



HAL
open science

Empreinte écologique liée à la mobilité locale : application aux quartiers Mas du taureau-Prè de l'Herpe

Louafi Bouzouina, Jean-Pierre Nicolas

► To cite this version:

Louafi Bouzouina, Jean-Pierre Nicolas. Empreinte écologique liée à la mobilité locale : application aux quartiers Mas du taureau-Prè de l'Herpe. 2007. halshs-00285995

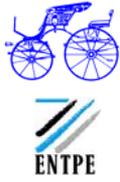
HAL Id: halshs-00285995

<https://shs.hal.science/halshs-00285995>

Submitted on 13 Jun 2008

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.



Rapport du Laboratoire d'Économie des Transports
Unité Mixte de Recherche, CNRS, ENTPE, Université Lumière Lyon 2

Pour le compte de la Mission Ecologie du Grand Lyon

Empreinte Ecologique liée à la mobilité locale application aux quartiers Mas du Taureau-Pré de l'Herpe

Septembre 2007

Auteurs : Louafi Bouzouina
Jean-Pierre Nicolas (responsable de l'étude)

SOMMAIRE

1. CONTEXTE : CALCULER L’EVOLUTION DE L’EMPREINTE ECOLOGIQUE AVANT ET APRES LA REHABILITATION DE QUARTIERS SOCIAUX A VAULX-EN-VELIN	3
2. PROBLEMATIQUE : A QUELLE ECHELLE GEOGRAPHIQUE L’EMPREINTE MOBILITE EST ELLE PERTINENTE POUR RENDRE COMPTE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX D’UN PROJET DE QUARTIER ?	5
3. UNE METHODOLOGIE DE MESURE DE L’EMPREINTE MOBILITE	7
3.1. L’empreinte écologique et son application dans le domaine des transports	7
3.2. Mesurer les mobilités à partir des dernières enquêtes ménages déplacements lyonnaises	12
3.3. Analyse de la mobilité quotidienne des Vaudais via celle des habitants des quartiers polarisés	14
4. CALCUL DE L’EMPREINTE MOBILITE AVANT ET APRES PROJET	17
4.1. L’empreinte mobilité actuelle	17
4.2. Scenarii de relocalisations résidentielles suivant un objectif de mixité sociale	18
5. EN GUISE DE CONCLUSION	20
BIBLIOGRAPHIE	23

1. Contexte : calculer l’évolution de l’empreinte écologique avant et après la réhabilitation de quartiers sociaux à Vaulx-en-Velin

La mission Ecologie du Grand Lyon s’interroge sur l’intérêt de l’Empreinte Ecologique comme indicateur pertinent pour mesurer les impacts environnementaux des projets locaux d’urbanisme.

Ainsi, lors de la réhabilitation du quartier de la Grappinière à Vaulx-en-Velin, un projet pilote avait permis de développer une procédure informatisée de calcul de cette empreinte écologique. Aujourd’hui, il est projeté de réaménager profondément les quartiers du Mas du Taureau et du Pré de l’Herpe, d’une part en refondant le bâti (destruction des immeubles actuels pour les remplacer par un habitat moins haut, de type semi collectif) et d’autre part en favorisant une plus grande mixité sociale (politique d’accès à la propriété, redistribution d’une part des logements sociaux de ces quartiers vers le reste du territoire lyonnais).

Ce réaménagement urbain est l’occasion de mettre en œuvre l’outil de calcul de l’empreinte sur un quartier et de tester véritablement son intérêt pour évaluer ce type de projets urbains.

Dans ce cadre, le Laboratoire d’Economie des Transports est en charge de calculer l’empreinte écologique liée à la mobilité locale (*cad* réalisée au sein de l’agglomération lyonnaise) des résidents de ces deux quartiers, avant et après projet.

Par ailleurs, les calculs seront également l’occasion de revenir sur la pertinence de l’indicateur « empreinte écologique » lorsqu’il sert à évaluer les impacts environnementaux des mobilités induites par un projet de réhabilitation urbaine : quels sont les impacts qui se trouvent mis en avant par l’indicateur, quels sont ceux qui ne sont pas pris en compte, quelle est l’échelle territoriale pertinente pour cette représentation ?

