiples et calés sur des séries temporelles. Les variables explicatives retenues sont de type PIB, volumes d'échange avec les pays de départ, différentiels dans les parités de pouvoir d'achat, prix des billets d'avion, prix des carburants,

ou capacités des aéroports. L'intégration récente, et aujourd'hui généralisée, de coefficients d'élasticités décroissantes de la demande de voyages relativement au revenu, permet de simuler l'arrivée à maturité du marché (Graham, 2000, 2006). Si ces modèles restituent les variations de la demande au niveau macroéconomique, ils n'apportent pas d'information sur les déterminants microéconomiques des choix individuels.

Parmi les approches agrégées, nombreuses sont celles qui traitent des élasticités de la demande aérienne au prix ou au revenu (Jung et Fujii 1976, Taplin 1980, Alperovich et Machnes 1994, Brons et al. 2002, Njegovan, 2006). Ces estimations d'élasticité permettent de commenter l'évolution du marché (et des sous-marchés) ainsi que les caractéristiques de la consommation du bien « transport aérien » pour différentes catégories de populations.

Enfin, on distingue des indicateurs statistiques qui permettent de mesurer la propension à prendre l'avion une fois dans l'année¹⁸. Cette proportion a connu une croissance régulière et continue depuis 25 ans en France en passant de 4,7% en 1971 à 25% en 2001 (DTA, 2003). En France, le faible taux de départ des Français à l'étranger et l'essor des *low cost*, pourraient laisser présager une marge de progression forte à moyen terme. Néanmoins, c'est un indicateur incomplet pour étudier de près l'évolution du marché, puisqu'il ne capte pas la hausse des fréquences annuelles de départ et donc l'intensité de la mobilité aérienne¹⁹. A titre de comparaison, les citoyens américains réalisent en moyenne 2,2 voyages en avion par an pour l'ensemble des motifs, contre 1 en France, 0,02 en Inde et 0,06 en Chine (Airbus 2004). On peut donc concevoir une saturation de ce taux ²⁰ (DTA, 2003) liée au fait qu'une partie de la population intensifie ces départs alors qu'une autre ne prendra jamais l'avion. Cette information sur l'intensité de la mobilité doit donc être prise en compte et doit pouvoir s'expliquer, au niveau individuel, par les caractéristiques de l'offre et de la demande.

Or, à notre connaissance, aucune étude ne prend en compte les déterminants microéconomiques de la propension à prendre l'avion une ou plusieurs fois dans l'année pour des déplacements touristiques et pour différents segments de population. Cette rareté des études s'explique essentiellement par la rareté des données désagrégées en matière de déplacements aérien. On peut toutefois noter une contribution de Brooke et al. (1994) qui porte sur les déterminants du choix individuel entre plusieurs aéroports du *East Midlands* au Royaume-Uni. Un modèle multinomial est calé sur des données désagrégées. Les variables explicatives proposées sont le temps d'accès, le prix du transport et le type d'avion. Cette étude éclaire les mécanismes de choix et d'accessibilité à l'aéroport, néanmoins elle n'intègre pas les caractéristiques socio-économiques côté demande et n'explique pas la hausse des fréquences de départ.

Notre étude propose de pallier ces lacunes. Le recours à des données désagrégées de panel²¹ permet de se concentrer sur les déterminants microéconomiques de la demande aérienne exprimées en nombre de vols par personne et par an. Les variables explicatives recouvrent les

¹⁸ En France, cet indicateur est le taux de pénétration du transport aérien (TPTA) défini comme la proportion de personnes ayant effectué au moins un voyage en avion au cours des douze derniers mois précédant leur interview.

¹⁹ En plus des fréquences, l'intensité de la mobilité aérienne se mesure également avec la hausse des distances parcourues.

²⁰ Ce taux dépassait à la fin des années 80 les 30% aux Etats-Unis, mais l'administration américaine n'a pas renouvelé ces enquêtes depuis lors.

²¹ Nous remercions la Direction du Tourisme (Ministère délégué au Tourisme) pour la mise à disposition de la base de données du Suivi de la Demande Touristique dans le cadre de la thèse de Vincent Bagard, dont ce travail est issu.

déterminants socio-économiques et spatiaux, côté offre et côté demande (revenu, prix des billets, accessibilité à l'aéroport et offre de vols commerciaux, taille et structure du ménage, niveau d'instruction). Le modèle proposé est de type modèle de comptage. Ce type de modèle présente l'avantage de prendre en compte le caractère quasi-binaire de la distribution (constitué à 80% de valeurs nulles) sans pour autant ignorer les caractéristiques des personnes plus mobiles et leur nombre de voyages. Autrement dit, les modèles de comptages prédisent la propension à prendre l'avion sans s'arrêter à l'unique vol annuel. En conservant l'information sur l'intensité des départs, ces modèles permettent d'enrichir de manière significative les prédictions.

Dans un premier temps, nous présentons l'échantillon utilisé et nous discutons du choix des variables pour caractériser la demande et l'offre, notamment du point de vue de l'accessibilité aux aéroports. Puis nous justifions le choix du modèle au regard des caractéristiques de la variable à expliquer. Enfin, nous présentons les résultats de l'estimation d'un modèle de Poisson sur données de panel.

2.2.1 Les données

L'échantillon utilisé est extrait du panel français du Suivi de la Demande Touristique (SDT) pour la période 1995-2001 (Direction du Tourisme, France). Ce panel est composé de 10.000 individus représentatifs renouvelés par tiers chaque année. Les individus du panel sont interrogés en France chaque mois par voie de questionnaire sur leurs déplacements comprenant au moins une nuitée en dehors du domicile, quel que soit le mode de transport, en France et à l'étranger. Ces déplacements en dehors de l'environnement habituel recouvrent à la fois les déplacements de visites aux proches, les déplacements d'agrément et les déplacements professionnels.

2.2.1.1 Les motifs de voyage retenus

Les voyages en avion répondent à trois motifs principaux tels que observés en 2001 pour la France par la DTA (2003) :

- les motifs professionnels représentent 48% des voyages réalisés en France sur la période 1995-2001 (source enquête DTA 1999-2001).
- les motifs d'agrément comptent pour 36% des voyages ,
- les motifs de visite aux proches pèsent pour 15% des voyages en avion.

Notre étude se concentre sur les motifs d'agrément et de visite aux proches soit 51% des voyages réalisés en avion. Les motifs professionnels ne sont pas retenus dans la mesure où ils obéissent à des logiques différentes, aussi bien pour l'intensité des départs que la durée du voyage, le choix de destinations et le choix de la compagnie.

L'échantillon comporte au final 31.900 observations (ou voyages²²) effectués, quel que soit le mode de transport, par 13.922 individus observés entre 1 et 7 années²³. Parmi ces observations-voyages, 17 % sont le fait d'individus effectuant un unique voyage en avion

²² Il s'agit de voyages comportant un ou plusieurs séjours dans des lieux différents.

²³ Les individus entrent ou sortent du panel au gré du renouvellement et des abandons. Au total 43% des individus ne sont observés qu'une seule année, tandis que seuls 29% d'entre eux sont observés sur plus de deux années.

dans l'année, tandis que 4% sont le fait d'individus effectuant au moins deux voyages en avion dans l'année.

La période d'étude 1995-2001 présente sept années de croissance ininterrompue pour le secteur de l'aérien, sans que l'on puisse noter de crise majeure mais une inflexion du trafic pour l'année 1996. Les conséquences des attentats du 11 septembre 2001 ne sont pas perceptibles dans la base.

2.2.1.2 Les variables d'offre

La caractérisation de l'offre de vols nécessite de prendre en compte la quantité du service disponible ainsi que son prix. Cette quantité offerte recouvre deux aspects : le coût d'accès en temps et en prix aux aéroports, et le nombre de mouvements commerciaux comme indicateur de l'intensité de l'offre et de la diversité des destinations.

L'indication sur l'aéroport de départ n'est pas renseignée dans le panel. Cette contrainte de données nous impose de tester différentes représentations possibles des points d'entrée dans le réseau des aéroports français, en tenant compte des principaux aéroports frontaliers. Pour cela, douze aéroports français sont retenus afin de couvrir 90% des mouvements commerciaux effectués sur le territoire français et 94% de l'acheminement du trafic passagers²⁴ en 2001 sur ce même territoire. Deux aéroports frontaliers internationaux à fort trafic, (Genève et Bruxelles) ont été intégrés afin de capter les effets d'attraction des touristes français se situant dans les régions frontalières. La hiérarchie Paris/Province ressort très nettement (cf. Tableau 71) et introduit une distinction entre les deux aéroports parisiens CDG et Orly d'un côté et les aéroports de Province de l'autre, qui doit être intégrée dans le modèle.

²⁴ Le trafic passager est défini comme l'ensemble des passagers payants et non payants, nationaux et internationaux ainsi que les passagers en transit direct comptés une fois.

Tableau 71: Mouvements commerciaux annuels sur le réseau des aéroports français et frontaliers

Aéroports	Mouvements commerciaux		Evolution 1995-2001
	1 995	2 001	
Charles de Gaulle (CDG)	325 293	515 099	58%
Orly	232 698	215 538	-7%
Nice	123 136	193 124	57%
Lyon	75 503	126 800	68%
Marseille	72 414	92 391	28%
Bale- Mulhouse	60 374	92 256	53%
Toulouse	47 889	86 108	80%
Bordeaux	33 436	53 074	59%
Strasbourg	30 618	42 056	37%
Nantes	23 243	40 107	73%
Montpellier*	17 406	23 326	34%
Clermont*	32 878	44 059	34%
TOTAL France	1 074 888	1 523 938	42%
Genève	141 000	160 000	13%
Bruxelle	201 000	265 000	32%
TOTAL Frontalier	342 000	425 000	24%

Source : Direction Générale de l'Aviation Civile, * L'évolution des mouvements commerciaux de Clermont Ferrand et Montpellier est estimée à partir du trend de croissance moyen des aéroports de Province.

Il existe deux options possibles pour formuler la variable d'accessibilité, chacune renvoyant à une hypothèse bien précise sur le choix de l'aéroport par le touriste.

Une première option codée avec la variable (*GRAVIT*) consiste à construire un indicateur d'accessibilité globale tel que ceux couramment utilisés dans les modèles gravitaires de planification urbaine, soit : $a_i = \sum_{j=1}^n \frac{m_j}{d_{ij}^2}$ où, a_i est l'accessibilité d'un individu i à l'ensemble

des aéroports j d'un territoire donné, m_j est l'offre annuelle de mouvements commerciaux sur chaque aéroport j et d_{ij} est la distance à vol d'oiseau entre l'aéroport et la commune du domicile de l'individu i . Dans cette représentation, tout se passe comme si l'individu comparait les différents aéroports entre eux en pondérant les offres de mouvements par la distance d'accès. Cette représentation implique que les aéroports sont substituables et concurrents entre eux.

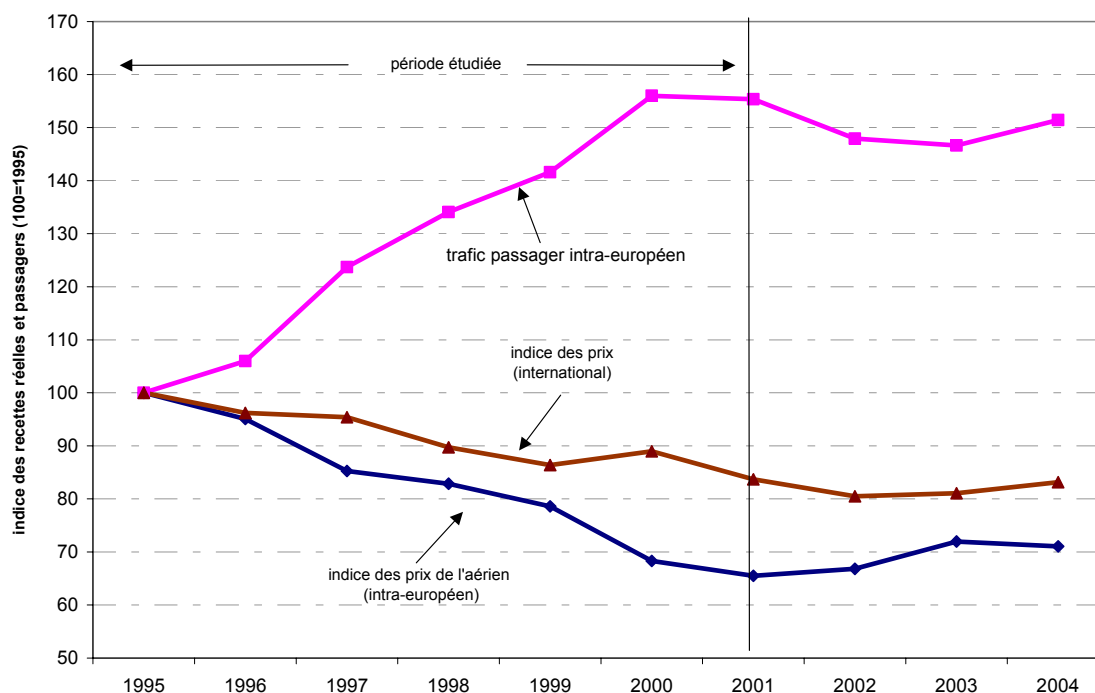
Une deuxième option, codée par la variable (*PROX*) consiste à considérer que l'individu choisit l'aéroport le plus proche, que ce soit pour un vol européen ou pour un vol intercontinental, avec éventuellement un rabattement sur un *hub*. Pour chaque individu, l'offre est représentée par deux variables caractéristiques de l'aéroport le plus proche : la distance (*DIST*) et le nombre de mouvements à cet aéroport (*MVT*). Dans ce cas, les aéroports sont complémentaires entre eux et seul compte le coût d'accès au réseau des aéroports. Ces deux formulations sont testées dans le modèle.