Les principales conclusions de ce rapport, établies à partir d’une exploitation de l’enquête ménages déplacements réalisée sur l’agglomération lyonnaise en 1995, peuvent d’ores et déjà être proposées au lecteur :

- ✓ L’empreinte mobilité locale augmente avec le revenu du ménage et l’éloignement du centre (en lien avec la croissance du taux de motorisation et des distances parcourues quotidiennement) à l’échelle de l’agglomération.

Tableau 1. Le lien entre l’empreinte mobilité quotidienne et le revenu des ménages

Quintiles de revenu	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Moyenne
Empreinte mobilité locale (hag/an/pers)	0,20	0,30	0,33	0,43	0,44	0,34

Tableau 2. Le lien entre l’empreinte mobilité quotidienne et la localisation résidentielle

Localisation résidentielle	Lyon - Villeurbanne	1 ^{ère} couronne	2 ^{ème} couronne	Moyenne
Empreinte mobilité locale (hag/an/pers)	0,25	0,35	0,47	0,34

- ✓ En conséquence, l’empreinte mobilité des résidents du quartier vaudais est beaucoup moins importante que l’empreinte moyenne des habitants de l’agglomération lyonnaise ou de la 1^{ère} couronne (leur empreinte moyenne est de 0,24 hag contre 0,35 hag pour les habitants de 1^{ère} couronne).

- ✓ A l'échelle du quartier, la recherche d'une meilleure mixité sociale au sein des quartiers vaudais, en attirant des populations moyennes et aisées, conduit à une augmentation de l'empreinte mobilité locale par habitant : elle passerait ainsi de 0,24 hag à 0,34 hag par an et par personne.
- ✓ Cependant, les impacts du projet dépassent ce cadre puisqu'ils jouent sur l'évolution de la mobilité des nouveaux arrivants (qui va varier différemment selon leur zone de provenance) comme sur celle des habitants quittant le quartier (qui va également varier différemment selon la nouvelle zone de résidence). Ainsi, suivant les migrations résidentielles générées par le projet, l'empreinte mobilité de l'ensemble des populations concernées peut baisser (cas d'une reconcentration des populations) comme elle peut augmenter (cas d'une migration tournée vers l'étalement urbain). Dans le cas d'une reconcentration, l'empreinte mobilité locale du groupe impacté pourrait ainsi passer de 0,38 à 0,30 hag/pers/an (soit -20%). Dans le cas d'un étalement, elle pourrait augmenter de 0,24 à 0,38 hag (soit +60%).

Le présent rapport fournit le cadre du travail au sein duquel ces résultats ont été produits.

Une première partie précise la problématique de l'étude et débouche sur la méthodologie utilisée pour calculer l'empreinte écologique de la mobilité locale des Lyonnais, des habitants actuels des quartiers du Mas du Taureau et du Pré de l'Herpe, ainsi que des habitants nouvellement installés après projet. Enfin, la dernière partie détaille les résultats et fait le point sur l'empreinte mobilité locale actuelle au sein des quartiers vaudais et sur les impacts potentiels du projet en fonction des hypothèses de migrations résidentielles générées.

2. Problématique : à quelle échelle géographique l’empreinte mobilité est elle pertinente pour rendre compte des impacts environnementaux d’un projet de quartier ?

De précédents travaux nous ont permis de montrer que l’empreinte mobilité est fortement dépendante des distances parcourues en voiture particulière. Elle dépend donc d’une part du niveau de vie et de l’accès à l’automobile et d’autre part de la localisation de la population considérée (Leduc, 2005 ; Nicolas et al., 2006).

Par ailleurs, trois niveaux de territoire seront distingués pour mieux mettre en évidence l’impact du projet sur l’empreinte mobilité :

- ✓ Le niveau du quartier, où se réalisent les *mobilités de proximité*, correspond à l’échelle du projet proprement dite. Son impact sur l’environnement et le cadre de vie peut être profond. Les mobilités de proximité pourront également être fortement modifiées, avec des cheminements différents, et éventuellement les modes doux comme la marche à pied et le vélo favorisés.
- ✓ L’espace de la *mobilité quotidienne*, que nous assimilerons à l’aire de l’agglomération lyonnaise. C’est à ce niveau que vont s’opérer les échanges résidentiels entre les populations venant s’installer et celles quittant le quartier. Selon les niveaux de vie et les changements de localisation impliqués, on pourra avoir un solde positif ou négatif des distances parcourues en automobile.
- ✓ Un niveau plus large, enfin, renvoie aux *mobilités à longue distance*. L’enjeu de cette échelle est considérable puisqu’elle représentait déjà 50% des émissions de CO₂ en 1994 (Raux et al., 2005) et que c’est à ce niveau que les distances parcourues ont le plus augmenté depuis. Par contre, il reste peu affecté par les localisations résidentielles et un projet de quartier ne devrait pas avoir de conséquence ici.

L’évaluation du projet devrait donc être établie sur l’évolution des déplacements locaux, réalisés à l’échelle du quartier, sur l’évolution des mobilités quotidiennes réalisées à l’échelle de l’agglomération par l’ensemble de la population résidente des deux quartiers vaudais concernés, et sur l’évolution de leurs déplacements à longue distance. Comme l’empreinte mobilité dépend d’abord des distances parcourues, ce seront sans doute d’abord les changements résidentiels qui auront un impact sur les niveaux d’empreinte estimés (plus que les changements dans les mobilités intraquartier). Comme les comportements de déplacement à longue distance ne sont guère affectés par la localisation à l’intérieur d’une agglomération (affirmation moins vraie si on inclut la grande périphérie urbaine), on peut dès lors supposer que ce sont les mobilités de l’espace quotidien qui seront le plus touchées par un projet d’urbanisme accompagné d’une volonté de renouvellement de la population et de mixité sociale. Il s’agira bien sûr de conforter cette première assertion en montrant notamment le poids relatif des déplacements de proximité dans l’empreinte mobilité (en 1995, sur l’agglomération lyonnaise, les déplacements de moins de 1 km représentaient 34% des déplacements mais seulement 4% des distances parcourues par l’ensemble de la population résidente).

L’enjeu de l’évaluation reposant essentiellement sur les mouvements résidentiels impliqués par le projet, nous proposons de tester différents scénarios, fonction de la provenance des

nouveaux résidents et de leurs niveau de vie et de la destination des populations modestes qui quitteront les quartiers concernés.

Dans l'objectif d'atteindre une mixité sociale au niveau du quartier (la même distribution des revenus des ménages de l'ensemble de l'aire urbaine), les scénarios envisagés sont les suivants :

Médian : Les personnes à revenu modeste quittant les quartiers testés s'établissent en 1^{ère} couronne ; les nouveaux résidents proviennent de 1^{ère} couronne

Bas : Les personnes à revenu modeste quittant les quartiers testés s'établissent dans le centre ; les nouveaux résidents proviennent de 2^{ème} couronne

Haut : Les personnes à revenu modeste quittant les quartiers testés s'établissent en 2^{ème} couronne ; les nouveaux résidents proviennent du centre

Sans prétendre fournir de mesure exacte de l'impact du projet urbain sur les empreintes mobilités, ces calculs permettront d'évaluer la sensibilité de l'empreinte aux relocalisations des groupes de populations. Les deux échelles d'observation du niveau de l'empreinte écologique liée à la mobilité sont finalement les quartiers concernés par la réhabilitation et l'ensemble de l'agglomération lyonnaise.

3. Une méthodologie de mesure de l’empreinte mobilité

3.1. L’empreinte écologique et son application dans le domaine des transports

« L’empreinte écologique est la surface correspondante de terre productive et d’écosystèmes aquatiques nécessaires à produire les ressources utilisées et à assimiler les déchets produits par une population définie à un niveau de vie matériel spécifié, là où cette terre se trouve sur la planète » (Rees, Wackernagel, 1999). Cet indicateur global de développement durable a été conçu pour être facilement compréhensible par le grand public et qui est aujourd’hui largement utilisé par de nombreuses institutions, ONG militantes comme le WWF¹, ou plus ancrées dans l’action publique locale comme beaucoup d’agglomérations dans le cadre de leur communication autour de leur agenda 21 (voir à ce titre l’exemple de l’observatoire de l’environnement du Grand Lyon, 2004).