Une variable délicate à traiter concerne les prix de l'aérien. Les données ne mentionnant pas les prix du transport payé par les touristes, l'intégration *ex post* de cette variable au modèle est donc nécessaire. Deux indices de prix sont testés : un indice pour les vols intra-européens et un indice international. L'indice des prix pour les vols intra-européens (49 pays au total) est fourni par l'Association Européenne de Transport aérien (AEA). L'indice international est fourni par l'Association Américaine « Air Transport Association ». Dans les deux cas, ces

indices sont fondés sur les recettes par passager-kilomètre réalisées par les compagnies (RPK). Afin de refléter l'évolution du pouvoir d'achat « avion » des personnes interrogées en France, ces deux indices sont déflatés par l'indice des prix à la consommation en France (INSEE) sur la période 1995-2001.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des deux indices.

Figure 54 : Evolution de l'indice des prix des vols intra-européens et internationaux



Source : Association of European Airlines et Air Transport Association

L'indice de prix suit une tendance à la baisse, aussi bien en Europe (- 29%) qu'à l'international (-17 %) pour la période étudiée 1995-2001. Le trafic passager, mesuré sur la même période et pour les mêmes compagnies par l'AEA, connaît une multiplication par 2,06.

Cette intégration *ex post* de l'indice des prix présente néanmoins deux inconvénients. D'une part, elle élimine par construction toute forme de variation interindividuelle dans les prix. D'autre part, elle révèle une forte corrélation temporelle avec le *trend* de trafic comme le montre la figure 3.

2.2.1.3 Les variables de caractéristiques individuelles

La deuxième étape du travail de modélisation consiste à caractériser la demande. Quatre variables sont retenues :

- (*INC*) le revenu du ménage est divisé par le nombre d'unité de consommation (1 pour les adultes et 0,5 pour les enfants) puis déflaté par l'indice INSEE. Le revenu est introduit en logarithme du revenu.
- (*RETIRED*) indique le fait que les individus sont retraités.
- (*AGE - 60*) l'âge de l'individu est introduit en logarithme en écart par rapport à 60 ans qui est l'âge de référence le plus pertinent pour capter les pratiques des deux catégories que sont les non retraités et les retraités. Les coefficients de premier ordre s'interprètent alors comme des élasticités à la moyenne de l'échantillon.

- (*HSIZE*) la taille du ménage introduit une distinction entre les célibataires, les couples sans enfants et les couples avec enfants.
- (*INST*) le niveau d'étude est codé selon 9 modalités allant de l'absence d'étude au troisième cycle. L'instruction est mesurée en écart par rapport à la moyenne de l'échantillon qui équivaut à un niveau d'instruction de 4.
- (*PARIS*) la variable « Paris » correspond à une variable binaire distinguant les résidents de l'agglomération parisienne (1) des provinciaux (0). Cette variable est mixte dans la mesure ou elle permet à la fois de caractériser l'offre et la demande. Cette variable capte l'effet supplémentaire lié au fait de résider dans l'agglomération parisienne.

2.2.2 Modèle de Poisson sur données de panel

La variable d'intérêt est une variable discrète ne prenant que des valeurs non négatives, avec une très forte proportion de valeurs nulles. La modélisation de ce type de variable peut être réalisée en supposant une distribution de Poisson. Nous commencerons par rappeler les principales caractéristiques du modèle de Poisson, avant de présenter une extension de ce modèle à l'utilisation de données de panel.

2.2.2.1 Modèle de Poisson

Pour une variable suivant une loi de Poisson de paramètre λ , la probabilité associée à une certaine valeur y est donnée par²⁵ :

$$P(y) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!}$$

On montre que :

$$E(y) = V(y) = \lambda$$

La loi de Poisson impose donc l'hypothèse très forte d'égalité entre la moyenne et la variance. Un modèle explicatif peut être estimé en faisant dépendre le paramètre de la distribution de différentes caractéristiques de l'observation considérée :

$$\lambda_i = e^{\beta' x_i}$$

Cette formulation log-linéaire est préférée à la formulation linéaire car elle assure que les valeurs renvoyées par la fonction sont toutes positives. Cette propriété est souhaitable car le paramètre de la distribution de Poisson est nécessairement positif. La probabilité que l'individu i réalise un nombre de voyages y_i compte tenu de ses caractéristiques x_i s'écrit alors :

$$P(y_i | x_i) = \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{y_i}}{y_i!}$$

soit encore :

²⁵ Pour une présentation des modèles de comptage, voir (Cameron and Trivedi 1986) et (Cameron and Trivedi 1998).

$$P(y_i | x_i) = \frac{e^{-\beta' x_i} e^{\beta' x_i y_i}}{y_i!}$$

La fonction de log de vraisemblance s'écrit donc :

$$\ln L = -\sum_{i=1}^n e^{\beta' x_i} + \sum_{i=1}^n y_i (\beta' x_i) - \sum_{i=1}^n \ln y_i!$$

2.2.2.2 Prise en compte de l'hétérogénéité individuelle

L'avantage des données de panel est de pouvoir prendre en compte l'hétérogénéité individuelle, les mêmes individus étant observés plusieurs fois. Dans le cadre d'un modèle linéaire, on retient une spécification du type :

$$y_{it} = \beta' x_{it} + \mu_i + \epsilon_{it}$$

La valeur de y pour l'observation i à la date t est donc la somme de trois composantes :

- une composante déterministe $\beta' x_{it}$ les mêmes coefficients β s'appliquant à tous les individus,
- un terme spécifique à l'observation considérée μ_i ,
- un terme purement aléatoire ϵ_{it} .

En notant \bar{y}_i et \bar{x}_i les moyennes individuelles, on peut décomposer le modèle de la manière suivante :

$$\begin{cases} y_{it} - \bar{y}_i = \beta' (x_{it} - \bar{x}_i) + (\epsilon_{it} - \bar{\epsilon}_i) \\ \bar{y}_i = \beta' \bar{x}_i + \mu_i + \bar{\epsilon}_i \end{cases}$$

La somme des carrés des résidus peut alors s'écrire, en notant T le nombre d'observations temporelles :

$$SCR = \sum_i \sum_t (y_{it} - \beta' x_{it})^2 = \sum_i \sum_t ((y_{it} - \bar{y}_i) - \beta' (x_{it} - \bar{x}_i))^2 + T \sum_i (\bar{y}_i - \beta' \bar{x}_i)^2$$

Le premier élément du terme de droite de l'expression précédente représente la variation résiduelle *intra-individuelle*, le second la variation *inter-individuelle*. En cherchant les paramètres qui minimisent le premier ou le deuxième élément, on obtient respectivement les modèles *within* et *between*. Les moindres carrés ordinaires et le modèle à erreurs composées intègrent les deux sources de variation inter et intra-individuelle.

2.2.2.3 Le modèle de Poisson sur données de panel

Hausman et al. (1984) ont proposé une extension des trois modèles de panel classiques (*within*, *between* et à erreurs composées) au modèle de Poisson. La probabilité de réaliser y_{it} est donnée par une distribution de Poisson de paramètre $\tilde{\lambda}_{it}$. Celui-ci s'écrit de la manière suivante :

$$\tilde{\lambda}_{it} = \alpha_i \lambda_{it} = \alpha_i e^{\beta' x_{it}}$$

Il y a donc un effet individuel α_i invariant au cours du temps qui a un effet multiplicatif sur le paramètre de la loi associé à l'individu i pour les différentes périodes d'observation. La probabilité associée à y_{it} compte tenu de la valeur prise par les variables explicatives et de l'effet individuel s'écrit :

$$P(y_{it}|x_{it}, \alpha_i, \beta) = \frac{e^{-\tilde{\lambda}_{it}} \tilde{\lambda}_{it}^{y_{it}}}{y_{it}!} = \frac{e^{-\alpha_i \lambda_{it}} (\alpha_i \lambda_{it})^{y_{it}}}{y_{it}!} \quad (1)$$

La probabilité jointe pour l'individu i de réaliser $y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT})$ pour les T périodes est le produit des probabilités données dans l'équation (1) :

$$P(y_i|x_i, \alpha_i, \beta) = \frac{e^{-\alpha_i \sum_{t=1}^T \lambda_{it}} \prod_{t=1}^T (\alpha_i \lambda_{it})^{y_{it}}}{\prod_{t=1}^T y_{it}!} \quad (2)$$

Soit encore, en notant $Y_i = \sum_{t=1}^T y_{it}$ le nombre total de voyages réalisés sur la période et $\Lambda_i = \sum_{t=1}^T \lambda_{it}$:

$$P(y_i|x_i, \alpha_i, \beta) = \frac{e^{-\alpha_i \Lambda_i} \alpha_i^{Y_i} \prod_{t=1}^T \lambda_{it}^{y_{it}}}{\prod_{t=1}^T y_{it}!} \quad (3)$$

Y_i étant la somme de T variables suivant une distribution de Poisson de paramètres $(\tilde{\lambda}_{i1}, \dots, \tilde{\lambda}_{iT})$, sa distribution est également une distribution de Poisson de paramètre : $\Lambda_i = \sum_{t=1}^T \tilde{\lambda}_{it} = \alpha_i \Lambda_i$. On a donc :

$$P(Y_i|x_i, \alpha_i, \beta) = \frac{e^{-\alpha_i \Lambda_i} (\alpha_i \Lambda_i)^{Y_i}}{Y_i!} \quad (4)$$

L'équation (3) peut s'écrire comme le produit de la probabilité conditionnelle par rapport à Y_i et de la probabilité marginale de Y_i :

$$P(y_i|x_i, \alpha_i, \beta) = P(y_i|x_i, \alpha_i, \beta, Y_i) P(Y_i|x_i, \alpha_i, \beta) \quad (5)$$

La probabilité conditionnelle à Y_i s'écrit alors :

$$P(y_i|x_i, \alpha_i, \beta, Y_i) = \frac{P(y_i|x_i, \alpha_i, \beta)}{P(Y_i|x_i, \alpha_i, \beta)} \quad (6)$$

Soit finalement :

$$P(y_i|x_i, \alpha_i, \beta, Y_i) = \frac{Y_i!}{\Lambda_i^{Y_i}} \prod_{t=1}^T \frac{\lambda_{it}^{y_{it}}}{y_{it}!} \quad (7)$$

On note que les effets individuels n'apparaissent pas dans l'expression de la probabilité conditionnelle. Les modèles 3 et 4 dépendent des α_i . Par conséquent, pour pouvoir les estimer, il faut spécifier la distribution de α . Une distribution gamma est retenue, car elle permet d'obtenir une expression compacte pour la vraisemblance. La densité d'une variable x suivant une distribution gamma de paramètres a et b est donnée par :

$$f(x, a, b) = \frac{a^b}{\Gamma(b)} e^{-ax} x^{b-1}$$

Γ étant la fonction gamma définie par :

$$\Gamma(z) = \int_0^{+\infty} t^{z-1} e^{-t} dt$$

L'espérance et la variance de x sont respectivement $\frac{b}{a}$ et $\frac{b}{a^2}$. Si le vecteur β contient une constante, la moyenne de α n'est pas identifiable et on peut donc sans restriction supposer qu'elle est unitaire, ce qui se traduit par le fait que les deux paramètres de la distribution sont égaux entre eux. On aura donc :

$$f(\alpha) = \frac{\delta^\delta}{\Gamma(\delta)} e^{-\delta\alpha} \alpha^{\delta-1}$$

La probabilité associée à Y_i non conditionnellement à α_i est obtenue en faisant la moyenne de (4) pour toute valeur de α . On a alors :

$$P(Y_i | x_i, \beta) = \int_0^{+\infty} P(Y_i | x_i, \alpha, \beta) f(\alpha) d(\alpha) = \frac{\Lambda_i^{Y_i}}{Y_i!} \frac{\delta^\delta}{\Gamma(\delta)} \int_0^{+\infty} e^{-\alpha_i(\Lambda_i + \delta)} \alpha_i^{Y_i + \delta}$$

Soit encore :

$$P(Y_i | x_i, \beta) = \frac{\Lambda_i^{Y_i}}{Y_i!} \frac{\delta^\delta}{\Gamma(\delta)} \frac{\Gamma(Y_i + \delta)}{(\Lambda_i + \delta)^{Y_i + \delta}} \quad (8)$$

De même, la probabilité associée au vecteur y_i non-conditionnellement à α_i s'obtient en faisant la moyenne de (3) pour toutes les valeurs de α . On obtient alors :

$$P(y_i, x_i, \beta) = \prod_{t=1}^T \frac{\lambda_{it}^{y_{it}}}{y_{it}!} \frac{\delta^\delta}{\Gamma(\delta)} \frac{\Gamma(Y_i + \delta)}{(\Lambda_i + \delta)^{Y_i + \delta}} \quad (9)$$

A partir des expressions (7), (8) et (9), on peut construire trois fonctions de vraisemblance (en passant en logarithmes et en sommant pour tout i).