Cela dit, entre cette définition générale et les résultats auxquels elle aboutit, se place une procédure de calcul avec sa méthodologie particulière et ses nécessaires hypothèses simplificatrices (Monfreda et *alii*, 2004). Cette partie présente le principe général de la démarche avant d’exposer plus précisément les contingences liées au secteur des transports.

3.1.1. Le calcul de l’empreinte écologique, ou la conversion des consommations humaines en superficies équivalentes

L’entité humaine considérée (monde, pays, ville, individu, etc.) est assimilée à un organisme vivant, qui consomme des ressources et rejette des déchets pour vivre. Le calcul de l’empreinte écologique consiste à définir la surface théorique de sol nécessaire pour produire ces biens et services consommés et pour assimiler l’ensemble des déchets résultants.

Tout d’abord, les activités sont distinguées en quatre grandes fonctions de consommation à partir desquelles ressources et déchets vont pouvoir être estimés : l’alimentation, le logement, le transport et les biens de consommations et services.

Ensuite, l’ensemble des données de consommation et de production de polluants et de déchets est transformé en surface, selon différentes catégories de sols. Ces surfaces dites « productives » sont les terres arables, les pâturages, les forêts, les mers et les océans, mais également les terres construites. Une dernière catégorie, le sol énergétique, est prise en compte afin d’appréhender la consommation d’énergie, qui s’appuie fortement aujourd’hui sur l’emploi de ressources fossiles non renouvelables. Leur emploi massif sur une courte période (l’ère industrielle) introduit dans l’atmosphère une quantité importante de carbone stockée au cours de très longues durées sous forme de charbon ou de pétrole, modifiant ainsi l’équilibre de ce cycle avec des conséquences potentielles au niveau de l’augmentation de l’effet de serre et des équilibres climatiques correspondants.

¹ http://www.wwf.fr/empreinte_ecologique

Tableau 3. Type de sol et catégorie de consommation

	<i>Sol énergétique</i>	<i>Sol dégradé</i>	<i>Terres arables</i>	<i>Pâturages</i>	<i>Forêts</i>	<i>Espace marin</i>
<i>Aliments</i>	Carburant des tracteurs, des camions de transport, énergie utilisée par l'industrie agro-alimentaire, chaîne du froid, etc.	Emprise des bâtiments agricoles, des industries agro-alimentaires, des magasins alimentaires	Surfaces cultivées pour les légumes, les céréales, les fruits, etc.	Viande, lait...		Poissons, crustacés, coquillages...
<i>Logement</i>	Energie nécessaire à la construction, au chauffage, à l'éclairage, etc.	Emprise des bâtiments d'habitation			Bois des charpentes, des menuiseries	
<i>Transport</i>	Carburants, construction et entretien des véhicules	Emprise des infrastructures routières				
<i>Biens de consommations et services</i>	Energie nécessaire à l'extraction des matières premières, à leur transformation, au transport, au fonctionnement des locaux, etc.	Emprise des carrières, des entreprises, des bureaux, etc.	Coton, lin, matières premières végétales	Laine, cuir, etc.	Bois	

Source : WWF, 2002

Chaque surface est pondérée proportionnellement à sa production annuelle de biomasse utilisable, puis comparée à la moyenne pour être traduite en nombre d'hectares productifs moyens (appelés "hectares globaux").

Cette conversion se fait en deux temps. Tout d'abord, des "facteurs d'équivalence", établis par une communauté scientifique au sein du Global Footprint Network, fournissent une productivité moyenne pour chaque type de sol par rapport à la productivité globale moyenne. Ainsi, pour un facteur global de 1, les facteurs d'équivalence des différents sols sont indiqués ci-dessous, permettant de prendre en compte la biocapacité spécifique de chaque type de sol.