- (7) s'apparente au modèle *within* linéaire. On s'intéresse à la variation *intra-individuelle* de la variable à expliquer, c'est-à-dire au pourcentage de la valeur totale observée chaque année,
- (8) s'apparente au modèle *between* linéaire. En effet, on s'attache à expliquer la *variation inter-individuelle* en considérant la valeur totale de la variable expliquée sur l'ensemble de la période,
- (9) s'apparente au modèle à effet aléatoire, les deux sources de variation étant prises en compte.

D'autres similitudes avec le cas linéaire peuvent être notées :

- la fonction de log de vraisemblance associée au modèle à erreurs composées s'écrit comme la somme de celles associées au modèle *within* et au modèle *between*,
- Le modèle à erreurs composées n'est convergent que si les effets individuels ne sont pas corrélés avec les variables explicatives, défaut dont ne souffre pas le modèle *within*.
- les variables ne présentant pas de variation au cours du temps disparaissent de l'estimation du modèle *within*,

- le modèle de Poisson correspond au cas particulier du modèle à effets aléatoires où la variance des effets individuels est nulle, c'est-à-dire $\delta \rightarrow +\infty$.

2.2.3 Estimation et résultats

Cette section présente tout d'abord les spécifications de l'équation estimée en ce qui concerne les variables de prix et les variables d'offre. Ensuite, concernant les variables individuelles, nous discutons de deux problèmes particuliers traités dans le cadre de l'estimation du modèle : le problème spécifique que pose les populations retraitées et la non-linéarité des élasticités liées au revenu et à l'âge. Enfin, nous présentons les résultats des estimations pour les modèles retenus.

2.2.3.1 Spécificités de l'équation estimée et résultats préliminaires

Dans un premier temps, nous présentons dans le Tableau 72 les signes attendus pour les différentes variables.

Tableau 72 : Signes attendus des variables

<i>INC</i>	+
<i>AGE</i>	+
<i>INST</i>	+
<i>RETIRED</i>	+
<i>HSIZE</i>	-
<i>PARIS</i>	+

Les signes attendus sont positifs excepté pour la taille du ménage dont on s'attend à ce qu'elle freine le nombre de voyages annuels en avion. Si les enfants constituent un frein au départ en avion pour motifs de tourisme, il reste à déterminer, à un niveau plus fin, si les célibataires prennent plus l'avion que les couples sans enfants.

Il est possible de choisir parmi plusieurs spécifications du modèle. Ces différentes spécifications recouvrent trois possibilités pour l'intégration de la variable de prix et trois possibilités pour le choix de l'aéroport (cf. Tableau 73).

Tableau 73: Spécifications alternatives

Caractéristiques individuelles	
$y = \beta_{inc} INC + \beta_{age} AGE + \beta_{inst} INST + \beta_{hsize} HSIZE + \beta_{paris} PARIS +$	
Prise en compte du prix	$\beta_{px} PX$
	$\beta_{an95} AN95 + \dots + \beta_{an01} AN01$
	$\beta_{an96} AN96$
Spécifications de l'offre	
	$\beta_{dist} DIST + \beta_{mvt} MVT$
	$\beta_{gravit} GRAVIT$

L'indice de prix dont nous disposons est un indice de prix annuel (*PX*) calculé pour l'Europe. Il ne présente par conséquent aucune variation géographique. La présence de variables indicatrices de l'année peut donc révéler l'effet de variables omises, variant au cours de la période. Le choix se résume donc entre un modèle de cas général avec des variables indicatrices par année (*AN*), et un modèle avec une variable prix (*PX*) qui est un cas particulier du modèle général. Ces deux modèles étant emboîtés, on peut retenir un de ces deux modèles sur la base d'un test de rapport de vraisemblance présenté dans le Tableau 74 ci-dessous :

Tableau 74 : Comparaison des spécifications des modèles

	px	an	an=1996
proximité	-20 843,40	-20 826,85	-20 828,63
gravitaire	-20 861,20	-20 844,86	-20 846,43

Les résultats préliminaires révèlent une supériorité du modèle comportant les variables indicatrices d'années (*AN*) et nous amènent à rejeter le modèle avec le prix (*PX*). La faible significativité du modèle (*PX*) peut s'expliquer par la forte corrélation entre le prix et les niveaux de trafics constaté dans la Figure 54 ci-dessus.

La deuxième étape consiste alors à tester l'hypothèse selon laquelle seules certaines années seraient significatives, avec des effets année particuliers (*AN* = ?). Un test de rapport de vraisemblance nous permet de ne pas rejeter l'hypothèse selon laquelle la seule variable associée à l'année 1996 (*AN* = 1996) est plus significative. Précisons que cette année correspond à la seule inflexion de trafic repérée sur la période 1995 à 2001 (cf. Figure 54).

Dans un deuxième temps, concernant le choix de l'aéroport, différentes spécifications ont été testées : la première introduit un indicateur d'accessibilité globale (variable *GRAVIT*) ; la seconde prend uniquement en considération l'aéroport le plus proche du domicile principal du touriste (*PROX*). Cette spécification introduit une variable de distance (*DIST*) et une variable de mouvements (*MVT*) sur cet aéroport. Au vu du Tableau 74, on constate que la vraisemblance est très supérieure pour le modèle (*PROX*).

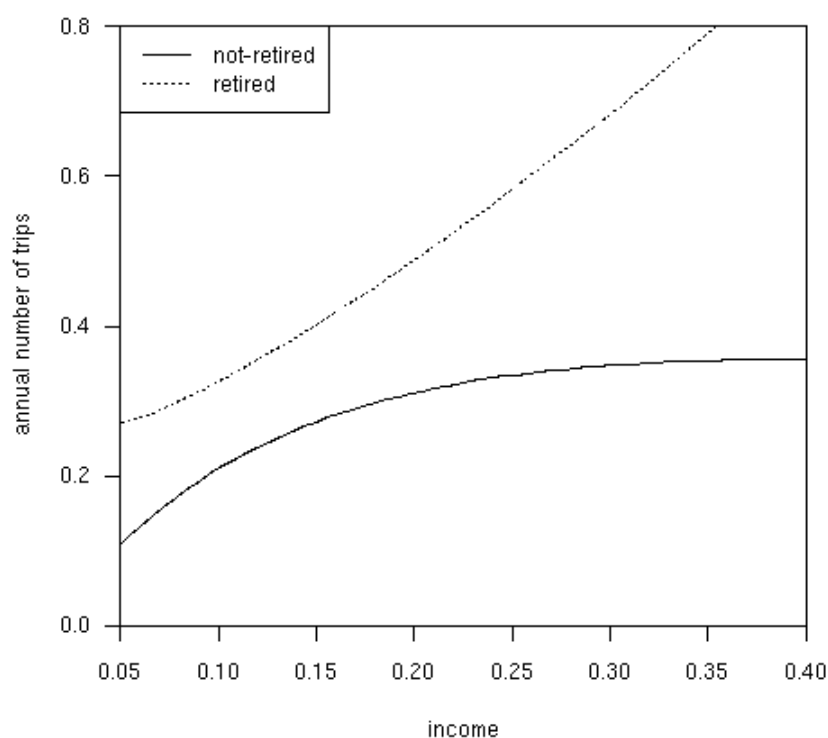
Parallèlement au choix des variables de prix et d'offre, deux problèmes particuliers sont à traiter, la distinction non-retraités/retraités d'une part, les effets de saturation sur le revenu et l'âge d'autre part.

Du point de vue des caractéristiques individuelles, les retraités (*RETIRED*) diffèrent fortement des non-retraités en ce qui concerne l'âge, le revenu, le niveau d'instruction, la structure familiale. Le fait de ne plus avoir d'enfants à charge, de ne pas être soumis à la contrainte temporelle comme le sont les non-retraités (que ce soit pour la durée des congés, les vacances scolaires) modifie fondamentalement leurs comportements de consommation de voyages. Les retraités peuvent voyager hors saisons et hors vacances scolaires et ainsi obtenir des prix réduits. De la même manière, ils peuvent privilégier des rabattements vers des aéroports centraux par autocar, voiture ou train plutôt que par avion. Enfin, nous pouvons supposer pour les retraités un effet de génération sur le niveau d'instruction, dont l'élasticité à la demande de voyages serait moindre par rapport aux non-retraités dont le niveau d'étude moyen est plus élevé.

Le deuxième problème est celui de la non-linéarité de l'effet du revenu (*INC*) et de l'effet d'âge (*AGE* - 60) sur le nombre annuel de départs en avion. Il apparaît qu'au delà d'un certain seuil de revenu et d'un certain âge, l'élasticité de la demande en avion diminue.

Ces deux problèmes particuliers que sont la distinction entre non-retraités et retraités et les effets de saturation l'âge et le revenu, interagissent fortement. Les graphiques ci-dessous présentent pour les non-retraités et les retraités, l'effet du revenu (*INC*) et de l'âge (*AGE - 60*) sur la demande de voyages annuels en avion.

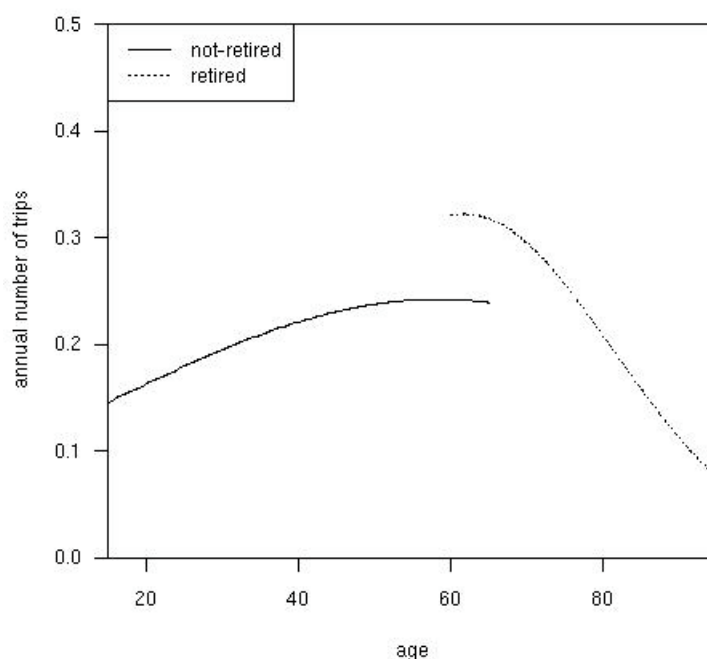
Figure 55 : Nombre de voyages annuels en avion en fonction du revenu



L'élasticité du nombre de voyages au revenu est dans l'ensemble positive pour les deux catégories (Figure 55). Pour les non-retraités, elle décroît avec le revenu jusqu'à devenir nulle. Pour les retraités, la relation est quasiment linéaire. Ainsi, dans le premier cas, l'élasticité est décroissante, dans le deuxième, elle est constante. Le voyage étant typiquement une « commodité » intensive en temps, il est probable qu'avec la hausse du revenu, la demande de voyages des non-retraités bute sur la contrainte de temps libre, ce qui n'est pas le cas pour les retraités. L'écart croissant entre les deux courbes montre une amplification de cet effet : d'un côté la contrainte temporelle des non-retraités les plus riches s'intensifie. De l'autre, la disposition à voyager des retraités les plus aisés se renforce²⁶.