Tableau 4. Facteurs d'équivalence des différents sols par rapport à la productivité moyenne globale (2001)

	Sol énergétique	Sol dégradé	Terres arables :			Pâturages	Forêts	Espaces marins
			<i>primaires</i>	<i>marginales</i>	<i>non cultivées</i>			
Facteurs d'équivalence	1,36	2,19	2,19	1,78	2,19	0,48	1,36	0,36

Source : Global Footprint Network, 2004

Ensuite, des "facteurs de rendement" expriment les différences nationales de productivité de chaque type de sol par rapport à la moyenne globale du type. Le facteur de rendement d'un type de sol est égal à 1 au niveau mondial et son rendement spécifique dans un pays donné (lié au climat, aux caractéristiques du sol en cet endroit du globe, etc.) est exprimé à travers ce ratio.

Tableau 5. Facteurs de rendement des différents sols par pays (2001)

	Terres arables primaires	Forêts	Pâturages	Pêcheries marines
<i>Rendement mondial moyen</i>	1,0	1,0	1,0	1,0
Algérie	0,5	0,1	0,7	0,7
Guatemala	1,0	1,4	2,9	0,2
Hongrie	1,5	2,9	1,9	1,0
Japon	1,6	1,6	2,2	1,4
Jordanie	0,9	0,0	0,4	0,7
Laos	0,8	0,2	2,7	1,0
Nouvelle-Zélande	1,8	2,4	2,5	0,2

Source : WWF, 2004

Ainsi, même si les différentes surfaces ont des usages exclusifs avec des rendements variés, chaque hectare global représentant la même proportion de production potentielle de biomasse pour une année donnée, ils peuvent s’additionner. Les apports de la nature se trouvent donc exprimés en hectares globaux de capacité biologique (ou bio-capacité), et peuvent dès lors être directement comparés entre eux.

En face de cette production biologique, qui peut être assimilée aux fruits du capital naturel (Rees, Wackernagel, 1999), peuvent être calculées les surfaces nécessaires aux consommations et rejets humains : c’est l’empreinte écologique des activités humaines.

Avec cette unité de mesure, l’empreinte écologique peut être établie au niveau global de la planète : elle correspond alors à la surface théoriquement nécessaire pour que les activités humaines de la période considérée puissent se perpétuer sans affecter le capital naturel. Elle peut également être désagrégée au niveau des nations, par type d’activité ou par personne selon son mode de vie. Cette grande souplesse de l’outil fournit matière à un grand nombre de comparaisons et d’analyses possibles qui, en plus de sa capacité de synthèse des impacts environnementaux, permet de comprendre le succès qu’il rencontre.

En soi, la méthode de calcul est simple, mais l’intervention d’un nombre important de données la rend longue et complexe.

Les coefficients utilisés simplifient nécessairement les calculs. Pour limiter les controverses sur les résultats, ils sont établis de manière à sous-estimer systématiquement la demande humaine sur la nature et à surestimer la capacité biologique disponible :

- ✓ l’agriculture est considérée comme durable, or ce n’est généralement pas le cas car les terres arables, par exemple, se dégradent 10 fois plus vite qu’elles ne peuvent se régénérer. Cela n’est pas pris en compte dans les calculs ;
- ✓ certains services de la nature utilisés par l’homme sont difficilement chiffrables et ne sont donc pas pris en compte : c’est le cas de la contamination du sol et les autres formes de pollution (y compris la réduction de la couche d’ozone) ;
- ✓ les doubles comptes sont évités dans le cas où la même superficie fournit simultanément deux services. La structuration rigoureuse des données a pour but d’éviter les redondances, par exemple le calcul de l’énergie d’un bien inclut sa fabrication, son transport et son élimination ;
- ✓ pour l’eau, le calcul est délicat car si l’empreinte écologique mesure l’utilisation de ressources nécessaires au consommateur final, elle est utilisée aussi bien pour la consommation que pour la fabrication de biens qui sont exportés. Dans la pratique, c’est l’énergie qui sert à distribuer l’eau qui est prise en compte.