²⁶ Le fractionnement accru des congés chez les non-retraités (séjours plus courts et plus fréquents) pourrait limiter la tendance. Néanmoins, même si les séjours des non-retraités sont plus courts en moyenne, cela ne suffit pas à inverser la tendance.

Figure 56 : Nombre de voyages en avion en fonction de l'âge



Le deuxième graphique (Figure 56) montre les effets de saturation liés à l'âge. Pour les non-retraités, la demande de voyages en avion augmente de 20 à 50 ans et se stabilise ensuite. L'élasticité devient quasi nulle au delà de 50 ans. Pour les retraités, on observe un nombre supérieur de voyages en avion par rapport aux non-retraités à âge égal. Puis ce nombre de départs en avion décroît fortement l'âge au-delà de 65 ans.

Dans l'ensemble, l'effet revenu pour les retraités à un effet très fort sur la demande mais il est limité de manière tout aussi forte par l'avancée dans l'âge.

Pour capter ces effets de saturation sur l'âge et le revenu, des termes quadratiques ont été introduits sur les deux variables ($1/2 INC^2$) et ($1/2 (AGE-60)^2$), ainsi que des effets d'interaction avec la variable retraite ($1/2 INC^2 \times RETIRED$) et ($1/2 (AGE - 60)^2 \times RETIRED$).

2.2.3.2 Résultats

La section 2 a montré que différents modèles pouvaient être testés. Nous présentons par conséquent les résultats de l'estimation pour le modèle de Poisson et le modèle à erreurs composées afin de tester la significativité de l'hétérogénéité individuelle.

Tableau 75 : Comparaison des deux modèles

	POISSON	ERREURS COMPOSEES
N	31900	31 900
LOGLIK	-20 628,42	-18 736
DF	19	19
AIC	41 295	-

Le modèle de Poisson correspond au cas où la variance du terme individuel $V(\alpha) = \frac{1}{\delta} = 0$, c'est-à-dire au cas où $\delta \rightarrow +\infty$. La valeur du test de rapport de vraisemblance ($2 \times (20\ 628 - 18\ 736) = 3784$) suit un Chi 2 à 1 degré de liberté lorsque la variable *ALPHA* (cf. Tableau 76) tend vers l'infini (H_0 pour le modèle de Poisson). Le modèle de Poisson est rejeté. Par conséquent, nous commentons le modèle à erreurs composées bien que les coefficients estimés par ce dernier diffèrent peu des coefficients estimés par le modèle de Poisson.

Tableau 76 : Estimation des deux modèles

	POISSON			ERREURS COMPOSEES		
	Estimate	z value	Pr(> z)	Estimate	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.640	-36.41	< 2e-16	-1.591	-25.76	0.00
INC	0.876	26.63	< 2e-16	0.777	17.29	0.00
1/2 INC²	-0.424	-4.68	0.00	-0.540	-4.11	0.00
AGE - 60	-0.001	-0.29	0.77	-0.001	-0.15	0.88
1/2 (AGE - 60)²	0.000	-1.74	0.08	-0.001	-1.72	0.09
AN = 1996	-0.223	-5.74	0.00	-0.247	-6.06	0.00
INST	0.159	21.27	< 2e-16	0.157	14.11	0.00
COUPLE NO CHILD	0.179	7.19	0.00	0.173	4.72	0.00
MVT	0.059	4.78	0.00	0.064	3.65	0.00
DIST	-0.183	-11.55	< 2e-16	-0.175	-7.56	0.00
PARIS	0.658	20.34	< 2e-16	0.641	12.61	0.00
RETIRED	0.371	7.26	0.00	0.281	4.07	0.00
INC x RETIRED	-0.404	-6.78	0.00	-0.368	-4.53	0.00
1/2 INC² x RETIRED	0.652	3.59	0.00	0.989	3.90	0.00
(AGE - 60) x RETIRED	0.005	0.70	0.48	0.006	0.61	0.54
1/2 (AGE - 60)² x RETIRED	-0.002	-3.34	0.00	-0.002	-2.80	0.01
INST x RETIRED	-0.100	-9.49	< 2e-16	-0.103	-6.65	0.00
DIST x RETIRED	0.047	1.95	0.05	0.058	1.58	0.11
PARIS x RETIRED	-0.505	-9.92	< 2e-16	-0.483	-6.15	0.00
ALPHA	-	-	-	0.690	28.13	0.00

Dans les résultats qui suivent, la catégorie de référence est constituée des non-retraités habitant en province (hors région parisienne). Nous commentons ci-après les résultats concernant les caractéristiques de la demande individuelle puis celles de l'offre.

Le revenu (*INC*) apparaît comme un déterminant essentiel de la demande. Son effet sur le nombre annuel de voyages est positif et conforme au signe attendu. L'élasticité revenu estimée²⁷ est de 0,78. L'introduction d'un terme quadratique ($1/2 \text{ INC}^2$) dont la valeur est de -0,54 confirme la décroissance de l'élasticité revenu avec la progression du revenu.

Le revenu joue néanmoins un rôle moins discriminant chez les retraités (*INC x RETIRED*, ces derniers ayant une élasticité revenu plus faible ($0,41 = 0,78 - 0,37$). Toutefois leur niveau de demande est supérieur à la catégorie de référence : 44% pour les retraités parisiens (*PARIS + RETIRED + PARIS x RETIRED*, soit $0,64 + 0,28 - 0,48$) et 28% pour les retraités de province (*RETIRED*).

Enfin, les non-retraités parisiens ont également une élasticité revenu très supérieure à la catégorie de référence puisque leur demande de voyages en avion est 64% supérieure à celle des non-retraités de province toutes choses égales par ailleurs (*PARIS*). Notons que cet effet

²⁷ Toutes les variables numériques étant introduites en logarithmes, les coefficients s'interprètent directement comme des élasticités.

« Paris » n'est pas réductible aux caractéristiques de demande et d'offre introduites dans le modèle (notamment les variables de revenu, d'instruction, de distance à l'aéroport et de mouvements). Indépendamment de ces variables de contrôle, le fait d'habiter à Paris génère une fréquence de voyages en avion plus élevée qu'en Province.

L'effet de l'âge pour les non-retraités autour de 60 ans ($AGE - 60$) n'est pas significatif, contrairement à ce que suggère la Figure 56 : c'est en effet plutôt le revenu (corrélé à l'âge pour les non retraités) qui explique l'allure de cette figure.

Par contre, pour les retraités, l'effet de l'âge est significatif, essentiellement avec le terme quadratique ($1/2 \times (AGE-60)^2 \times RETIRED$), qui précipite la baisse de la demande au fur et à mesure que l'on s'éloigne des 60 ans.

Le niveau d'instruction ($INST$) a une influence positive sur la demande conformément au signe attendu pour les non-retraités et les retraités. Le passage à un niveau d'instruction supérieur (+ 1 dans l'échelle de la variable) entraîne en moyenne une hausse de la demande de 16% pour les non-retraités et 6% (16% - 10%) pour les retraités. Le niveau d'instruction a moins d'effet chez les retraités que chez les non-retraités.

Le fait d'être un couple sans enfant ($COUPLE NO CHILD$) augmente la probabilité de prendre l'avion : ces derniers réalisent 17% de voyages en avion en plus que les familles ou les célibataires.

Concernant à présent, les caractéristiques de l'offre :

Tout d'abord, l'introduction de la variable prix pour l'année 1996 ($AN=1996$) montre une baisse de la demande de 25% cette année là, toutes choses égales par ailleurs, baisse visible sur la Figure 54 ci-dessus.

Ensuite, la distance à l'aéroport ($DIST$) a une influence non significative sur la demande des habitants de la région parisienne compte tenu de la proximité des aéroports Roissy au nord et Charles de Gaulle au Sud. En revanche, l'allongement de la distance crée un effet négatif particulièrement important pour les non-retraités provinciaux : lorsque la distance est multipliée par deux, la demande décroît de 17% pour les non-retraités et de 11% pour les retraités ($DIST \times RETIRED$) (-0,17 + 0,06). Cette différence peut s'expliquer par le fait que les retraités, disposant de plus de temps, sont prêts à parcourir une distance plus grande pour se rendre à l'aéroport.

Enfin, l'effet du nombre de mouvements (MVT) augmente le niveau de demande (0,06) dans le sens attendu. Il s'agit d'un effet d'offre lié aux fréquences des départs pour les vols et à la variété des destinations proposées.

2.2.4 Conclusion

Une série de conclusions se dégagent de ce travail de modélisation.

Tout d'abord, d'un point de vue méthodologique, les modèles de comptages semblent les mieux adaptés pour rendre compte de la distribution du nombre de voyages annuels en avion. Ces modèles captent plus complètement l'information, tant du point de vue de la pénétration de l'avion comme mode de transport que de l'intensité de son utilisation selon les catégories. En cela les modèles de comptage se révèlent plus adaptés que les modèles binomiaux et les modèles de régression classiques.

Ensuite, si les résultats obtenus vont dans le sens attendu sur les déterminants principaux, des effets inédits sont mis en évidence. Côté demande, le revenu a un poids essentiel et positif sur

la probabilité de départ en avion. Néanmoins le modèle a mis en évidence des effets de saturation sur le revenu pour les non-retraités, comme en témoigne l'élasticité décroissante du nombre de départs en avion. On peut y voir là la contrainte de temps disponible qui pèse sur cette catégorie d'individus, au contraire des retraités. Pour ces derniers, l'âge a peu d'effet entre 60 et 65 ans (les retraités prennent alors plus l'avion que les autres) puis au-delà joue un rôle majeur de freinage sur ces départs.

La structure du ménage a également une influence puisque les couples sans enfants ont un niveau de demande plus élevé que les célibataires et que les familles. Le niveau d'instruction joue un rôle positif tandis que l'effet de résider en région parisienne n'est pas réductible aux variables que nous avons utilisées, qu'il s'agisse du revenu, de l'instruction, ou de l'offre plus importante dans les aéroports parisiens.

Côté offre, le modèle de proximité l'emporte sur le modèle gravitaire, et tout se passe comme s'il importait avant tout d'accéder au réseau d'aéroports par son point d'entrée le plus proche. La distance à l'aéroport le plus proche est apparue comme un déterminant important de la demande en dehors de la région parisienne, particulièrement pour les non-retraités. De ce point de vue, le positionnement des *low cost* dans les aéroports de province peut apparaître comme un bon choix stratégique. Enfin, il n'a pas été possible de mettre en évidence une influence des prix, du fait de la forte corrélation entre les prix et les niveaux de trafic sur la période étudiée.

3 Le modèle de densités communales

Le calibrage du modèle de densité s'inspire des développements théoriques ayant trait au modèle standard de l'économie tant dans sa version originelle que dans sa version amendée (section 1). Le modèle économétrique calibré est présenté en section 2 et sa déclinaison en modèle prospectif en section 3.

3.1 Le modèle standard de l'économie urbaine

Le modèle standard de l'économie urbaine, appelé antérieurement Nouvelle Economie Urbaine (NEU) trouve son origine dans les travaux d'Alonso (1964) et de Muth (1969). Il a connu de nombreux développements, dont Fujita (1989) offre une vision synthétique. Il vise à expliciter le comportement de localisation résidentielle de N résidents dans un espace homogène, caractérisé par un centre d'emplois unique exogène. Tous les points de l'espace se caractérisent par une distance x au centre.

Dans une version originelle de ce modèle, les ménages maximisent une fonction d'utilité comprenant la superficie du logement q , et la consommation d'un bien composite z correspondant à l'ensemble des autres biens. Le prix du logement est fonction de la distance au centre $R(x)$. Outre ces dépenses, il convient d'intégrer un coût de transport occasionné par les déplacements domicile-travail, $T(x)$. Ce choix de localisation est soumis à une contrainte budgétaire.

Dans une version amendée de ce modèle, les ménages arbitrent non seulement entre prix du logement et coûts de transport mais également en fonction d'aménités centrales ayant trait à la qualité des quartiers centraux et d'aménités environnementales, liés aux paysages, à la nature davantage présentes en périphérie...

3.1.1 Equilibre

La détermination de la localisation d'équilibre d'un individu représentatif nécessite l'introduction du concept de rente d'enchère qui correspond au prix maximal qu'un individu est prêt à payer à une distance x du centre pour obtenir un niveau d'utilité v donné.

Pour chaque distance au centre, il est possible de déterminer une situation optimale qui se caractérise par une rente offerte et une superficie optimale de logement, consommée par le ménage. La courbe de rente offerte est donnée par la pente de la droite de contrainte budgétaire pour une localisation à une distance x du centre et qui est tangente à la courbe d'indifférence pour le niveau d'utilité v . La superficie optimale de logement et la quantité de bien composite consommées sont données par l'intersection de la courbe d'indifférence et la droite de contrainte budgétaire.

La pente de rente offerte de l'individu varie avec le coût marginal de transport et la demande de logement des ménages, liée pour cette dernière au niveau des revenus et à la taille du ménage. A ces facteurs, il convient d'intégrer la répartition spatiale des attributs qui intervient dans les formes de la ville.

3.1.2 Variables explicatives des configurations urbaines

3.1.2.1 *Les coûts de transport*

La baisse des coûts de transport induite par une meilleure accessibilité du centre a des répercussions sur la quantité de logement consommé. La pente de la courbe de rente foncière diminue avec la baisse des coûts de transport. Cette diminution de la pente intervient en tout point de la ville. Le logement étant un bien normal, la surface optimale consommée augmente avec cette décroissance des prix. Comme le nombre de résidents est fixe, la superficie totale de la ville augmente et la frontière urbaine s'éloigne.

La baisse du prix de l'accessibilité au centre génère un effet-prix et un effet-revenu. Les résidents peuvent se localiser plus loin du centre avec des coûts de transport plus faibles. Simultanément, elle autorise également une augmentation du revenu qui induit une croissance de surface de logement consommé.

3.1.2.2 *Effets d'une augmentation des revenus*

Les effets d'une hausse du revenu sont similaires à ceux d'une baisse des coûts de transport. Elle autorise une consommation accrue de logement. La superficie de logement d'enchère $q^*(v,x)$ augmente. La pente de la courbe de rente offerte est plus faible. La frontière de la ville s'éloigne comme précédemment.

3.1.2.3 *Effets de la démographie*

Une augmentation de la population se traduit par une extension de la ville, une augmentation du prix du sol et des densités en tout point de la ville. La pente de la courbe de rente offerte ne change en revanche pas.

Par contre si la composition de la population évolue (par exemple la distribution des revenus ou encore la répartition entre actifs et inactifs) l'effet global est incertain. Les inactifs n'ont plus à se déplacer vers les emplois du centre (mais ils peuvent rechercher les aménités centrales, cf. infra). Cependant, ils ont un revenu moindre. Selon la valeur de l'élasticité-revenu de la demande de logement, ils pourront préférer des localisations centrales aux localisations périphériques ou inversement.

3.1.2.4 *Les aménités*

La pente de la rente offerte est fonction de la répartition spatiale des aménités. La pente est plus forte dans le cas où les aménités sont relativement plus importantes au centre qu'en périphérie. Comme le coût de transport, elles plaident pour une localisation centrale. La pente de la rente offerte tend à s'aplatir avec la croissance des aménités en périphérie. Cette courbe peut même être croissante dans certains cas. Les effets de ces aménités en périphérie vont à l'encontre des effets des coûts de transport. Si elles sont plus importantes en périphérie, les ménages arbitreront entre accessibilité au centre et aménités en périphérie avec un avantage pour ces dernières. Une consommation plus importante de sols induite par un prix plus faible en périphérie plaidera pour une localisation périphérique. Si le centre offre en revanche une attractivité relative à la périphérie plus grande, alors les ménages réduiront leur consommation de logement et se localiseront au centre.

3.2 Recherche du modèle de densité

Le modèle standard offre un cadre d'intelligibilité des choix de localisations et des configurations urbaines en résultant. Les données individuelles localisées à la fois sur les caractéristiques des ménages, sur leur logement et leurs déplacements étant non accessibles, il est nécessaire de retenir des données agrégées à l'échelle des communes sur la base des recensements de population de 1982 et 1990 et des inventaires communaux de 1980 et 1988.

3.2.1 Les données

Le modèle s'appuie sur les données suivantes :

- Les 8241 communes des aires urbaines (découpage de 1990) : population, densité, population de la commune centre associée, distance à la commune centre, coût de déplacement en voiture vers la commune centre, vitesses, et ce pour 1982 et 1990 (sources recensement INSEE) ; indices d'équipement et d'aménités environnementales pour 1979 et 1988 (source inventaire communal).
- Les 36565 communes de France : population, densité en 1990 et 1999.

3.2.2 Les hypothèses

Les calculs de vitesse et de coût effectués sont détaillées ci-après.

3.2.2.1 Hypothèse de vitesse (Km/h) ETC

	1982	1994		Moyenne 1982	Moyenne 1990
Centre - Centre	14	13,7	Moyenne Pole urbain	17	19
Centre - Banlieue	20,9	23,4			
Centre - Périphérie	37,2	39,1	Moyenne couronne périurbaine	32	35
Banlieue - Banlieue	20,8	22,8			
Banlieue - Périphérie	39,9	42,8			
Périphérie - Périphérie	21,5	29,1			
Rural - Rural	23,1	26,4			
Sortant du bassin	46,8	52,4			
ensemble	26,1	31,4			

Source : enquête Transports et Communications 1982-1994

Tableau 77 : Les hypothèses de vitesse

Cela permet notamment de calculer un temps de parcours pour se rendre des communes urbaines à la commune centre.

3.2.2.2 Coût du véhicule

Prix de revient moyen d'un véhicule :

Source : Direction Générale des Impôts (Bulletin Officiel des impôts, Instructions sur les traitements, les salaires, pensions et rente viagères. Assiette dépenses professionnelles. Régime des frais réels, frais de voitures professionnelles.

Hypothèse : véhicule de 6CV plus de 10 000 km : 1,72 Francs/km soit 0,2622 euros/km (en 1990), 0,1143 euros/km (en 1982).

Avec la distance à la commune centre, cela permet de calculer un coût de déplacement vers la commune centre en 1982 et en 1990.

3.2.3 Le modèle économétrique

Plusieurs approches ont été essayées, une approche transversale (modélisation des différentes densités pour une année donnée) et une approche longitudinale (modélisation des variations de densité entre 1982 et 1990).

L'approche transversale repose sur une modélisation classique de la densité, dans laquelle la densité d'une commune d'une aire urbaine est fonction de la population de la commune centre (effet taille), de la distance à la commune centre de l'aire urbaine et des équipements urbains et aménités environnementales de la commune. Ce modèle se révèle assez robuste et significatif.

L'approche longitudinale qui a consisté à caler la variation de densité entre 1982 et 1990 en fonction des variations de population de la commune centre, des variations de coût et de vitesse de déplacement, ainsi que des variations des indices d'équipement et d'aménités, s'est révélé particulièrement décevant (très faible R², non significativité de plusieurs variables).

Aussi nous avons cherché à construire un modèle transversal suffisamment robuste, utilisé ensuite dans la projection, sous des hypothèses additionnelles détaillées ci-après.

Les communes objet de la modélisation sont toutes les communes appartenant à une aire urbaine à l'exception des communes centres de ces aires urbaines : il existe en effet une relation comptable entre la population de la commune centre et sa densité, qui serait incohérente avec un modèle de densité sur ces mêmes communes centres.

Les variables retenues sont

- la population de la commune centre dont dépend la commune modélisée,
- les indices d'équipements urbains et d'aménités environnementales construits à partir des inventaires communaux (Péguy, 2000)
- le coût d'un déplacement à destination de la commune-centre, et
- la vitesse d'accès à la commune-centre. En effet, la vitesse a été préférée au temps, car ce dernier, fonction de la distance à la commune centre, serait très corrélé au coût (pour une année donnée où le coût d'usage kilométrique du véhicule est identique pour toutes les aires urbaines).

L'intégration des indices d'équipement urbains et d'aménités environnementales, même s'ils ne feront pas l'objet de scénarios prospectifs, permet d'apporter plus de précision aux coefficients liés aux autres variables.

Les variables sont transformées en logarithmes pour tenir compte de liaisons éventuellement non linéaires. Cela offre également l'avantage d'interpréter les coefficients de la régression en termes d'élasticités.

Pour 1990 on obtient (Tableau 78)

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	0.388	0.177	2.198	0.028	0.042	0.734
LNPCOMC9	0.241	0.008	31.198	< 0.0001	0.226	0.256
LNIG88	1.861	0.025	74.784	< 0.0001	1.812	1.910
LNIA88	-0.309	0.012	-25.560	< 0.0001	-0.333	-0.286
LNCT90	-0.393	0.017	-23.806	< 0.0001	-0.426	-0.361
LNVTesse90	-1.483	0.039	-38.011	< 0.0001	-1.559	-1.406

Tableau 78 : Modèle de densité pour 1990

Le R2 est de 0,756. Toutes les variables sont significatives et ont un signe attendu, représentant une photographie de la densité des communes en 1990. Quand on s'éloigne de la commune centre le coût augmente (le prix de revient étant fixé, c'est la distance à la commune centre qui joue) et la densité diminue ; de même la vitesse augmente quand on va vers les zones peu denses.

Pour 1982 on obtient (Tableau 79)

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	-0.308	0.194	-1.584	0.113	-0.689	0.073
LNPCOMC8	0.202	0.009	23.428	< 0.0001	0.185	0.219
LNIG79	1.870	0.027	69.740	< 0.0001	1.818	1.923
LNIA79	-0.208	0.013	-15.615	< 0.0001	-0.234	-0.182
LNCT82	-0.397	0.018	-21.860	< 0.0001	-0.433	-0.362
LNVTesse82	-1.352	0.041	-32.664	< 0.0001	-1.433	-1.271

Tableau 79 : Modèle de densité pour 1982

Le R2 est de 0,718.

Les élasticités au coût sont quasi identiques, celles de la population de la commune centre et de la vitesse augmentent en valeur absolue entre 1982 et 1990, tout en restant du même ordre de grandeur.

3.3 Le modèle prospectif

Il consiste à faire évoluer année après année, les densités des communes tout en restant dans le cadre des projections départementales de l'INSEE.

1. On applique à toutes les communes d'un même département la variation annuelle de population départementale de la projection INSEE. On fait donc l'hypothèse que les communes rurales suivent l'évolution démographique moyenne du département. On en déduit la variation de la population urbaine du département.
2. On applique à toutes les communes des aires urbaines, hormis les communes centres, les élasticités à la population de la commune centre, à la variation de coût et à la variation de vitesse : la variation de la population de la commune centre est optimisée (solveur) de manière à retrouver au total la population urbaine totale du département.

Tout se passe comme si la population a naturellement tendance à varier (solde démographique et migratoire) à l'identique dans toutes les communes du département mais que cette variation est déformée par la structure du modèle de densité dans les aires urbaines où jouent les effets de la population de la commune centre, du coût et de la vitesse.

Les élasticités en longitudinal sont déduites du modèle transversal précédemment calé :

L'élasticité à la population de la commune centre est positive et égale à 0,240 (si la taille de la commune centre augmente, la taille des communes qui dépendent de la commune-centre augmente également).

L'élasticité au coût est négative : si le coût du transport augmente, la tendance est à l'abaissement des densités de communes urbaines au profit de la commune centre ; ce coût du transport contrebalance l'effet de renchérissement de la rente foncière dans le centre ; cette élasticité est égale à $-0,39$.

L'élasticité à la vitesse est positive : si la vitesse du transport augmente, la tendance est au renforcement des densités des communes de l'aire urbaine au détriment de la commune centre, car il devient moins coûteux – en temps – de se déplacer ; cette élasticité est égale à 1.50.