3.1.2. L'empreinte écologique appliquée aux transports

Le calcul de l'empreinte réalisé dans ce travail est limité au secteur des transports et porte sur la mobilité des habitants de l'agglomération lyonnaise et des quartiers sociaux de Vaulx-en-Velin. Le mode de calcul présenté dans la partie précédente s'applique normalement, en distinguant notamment 4 grands paramètres ayant un impact sur l'environnement (Barrett, 2001) :

- ✓ les émissions de CO₂ dues à la combustion de pétrole ;
- ✓ les émissions de CO₂ dues à la fabrication des véhicules ;
- ✓ les émissions de CO₂ dues à l'entretien des véhicules ;
- ✓ l'espace utilisé par les infrastructures routières (routes, parkings...).

La forte prédominance du sol énergétique peut d'ores et déjà être soulignée pour cette catégorie de consommation, et nécessite de préciser les hypothèses qui président au calcul de ce type de sol. Nous verrons ensuite comment les niveaux d'émissions de CO₂ ont été établis, tant ceux liés aux consommations de carburants que ceux liés à la fabrication et à l'usage des véhicules. Enfin, un paragraphe précisera le calcul des surfaces de sol dégradé lié aux infrastructures.

➤ *Energie fossile, émissions de CO₂ et superficie équivalente*

Plusieurs méthodes concurrentes sont proposées pour estimer l'empreinte de l'énergie fossile consommée ou des émissions de CO₂ afférentes (Rees, Wackernagel, 1999).

La première part du principe qu'une économie durable requiert une provision d'énergie durable et ne devrait pas dépendre d'un capital fossile épuisable. Dans cette logique, la consommation d'énergie fossile est rapportée à la surface nécessaire pour cultiver la quantité d'éthanol apportant la même quantité nette d'énergie. La seconde s'intéresse à la quantité de sol requis pour reconstruire le capital naturel au même rythme que le combustible fossile consommé. Ce sont des hectares de forêt moyenne qui sont alors considérés. La troisième enfin, s'intéresse à l'autre bout de la chaîne et s'appuie sur l'idée que le carbone fossile, sous forme de CO₂, ne doit pas s'accumuler dans l'atmosphère pour éviter de renforcer l'effet de serre naturel. Cette méthode demande de calculer la quantité de sol nécessaire pour absorber le CO₂ fossile émis dans l'atmosphère.

C'est cette dernière méthode, minimisant les résultats, qui sert aujourd'hui de référence dans les bilans sur les empreintes écologiques. Il convient dès lors de connaître la capacité d'une forêt à séquestrer le carbone du CO₂ (1 ha de forêt capte en moyenne 1,42 tonnes de carbone par an, soit 5,2 t de CO₂), et d'établir le rendement moyen d'une forêt par rapport aux autres types de sols, soit 1,36 comme indiqué dans le tableau 2 (Wackernagel, Rees, 1999)

Cette procédure conduit à l'estimation d'un taux de séquestration du CO₂ de l'ordre de 1 tonne pour 0,2588 hectares globaux (cf. Barrett et *alii*, 2003).

➤ *Emissions de CO₂ liées aux circulations*

Les calculs d'émissions de CO₂ réalisés reposent sur la méthodologie proposée dans le programme européen MEET (European Communities, 1999). Les choix et hypothèses de calcul précis sont présentés dans Nicolas et *alii* (2001) pour la mobilité quotidienne et dans Raux et *alii* (2005) pour la mobilité à longue distance.

Vu l'impact négligeable du projet de réhabilitation sur cette mobilité à longue distance, notre analyse s'est restreinte à la seule mobilité locale.