Références

- Airbus, (2004): “Global Market Forecast 2004-2023”. Airbus, Toulouse.
- Alperovich, G. and Y. Machnes (1994): “The Role of Wealth in The Demand for International Travel”. *Journal of Transport Economic and Policy*, 28(2) 163-173.
- Andan O., Pochet P., Routhier J.-L., Schéou B. (1999), Stratégies de localisation résidentielle des ménages et mobilité domicile-travail, Rapport final pour le compte de la DRAST (PREDIT 1996-2000), LET, 176 p. + annexes.
- Armoogum J., Madre J.-L., Krakutovski Z. (2003), *Validation et amélioration de l'approche démographique de la mobilité urbaine*, Rapport pour l'ADEME, 72 p.
- Berri A., (2001), *Etalement urbain et croissance de la circulation automobile. Projection aux horizons 2010 et 2020*, Rapport pour le Ministère de l'Équipement, 64 p.
- Berri A., Madre J.-L., Bussière Y. (2005), Etalement urbain et croissance de la circulation automobile des ménages en France. Projection aux horizons 2010 et 2020, *Recherche Transport Sécurité*, n°89, pp. 305-326.
- Bontout O., Colin Ch., Kerjosse R. (2002), Personnes âgées dépendantes et aidants potentiels : une projection à l'horizon 2040, *Etudes et Résultats* n° 160, 8 p.
- Brons, M., E. Pels, P.Nijkamp, and Rietveld P. (2002): “Price elasticities of demand for passenger air travel : a meta analysis”. *Journal of Air Transport Management* (8) 165-175.
- Brooke A.S, Caves R.E, Pitfield D.E (1994): “Methodology for predicting European short-haul air transport demand from regional airports. An application to East Midlands International Airport”. *Journal of Air Transport Management* 1(1) 37-46.
- Brutel Ch., Omalek L. (2003), *Projections démographiques pour la France, ses régions et ses départements (horizon 2030/2050)*, Paris, INSEE, coll. Insee Résultats (Société n°16), 40 p. + Cd Rom.
- Brutel, Chantal, Omalek, Laure, « Projections démographiques pour la France, ses régions et ses départements (horizon 2030/2050) », Insee Résultats Société, n° 16, Juillet 2003.
- Calzada C., Marchal P., Morellet O., Soleyret D. (1997). Evolution du trafic français de voyageurs à longue distance. Tendances passées et orientations futures, *Recherche Transport Sécurité* n°56, pp. 43-60.
- Cameron, A. and P. Trivedi (1986): “Econometric models based on count data : comparisons and applications of some estimators”. *Journals of applied econometrics* vol. 1 n°1, pp. 29-53.
- Cameron, A. and P. Trivedi (1998): “Regression analysis of count data”. Econometric Society Monographs n°30, Cambridge University Press 1998.
- Chaleix M., Madinier C., « Des logements plus grands et plus confortables », *Insee Première*, N° 750 - Novembre 2000.
- Chavouet J.-M, Fanouillet J.-C. (2000), Forte extension des villes entre 1990 et 1999, *Insee Première*, n°707.
- Civil Aviation Authority (2003): “Air passenger growth and airport capacity : advice to the department for transport on the future nature and distribution of demand for air travel”. CAA, London.
- Claisse G., Diaz Olvera L., Dille B., Paulo Ch., Plat D., Pochet P. (2000), *Inégalités de déplacement et équité sociale : revenus, indices et inégalités d'accès à la voiture particulière. Résultats*

- provisoires*. Recherche pour le Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement. Rapport intermédiaire n°2. Laboratoire d'économie des transports, 68 p.
- Coudin E. (2006), Projections 2005-2050. Des actifs en nombre stable pour une population âgée toujours plus nombreuse, *Insee Première*, n°1092.
- Dennis, N. (2004): "Can the European low-cost airline boom continue ? Implications for regional airports". In : Proceedings of the 44th European Congress of the Regional Science Association, Porto.
- Department for Energy, Transport and the Regions (1997): "Air traffic Forecasts for the UK 1997". DETR, London.
- Department for Energy, Transport and the Regions (2000): "Air traffic Forecasts for the UK 2000". DETR, London.
- Direction des Transports Aériens (2003): "Qui prend l'avion en France ?" La note de synthèse et d'actualité n°14. DTA SDEEP.
- Duée M., Rebillard C. (2006), La dépendance des personnes âgées : une projection en 2040, *Données Sociales 2006*, INSEE, pp. 613-619.
- European Organisation for the Safety of Air Navigation (2002): "Air traffic Statistics and Forecasts (STAFOR) : Medium-Term forecast of Annual Number of IFR Flights (2002-2009)". Eurocontrol, Vol 1.
- Gallez C., Orfeuil J-P. (1998), Dis-moi où tu habites, je te dirai comment tu te déplaces, in D. Pumain, M.-F. Mattei (éds.), *Données Urbaines 2*, Paris, Anthropos, pp. 157-164.
- Gallez C., Orfeuil J.-P., Polacchini A. (1997). L'évolution de la mobilité quotidienne. Croissance ou réduction des disparités ?, *Recherche Transport Sécurité*, n°56, pp. 27-42.
- Graham, A. (2000): "Demand for leisure air travel and limits to growth". *Journal of Air Transport Management*, 6, 109-110.
- Graham, A. (2006): "Have the major forces driving leisure airline traffic changed ?" *Journal of Air Transport Management*, 12, 14-20.
- Hausman, J., B. Hall and Z. Griliches (1984): "Econometric models for count data with an application to the patents-r&d relationship". *Econometrica* 52(4), 909-938.
- Hourriez J.-M., Olier L. (1997) Niveau de vie et taille du ménage : estimations d'une échelle d'équivalence, *Economie et Statistique*, n°308-309-310, pp. 65-94.
- INSEE (1996), *Enquête Transport et Communications 1993-1994, Dessin de fichier, dictionnaire des codes*.
- Jacquot Alain, « De plus en plus de maisons individuelles », *Insee Première*, N° 885 - FÉVRIER 2003.
- Jung, J.M. and E.T. Fujii (1976): "The price elasticity of demand for travel. Some new evidence". *Journal of Transport Economics and Policy*, 10 (3), 257-262.
- Le Guen (non daté), La boîte à moustaches de TUKEY : un outil pour initier à la Statistique. <http://www.sfds.asso.fr/groupe/statvotre/Boite-a-moustaches.pdf> (accédé en juillet 2006)
- Lincot Liliane et Rieg Christelle, « Les conditions de logement des ménages en 2002 », Enquête Logement 2002, *Insee Résultats Société*, n°20, Octobre 2003.
- Madre J.-L., Maffre J. (1997), La mobilité des résidents français. Panorama général et évolution, *Recherche Transport Sécurité*, n°56, pp. 9-26.
- Mézière N. (2004), *Typologie des comportements de mobilité*, Rapport de stage en alternance ENSAE, LET, 48 p.

- Mignot D. Aguilera A., Bloy D. (2004), *Permanence des formes de la métropolisation et de l'étalement urbain*, Rapport final, Recherche financée par l'ADEME, Lyon-Arcueil, LET – INRETS.
- Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement (1999): "Mémento de Statistiques des Transports : Résultats 1999". Direction des Affaires Economiques et Internationales.
- Minni C. (2006), Structure et évolution de la population active selon l'âge, *Données Sociales 2006*, INSEE, pp. 23-33.
- Morel B., Redor P. (2006), Enquêtes annuelles de recensement de 2004 et 2005. La croissance démographique s'étend toujours plus loin des villes, *Insee Première*, n°1058.
- Nauze-Fichet E., Lerais F., Lhermitte S. (2003), *Les projections de population active 2003-2050*, Paris, INSEE, coll. Insee Résultats n°13.
- Nicolas J.-P., Pochet P., Poimboeuf H. (2001), *Indicateurs de mobilité durable. Application à l'agglomération lyonnaise*, Recherche pour le compte de Renault, Lyon, LET, coll. Etudes & Recherches n°16.
- Njegovan, N. (2006): "Elasticities of demand for leisure air travel : A system modelling approach". *Journal of Air Transport Management*, 12, 33-39.
- Orfeuil J.-P. (1999), *La mobilité : analyses, représentations, controverses*, Thèse d'habilitation. Institut d'Urbanisme de Paris, Université Paris XII - Val de Marne, 1999, 345 p.
- Orfeuil J.-P. (non daté), *Vers la nourrice, l'école, l'université. Les déplacements réguliers avant la vie active*, Note de travail, Arcueil, INRETS, 22 p.
- Orfeuil J.-P. (1995), *Les déplacements domicile-travail dans l'enquête transports Insee 1993-1994*, Arcueil, INRETS, 1995, 33 p + annexes.
- Orfeuil J.-P., Soleyret D. (2002), Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et longue distance ?, *Recherche Transports Sécurité*, n°76, pp 208-221.
- Paulo Ch. (2006), *Inégalités de mobilités : disparité des revenus, hétérogénéité des effets*, Thèse de Doctorat de Sciences Economiques, mention Economie des Transports, Université Lumière Lyon 2, 389 p.
- Plateau C., Rakotomalala J. (2005), Construction neuve. L'attrait des maisons individuelles en milieu rural mais proches des villes, *SESP en bref*, n°1.
- Pochet P. (1995), *Mobilité quotidienne des personnes âgées en milieu urbain : évolutions récentes et perspectives*, Thèse de Doctorat de l'Univ. Lumière Lyon 2, Mention Sciences Economiques, Economie des Transports.
- Pochet P. (2003), Mobilité et accès à la voiture chez les personnes âgées : Évolutions actuelles et enjeux, *Recherche Transports Sécurité*, n°79, pp. 93-106.
- R (2006), *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Development Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org>.
- Robert-Bobée I. (2006), Projections de population pour la France métropolitaine à l'horizon 2050. *Insee Première*, n°1089, juillet 2006.
- Robert-Bobée Isabelle, « Projections de population pour la France métropolitaine à l'horizon 2050 », *Insee Première*, N° 1089 - Juillet 2006.
- Talbot J. (2001), Les déplacements domicile-travail. De plus en plus d'actifs travaillent loin de chez eux, *Insee Première*, n°767.
- Taplin J.H.E. (1980): "A coherent Approach to estimates of price elasticities in the vacation travel market". *Journal of Transport Economics and Policy*, 14 (1), 19-35.

Wit, R. Boon B., Van Velzen A., Cames M., Deuber O. and D. Lee (2005): “Giving wings to emission trading”. Report for the European Commission, DG Environment. No. ENV.C.2/ETU/2004/0074r. Inclusion of aviation under the European Emission Trading System (ETS): Design and impacts, (July), 245 pp.

World Tourism Organisation (2001): “Tourism and Air Transports”. ISBN 9284403693, 146p.

Annexes

Annexe A : Synthèse des résultats publiés dans RTS relatifs à l'Enquête Transports et Communications de 1993-1994

Il s'agit d'une synthèse de trois articles parus dans RTS n°56 et d'un quatrième paru dans RTS n°76, mais dans le cadre de problématiques différentes de celle du projet ETHEL.

Les observations dont sont tirés les résultats exposés sont celles de l'Enquête Transports et Communications de 1993-1994 (et leur évolution depuis la précédente enquête de 1981-1982), excepté pour l'article de Calzada et al.

La « mobilité locale » est définie comme les déplacements effectués à moins de 80 km à vol d'oiseau du domicile, l'autre étant dénommée « mobilité à longue distance ». Dans ce qui suit, hormis précision éventuelle, la « mobilité » est entendue au sens de distances parcourues en voyageurs-kilomètres.

La mobilité croît, les budgets-temps de transport restent stables

Les grandes tendances depuis 1981-1982 :

- la mobilité locale se caractérise par une stabilité du nombre d'activités réalisées hors domicile, du nombre de déplacements quotidiens et du budget-temps transport (BTT) ;
- avant tout c'est l'accroissement des vitesses et l'augmentation des distances qu'il permet, plus que la croissance du nombre de déplacements, qui fait que la mobilité locale croît ;
- la croissance de la mobilité à longue distance est plus rapide que celle de la mobilité locale, du fait de l'augmentation des voyages plus que de celle des distances ;
- le transfert se fait des modes lents vers les modes rapides, des réseaux lents vers les réseaux rapides, avec une croissance de la vitesse des flux en voiture particulière.

La mobilité locale et ses facteurs d'évolution

La géographie des déplacements en évolution par rapport à 1981-1982 est la suivante :

- il y a baisse des déplacements dans la ville centre, mais forte croissance des déplacements entre banlieue et centre, entre périphérie et centre, et entre périphérie et banlieue ;
- la part de la voiture particulière dans les déplacements intra-banlieue et intra-périphérie, augmente mais également sur les flux entre ville-centre et banlieue (en plus de l'évolution défavorable de la structure des motifs, exemple : baisse du travail fixe) ;
- la croissance des distances en périphérie est beaucoup plus élevée par rapport à celle dans le centre et les banlieues mais les BTT des habitants des périphéries restent inférieurs à ceux des habitants des centres et des banlieues, quelles que soit les tailles d'agglomération.

Du point de vue des revenus, les écarts de mobilité locale sont très inférieurs aux écarts de revenus : il y a une mobilité minimale indispensable. Cependant, dans chaque classe de revenu, les mobilités locales croissent des centres vers les périphéries.

En outre, la régulation par la congestion permet de maintenir la compétitivité des transports collectifs à Paris. La croissance des trafics est plus faible dans les zones plus denses, il y a étalement des déplacements, et étalement de la pointe. En résumé, l'usage de la voiture particulière est décroissant avec la taille de l'agglomération mais croissant avec l'éloignement du centre.

Les évolutions démographiques à elles seules (i.e. le seul glissement démographique ou les changements de statut) n'expliquent pas les évolutions de mobilité. L'accès à l'automobile représente une part minoritaire d'explication des distances. Il y a croissance du taux d'activité, notamment chez les femmes, d'où du BTT chez les femmes de 40 à 60 ans (y compris les femmes aux foyer). Il y a croissance de l'accès à la voiture chez les actifs et les retraités. En outre, il faut rajouter la croissance de l'offre de voirie rapide.

En résumé :

- les vitesses globales progressent dans tous les segments, les croissances sont différenciées mais il y a une tendance à l'homogénéisation des vitesses entre catégories socio-économiques ; les BTT sont croissants ou décroissants au sein des catégories mais ces variations sont très inférieures aux évolutions des distances parcourues ;
- il n'y a pas d'homogénéisation par rapport aux localisations, les habitants des périphéries sont plus rapides que ceux des centres et des banlieues en 81-82, ils bénéficient encore en 93-94 des progrès de vitesse les plus élevés ;
- il y aurait une « loi » de mobilité locale : plus on habite loin des centres et dans des zones de densité faible, plus il y a croissance des kilomètres et de la part de la voiture ; la prospective de la mobilité urbaine serait une prospective d'occupation des territoires ;
- l'effet génération et l'effet localisation joueraient beaucoup, à la différence de l'effet revenu *mais* il faut tenir compte de la baisse du coût de la voiture particulière sur la période.

Quels liens entre mobilité à courte et mobilité à longue distance ?

(sur la base de Orfeuil et Soleyret)

Les ressources disponibles (revenus) structurent fortement les mobilités. La mobilité *globale* (tous types de déplacements confondus donc tous modes confondus) est peu sensible aux caractéristiques de localisation résidentielle (rappel : la localisation résidentielle joue sur la mobilité locale et la dépendance automobile). Cependant, l'effet de la localisation résidentielle sur l'usage de l'automobile, du point de vue de la mobilité *globale*, est plus fort en Ile de France qu'en province (du fait de l'offre de transports collectifs en IdF).

Toutefois, quand on décompose entre mobilité locale et mobilité à longue distance, il peut y avoir interaction avec la localisation résidentielle.

Il existe des disparités très nettes selon le *revenu* pour les nombres de déplacements et les distances parcourues selon les 3 catégories de mobilité (semaine, fin de semaine et longue distance) :

- dans chacun des tissus la mobilité globale est très sensible aux revenus ; la position sociale joue un rôle clé pour la mobilité longue distance mais aussi la mobilité locale ;

- pour la mobilité à longue distance, les écarts sont supérieurs aux écarts de revenus, très supérieurs si on inclut le transport aérien et les déplacements internationaux ;
- les ménages aux revenus faibles compensent, lorsqu'en périphérie, leur sur-mobilité locale par une sous-mobilité à longue distance ;
- à tissu et catégorie de revenu fixés, il y a peu de différences de mobilité globale entre Ile de France et province ;
- Paris ressort avec le cas des ménages à hauts revenus avec une mobilité à longue distance très élevée.

La mobilité longue distance représente :

- 1% des déplacements,
- 40% des distances parcourues par les voyageurs,
- 29% des voyageurs-kilomètres en VP,
- 25% des véhicules-kilomètres parcourus (du fait du taux d'occupation des véhicules),

Elle se caractérise par l'importance du train et de l'avion. En évolution par rapport à 1981-1982, c'est plus l'accroissement du nombre de déplacements qui joue sur la croissance de cette mobilité à longue distance que l'accroissement des distances unitaires (au contraire de la mobilité locale).

La distance parcourue dans la mobilité à longue distance croît avec la taille de l'agglomération (les distances sont plus fortes pour *chaque* déplacement). Elle est nettement plus élevée pour les habitants du centre que pour ceux des banlieues et périphéries (à l'inverse de la mobilité locale). Il y a une différence essentielle en Ile de France mais l'écart avec la province va en diminuant.

La mobilité globale est plus élevée en Ile de France. Elle s'explique entre autres par une surmobilité à longue distance francilienne par rapport à France entière, qui est due à 45% aux vacances à l'étranger : le reste est une mobilité liée au travail (19%), aux visites (15%), aux vacances en France (11%), aux résidences secondaires (9%).

En résumé :

- il y a absence de compensation entre mobilité de semaine et mobilité de fin de semaine ;
- les interactions entre mobilité locale et mobilité longue distance sont non négligeables par le biais de la localisation résidentielle ;
- la localisation résidentielle jouerait un moindre rôle par rapport à la question énergétique (faible impact sur la mobilité globale) ; ce sont plus les revenus et l'attractivité de l'offre aérienne qui auraient un impact sur la consommation d'énergie.

Ce que dit la modélisation du trafic français de voyageurs à longue distance

(sur la base de Matisse : Calzada et al.)

Quatre grandes contributions de même ordre de grandeur à la croissance du trafic français à longue distance de 1975 à 1996 sont identifiées :

- la croissance du revenu total des ménages (hormis effet motorisation) ;

- la croissance de la motorisation (structure de la population par rapport aux voitures à disposition) ;
- la croissance due à d'autres facteurs (cycle de vie, préférence par rapport au voyage à longue distance, temps libre) ;
- la croissance de l'offre de transport.

Les projections 1992-2015 tablent sur :

- une diminution de la contribution de la motorisation ;
- un ralentissement du phénomène d'extension et de fragmentation du temps libre, d'où une légère diminution de l'élasticité du trafic à la consommation des ménages hors phénomène de motorisation ;
- une moindre induction des aménagements nouveaux.

Les parts des modes en voyageurs-kilomètres à l'horizon 2015 seraient les suivantes :

- voiture particulière : 68% ;
- train : 22% (en supposant un programme important de TGV) ;
- avion : croissance à 11% en 2015 (fonction de la croissance des revenus).

Quels enseignements pour Ethel ?

Il apparaît fondamental de croiser localisation dans les tissus urbains (centre / banlieue / périphérie) et position sociale (revenu).

Avec plusieurs dynamiques où

- Pour la mobilité locale : l'offre de transport rapide permet la croissance des vitesses donc des distances parcourues ; permettant la dédensification de l'habitat et des emplois elle pousse à l'accroissement de la part de la voiture dans ces distances parcourues (à mesure que l'on s'éloigne du centre) ; la localisation des emplois peut également imposer une mobilité contrainte en voiture particulière (ex pour les ouvriers, compte tenu des horaires) ; s'y ajoute une forme de régulation par la congestion (dans la mesure où l'offre de transport ne suit pas) particulièrement sensible dans les grandes agglomérations.
- Pour la mobilité longue distance : il s'agit plus d'une croissance du nombre de déplacements (cf. « escapades ») et moins des distances ; cependant les distances sont plus élevées pour les habitants des centres (à l'inverse de la mobilité locale) et avec la taille de l'agglomération ; et l'effet revenu est très net (notamment pour l'avion).

Quelques variables exogènes :

- Le rôle de l'offre de transport : accroissement des vitesses, donc des distances ;
- de manière concomitante à l'évolution des motifs
 - due à l'évolution démographique,
 - au taux d'activité, notamment des femmes,
 - au développement du temps libre, sous forme parfois de fractionnement (escapades) ;
- et avec le rôle de la croissance des revenus,

- influant sur la motorisation (y compris l'effet démographique et génération sur les populations en âge de conduire),
- mais aussi l'effet de la baisse relative des coûts d'acquisition et d'usage de la voiture particulière,
- permettant l'accès aux modes rapides (avion, TGV).

La surmobilité francilienne est-elle le « modèle » futur vers lequel tendent les agglomérations françaises ?

Annexe B : Modélisation des distances des scolaires

Erreurs relatives entre distance totale simulée et distance totale observée.

Les valeurs en italiques indiquent des effectifs faibles ($N < 30$).

Nb de voitures disponibles / Résidence

	CLDENSRES1	CLDENSRES2	CLDENSRES3	CLDENSRES4	CLDENSRES5
zero	-52%	4%	-12%	-17%	-25%
moinsune	3%	4%	-5%	-6%	-8%
unepus	7%	2%	8%	0%	-14%

Age / Résidence

	CLDENSRES1	CLDENSRES2	CLDENSRES3	CLDENSRES4	CLDENSRES5
AGE3cl1	16%	0%	-9%	-12%	6%
AGE3cl2	-11%	1%	18%	16%	-13%
AGE3cl3	-13%	-1%	1%	8%	13%

Nb de voitures disponibles / Revenu

	CLREVMOUYU1	CLREVMOUYU2	CLREVMOUYU3	CLREVMOUYU4
zero	-22%	10%	-33%	-23%
moinsune	-9%	0%	-3%	10%
unepus	1%	-1%	12%	6%

Nb de voitures disponibles / Age

	AGE3cl1	AGE3cl2	AGE3cl3
zero	-2%	6%	6%
moinsune	-4%	-2%	9%
unepus	7%	1%	-13%

Densité / Revenu

	CLREVMOUYU1	CLREVMOUYU2	CLREVMOUYU3	CLREVMOUYU4
CLDENSRES1	7%	-9%	16%	-16%
CLDENSRES2	12%	10%	-10%	-6%
CLDENSRES3	-14%	23%	-15%	6%
CLDENSRES4	-12%	-4%	14%	8%
CLDENSRES5	5%	3%	87%	-11%

Annexe C : Les actifs entre 1981-82 et 1993-94 : détail de l'analyse descriptive

Toutes les distances parcourues ont été calculées à partir de l'individu kish (« la personne A »), y compris les distances domicile-travail déclarées.

Moyennes globales des actifs :

Dist dom travail : 10,21 ; distance 1 j de semaine = 33,7 ; dist 7 j = 227,6

Pour réduire la variabilité des distances observés, l'analyse va porter sur le noyau dur, la partie la plus stable des actifs (« actifs durcis ») quant aux déplacements domicile-travail notamment. Sont donc exclus : les actifs travaillant à domicile (car pas de déplacements domicile-travail à analyser), les actifs déclarant un lieu de travail variable à domicile ;

→ Filtres pour 93-94 :

B1=1 (exerce une profession, même sans être rémunéré)

C1=1 (Lieu de travail fixe hors du domicile)

A10=1 (Vit ici régulièrement)

Filtres pour 81-82 : les mêmes sauf « Habite régulièrement ici » car la variable est absente du fichier, mais cela ne gênera pas trop les comparaisons, car cette population est très marginale en 1993-94 (<1%, parmi ceux qui ont un lieu de travail fixe hors du domicile).

Ce noyau dur représente, en 1993-94, quatre actifs sur cinq (79,97%, en effectifs redressés) qui ont été choisis pour être interrogés sur leur mobilité de la veille.

Distance domicile-travail : 12,47 ; distance parcourue 1 jour de semaine = 33,2 ; distance 7 jours = 225,1

Les caractéristiques complètes et mobilité sont consignées dans le tableau p. suivante.

Ce noyau dur laisse donc de côté 20% des actifs :

* 10,9% d'actifs dont le lieu de travail est variable hors du domicile,

Distance domicile-travail : sans signification ; distance parcourue 1 jour de semaine = 47,1 ; distance 7 jours = 300,7

Ce sont surtout des hommes (à 74%) dont le ménage est plutôt aisé (39% de ménages aisés), 27% sont ouvriers, 19% employés, contre 16 % de catégories intermédiaires et 10% de cadres (vérifier %). Ils sont légèrement sur-représentés en milieu rural.

L'usage de la VP apparaît indispensable lorsque les lieux de travail sont variables et 48% appartiennent à un ménage bi-motorisé (seuls 8% font partie d'un ménage non motorisé), 87% accèdent au volant au quotidien.

* 8,3% dont le lieu de travail est le domicile,

Distance domicile-travail : 0,2 ; distance parcourue 1 jour de semaine = 21,0 ; distance 7 j = 150,0

On compte parmi eux 70 % des non-salariés (ce sont des agriculteurs, des artisans-commerçants) et 18% d'employés (dont vraisemblablement nombre de nourrices et garde d'enfants). Ce sont autant des femmes que des hommes, plutôt des bas revenus (37%) nettement sur-représentés en dehors des aires urbaines (60%) et dans les communes peu denses (53%, moins de 100 habitants / km², 16% entre 100 et 500 hab/km²), et pourtant ils ne sont « que » 36% à disposer de deux VP ou plus dans leur ménage (8% n'en ont aucune). 80% accèdent au volant au quotidien.

* 0,8% qui ont un lieu de travail fixe en dehors du domicile,... mais ne sont pas au domicile habituellement.

Distance domicile-travail : 112,8 ; distance parcourue 1 jour de semaine = 32,0 ;
distance 7 j = 245,2

Sur ces 80% d'actifs les plus stables, l'analyse à plat des variables explicatives donne les résultats suivants (Tableau) :

Tableau 80 : Composition et caractéristiques de mobilité des actifs « durcis »

	% chez les actifs « durcis » (sur Fichier PersonA)			Distance domicile-travail (sur Fichier PersonA)			Distance 1 jour en local (sur Fichier PersonA)			Distance 7 jours en local (sur Fichier PersonA)		
	1982	1994	Écart	1982	1994	evol %	1982	1994	evol %	1982	1994	evol %
Ensemble	100	100	0	8,9	13,3	+49	26,7	33,2	+24	190	226	+19
Genre												
H	61,2	55,3	-6	10,1	15,8	+56	31,2	36,7	+18	216	248	+15
F	38,8	44,7	+6	7,1	10,3	+46	20,1	28,9	+44	149	198	+33
Revenu par uc												
Bas	31,1	17,8	-14	8,3	13,1	+58	25,2	27,0	7	180	181	0
Moyen	33,2	36,9	+5	8,7	12,3	+41	27,1	34,7	+28	189	240	+27
Haut	35,7	45,3	+9	10,3	14,2	+38	28,4	34,7	+22	195	232	+19
PCS												
Employés	29,2	31,3	+2	7,8	11,3	+44	23,7	26,6	+12	171	188	+10
Ouvriers	37,6	27,9	-10	8,1	14,2	+77	24,6	33,1	+35	178	228	+28
Professions intermédiaires	18,6	22,5	-1	9,5	13,7	+45	30,3	37,5	+24	216	252	+17
Cadres	9,9	13,4	+3	15,6	18,4	+18	40,1	40,5	+1	259	259	0
Non salariés (artis-commerçants, agric., patrons...)	4,7	5,0	+1	5,6	7,6	+37	24,2	39,2	+62	176	259	+48
Temps plein / partiel												
Temps plein	94,4	86,1	-8	9,2	13,9	+52	27,5	34,3	+25	194	233	+20
Temps partiel	5,6	13,9	+8	4,1	9,7	+139	16,8	26,2	+56	124	179	+44
Age												
<25 ans	16,7	12,5	-4	8,2	11,6	+42	27,3	33,7	+23	208	235	+13
25-34 ans	30,5	28,1	-2	9,8	13,7	+40	29,0	33,7	+16	204	231	+13
35-49 ans	34,2	44,5	+10	9,0	14,7	+64	27,0	34,8	+29	187	233	+25
50-64 ans	18,5	14,9	-4	7,9	9,9	+26	23,6	27,1	+15	160	189	+18

Age, chez les hommes												
<25 ans	15,4	11,5	-4	7,0	12,0	+71	29	36,0	+24	219	255	+16
25-34 ans	31,0	27,9	-3	11,3	15,8	+40	32	37,7	+18	224	257	+15
35-49 ans	34,3	45,4	+11	10,5	18,3	+73	32,7	38,2	+17	222	254	+14
50-64 ans	19,4	15,3	-4	9,8	11,4	+16	29,2	31,0	+6	195	210	+8
Age, chez les femmes												
<25 ans	18,9	13,7	-5	9,7	11,3	+16	24,6	31,3	+27	194	217	+12
25-34 ans	29,8	28,5	-1	7,5	11,3	+52	23,5	28,8	+23	171	199	+16
35-49 ans	34,1	43,4	+9	6,4	10,1	+57	17,9	30,4	+70	130	205	+57
50-64 ans	17,2	14,4	-3	4,4	8,0	+82	13	22,1	+70	96	161	+67
Nombre de b VP à disposition dans le ménage												
0 VP	13,2	8,5	-5	5,8	7,2	+25	18,3	17,9	-3	118	122	+3
1 VP	54,6	44,1	-10	8,8	12,0	+36	26,6	30,7	+15	191	210	+10
2 VP et plus	32,2	47,4	+15	10,3	15,7	+53	30,8	38,3	+24	217	258	+19
Distance au centre de l'aire urbaine 90												
Inf 5 km	34,2	31,9	-3	6,4	10,0	+55	22,6	26,9	+19	164	191	+16
5-15 km	22,7	26,2	+10	10,0	12,7	+27	28,6	31,9	+12	198	214	+8
>=15 km	11,4	13,1	+17	14,5	23,3	+55	36,5	44,9	+23	237	288	+21
Rural (hors AU)	31,6	28,7	-3	8,5	13,2	+54	26,8	36,1	+35	195	246	+26
Nouvelle Distance au centre de l'aire urbaine 90												
Commune-centre d'AU				6,4	10,0	+56	22,4	26,2	+17	164	189	+16
>0 km, <=10 km du centre de l'AU				7,9	10,6	+34	26,2	29,9	+14	191	203	+6
>=10 km				13,6	20,1	+48	32,5	40,4	+24	213	262	+23
Rural (hors AU)	31,6	28,7	-3	8,5	13,2	+54	26,8	36,1	+35	195	246	+26
Taille de l'aire urbaine												
Rural (= communes hors aires urbaines)	31,6	28,7	-3	8,5	13,2	+54	26,8	36,1	+35	202	246	+22
Aire Urbaine de 0 à 100 000 habitants	17,3	16,5	-1	6,3	11,8	+88	24,7	32,2	+30	196	221	+13
A.U. de 100 000 à 300 000 habitants	13,0	15,9	+3	7,8	10,2	+31	25,1	30,3	+21	181	212	+17
A.U. de plus de 300 000 habitants	21,1	21,4	-	8,7	15,8	+81	26,3	31,7	+21	188	215	+15
A.U de Paris Ile-de-France	16,9	17,5	+1	13,2	14,9	+13	31,4	34,0	+8	182	221	+21

Densité commue de résidence 82/ 90 (hors rural)												
< 100 habitants au km2	7,2	19,0	+12	13,8	15,3	+11	35,2	44,2	+26	246	296	+20
100- 500	17,2	23,6	+6	7,7	15,4	+100	25,7	36,2	+41	190	241	+27
500 – 3000	41,6	30,0	-12	8,5	13,3	+55	27,0	30,8	+14	189	213	+13
3000 – 5000	20,8	12,0	-9	9,7	10,8	+11	27,5	30,0	+9	171	185	+8
> 5000	13,1	15,4	+2	8,6	9,8	+15	23,0	22,1	-1	151	152	+1
Nouvelle Densité commue de résidence 82/ 90 (hors rural)												
< 100 habitants au km2	7,2	19,0	+12	13,8	15,3	+11	35,2	44,2	+26	246	296	+20
100- 500	17,2	23,6	+6	7,7	15,4	+100	25,7	36,2	+41	190	241	+27
500 – 2000				9,0	10,8	+21	26,9	30,9	+15	182	210	+15
2000 – 5000				9,8	9,8	+1	24,5	22,1	-10	161	152	-5
> 5000	13,1	15,4	+2	8,6	9,8	+15	23,0	22,1	-1	151	152	+1

Table des matières

Introduction	1
1 Modélisation du parc de logements et de ses usages énergétiques	4
1.1 Le modèle de parc de logements	4
1.1.1 Données et hypothèses : la population et les conditions de logement	4
1.1.1.1 La population.....	4
1.1.1.2 Les conditions de logement	5
1.1.1.3 Une donnée stabilisée en construction neuve : la surface de la maison individuelle.....	10
1.1.1.4 Evolution tendancielle : la part de la maison individuelle.....	11
1.1.2 Données et hypothèses : les mouvements dans le parc	11
1.1.2.1 La construction neuve et les sorties du parc	11
1.1.2.2 L'érosion du stock	12
1.1.2.3 Le taux de renouvellement du parc.....	13
1.1.3 Le modèle prospectif du parc de résidences principales	14
1.1.3.1 La recherche du modèle.....	14
1.1.3.2 La structure du modèle pour la construction neuve.....	15
1.1.3.3 Quelques enseignements du modèle : taux de sortie et répartition MI/IC	17
1.1.4 Le modèle de logement et la localisation	19
1.2 Les usages énergétiques du secteur résidentiel.....	21
1.2.1 Les consommations totales du secteur résidentiel.....	21
1.2.1.1 Les consommations d'énergie de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire.....	21
1.2.1.2 Les parts de marché des différentes énergies	23
1.2.2 Le chauffage	25
1.2.2.1 Le couplage du modèle de parc et des consommations d'énergie de chauffage.....	25
1.2.2.2 Modélisation du parc existant.....	26
1.2.2.3 Scénarios de réhabilitation du stock	27
1.2.3 L'eau chaude sanitaire (ECS).....	28
1.2.3.1 La recherche du modèle.....	28
1.2.3.2 L'estimation des besoins unitaires théoriques en 1999-2000	29
1.2.3.3 L'estimation des besoins unitaires satisfaits en 1999-2000.....	30
1.2.3.4 Les hypothèses d'évolution prospective.....	31
1.2.3.5 Les leviers	33
1.2.3.6 La dynamique du modèle	34
2 Modélisation des comportements de déplacements	36
2.1 La mobilité locale : une typologie explicative pour la prospective	38
2.1.1 Les scolaires	39
2.1.1.1 Rétrospective.....	39
a) Description selon quelques variables essentielles.....	40
b) Analyse désagrégée de la mobilité locale en 1993-94	49
c) Analyse désagrégée de la mobilité locale en 1981-82	56
d) Comparaison des modèles calés en 1993-94 et 1981-82	59
2.1.1.2 Enjeux prospectifs et modèle de projection.....	60
a) Quelques enjeux prospectifs	60
b) Le modèle de projection	60
2.1.2 Les actifs	62
2.1.2.1 Analyse rétrospective : le spatial, l'accès au volant et le genre.....	63
a) Première exploration : régressions sur l'ensemble du territoire.....	64

b) Seconde exploration : régressions de la distance tous modes sur les aires urbaines.....	68
c) Trois lieux de vie contrastés	71
d) Distances parcourues et situation de la résidence : les zones rurales / périurbaines se singularisent	73
2.1.2.2 Actifs : quels enjeux prospectifs ?.....	77
a) Un groupe qui demeurera prépondérant dans les km parcourus	77
b) Féminisation ralentie de la population active	78
c) Vieillesse de la population active	78
d) Poursuite de la tertiarisation des emplois.....	79
e) Desserrement des ensembles urbains.....	79
f) Individualisation croissante de l'usage de l'automobile.....	80
2.1.3 Chômeurs, femmes au foyer, étudiants	81
2.1.3.1 Rétrospective : estimations.....	81
2.1.3.2 Enjeux prospectifs	83
2.1.4 Les retraités	84
2.1.4.1 Analyse rétrospective : la dimension spatiale moins déterminante que les caractéristiques individuelles.....	85
a) Régressions sur l'ensemble du territoire.....	85
b) Régression restreinte aux aires urbaines.....	89
c) Décomposition de la population retraitée	90
2.1.4.2 Retraités : enjeux prospectifs.....	93
a) Une importance démographique croissante	93
b) Des changements de composition en cours, et à venir.....	95
2.2 Le modèle de mobilité avion.....	100
2.2.1 Les données	102
2.2.1.1 Les motifs de voyage retenus	102
2.2.1.2 Les variables d'offre	103
2.2.1.3 Les variables de caractéristiques individuelles.....	105
2.2.2 Modèle de Poisson sur données de panel	106
2.2.2.1 Modèle de Poisson.....	106
2.2.2.2 Prise en compte de l'hétérogénéité individuelle.....	107
2.2.2.3 Le modèle de Poisson sur données de panel.....	107
2.2.3 Estimation et résultats	110
2.2.3.1 Spécificités de l'équation estimée et résultats préliminaires	110
2.2.3.2 Résultats	113
2.2.4 Conclusion.....	115
3 Le modèle de densités communales	117
3.1 Le modèle standard de l'économie urbaine	117
3.1.1 Equilibre	117
3.1.2 Variables explicatives des configurations urbaines	118
3.1.2.1 Les coûts de transport.....	118
3.1.2.2 Effets d'une augmentation des revenus.....	118
3.1.2.3 Effets de la démographie	118
3.1.2.4 Les aménités	118
3.2 Recherche du modèle de densité	119
3.2.1 Les données	119
3.2.2 Les hypothèses	119
3.2.2.1 Hypothèse de vitesse (Km/h) ETC	119
3.2.2.2 Coût du véhicule.....	120
3.2.3 Le modèle économétrique	120
3.3 Le modèle prospectif	122
Références	123

Annexes..... 127