Pour l'automobile, MEET fournit des courbes d'émissions en fonction de la vitesse moyenne sur le parcours, de la cylindrée, de l'âge et du type de carburation des véhicules. Les enquêtes utilisées (cf. §3.2.) fournissent directement l'information sur ces deux dernières

caractéristiques. La puissance fiscale des véhicules est précisée, à partir de laquelle, âge et carburation aidant, la cylindrée a pu être inférée selon la méthode proposée par Gallez et Hivert (1998). Par ailleurs, pour les déplacements locaux, distances et vitesses ont été recalculées à partir d’un modèle de trafic ; pour les déplacements longue distance, on connaît la distance parcourue sur les différents réseaux, pour lesquels une vitesse moyenne a été fixée. Enfin, connaissant l’heure de départ et d’arrivée, il était également possible de savoir si le démarrage s’opérait à froid ou non, compte tenu du déplacement précédent. Dans l’affirmative, le calcul du coefficient de surémission proposé dans MEET a été mis en œuvre.

Enfin, les émissions de CO₂ ainsi établies ont été attribuées à la personne enquêtée au prorata du nombre d’occupants du véhicule, qui est également connu dans l’enquête.

Le tableau ci-dessous donne un ordre de grandeur des émissions moyennes de CO₂ et de l’empreinte écologique finalement obtenues par voyageur.kilomètre (Nicolas et *alii*, 2001 ; David, 2005), compte tenu des émissions de chaque mode et des taux de remplissage moyens correspondants (pour 1994, date de référence de l’enquête).

*Tableau 6. Emissions de CO₂ liées aux consommations de carburant et empreinte écologique par mode et par passager*kilomètre*

	CO ₂ g/pass.km	Empreinte écologique en m ² /1000 pass*kilomètre = 10 ⁻⁷ hag/pass*kilomètre
Voiture en ville	177	458
Transports collectifs urbains	59	153
MàP, vélo	0	0

Chiffres établis à partir de l’enquête ménages de Lyon, 1994-95

➤ *Cycle de vie des véhicules et superficie équivalente*

Toute voiture utilisée a bien sûr dû être fabriquée, ce qui a engendré des émissions de gaz à effet de serre, soit pour la production des matériaux utilisés, soit pour leur travail et leur assemblage. Une étude réalisée par Jean-Marc Jancovici pour l’ADEME (2004) montre, en tenant compte du lieu et de la méthode de fabrication des véhicules, que les émissions ajoutées pour la construction automobile *stricto sensu* sont de l’ordre de 350 kg équivalent carbone par véhicule. A cela il faut ajouter les émissions liées à l’emploi de l’énergie dans les secteurs industriels (les équipementiers) et les émissions liées à la fabrication des matériaux utilisés pour construire une voiture.

Ces émissions n’intègrent pas les contributions annexes (émissions liées au réseau de concessionnaire, entretien et réparation des véhicules, des infrastructures, assurances...) qui devraient aussi être réintégrées. Cette contribution est du même ordre de grandeur que celle de la fabrication (Jancovici, 2004). Par ailleurs, la date de référence pour nos calculs étant 1994/95 pour les années à venir, le problème du recyclage des gaz de climatisation n’est pas pris en compte ici. Il n’en irait pas de même pour un parc automobile plus récent.

Enfin, les véhicules sont recyclables à 85%. Le traitement mécanique, constituant le traitement de fin de vie (on "désosse" les carrosseries pour séparer les ferrailles, le plastique, le verre, etc.), représente de très faibles émissions comparé aux processus thermiques mis en jeu dans la fabrication des matériaux. Leur récupération peut même être considérée comme une économie et venir en décompte du bilan : Renault Trucks estime par exemple que le recyclage d’un véhicule permet de diminuer les émissions de CO de 5% dans l’analyse de son cycle de vie. Pour notre part, nous avons considéré que les émissions de carbone liées à la fin de vie des véhicules étaient négligeables vis-à-vis de celles liées à leur fabrication et à leur fonctionnement et nous les avons posées à zéro.

Il ressort de ces diverses estimations qu'une voiture, pesant en moyenne une tonne, engendre des émissions de fabrication qui sont de l'ordre de 1,5 tonnes équivalent carbone, soit 1,5 fois son poids. Compte tenu de la durée de vie des véhicules qui est de l'ordre de 150 000 à 200 000 kilomètres, les émissions de fabrication contribuent alors pour 10±4 g équivalent carbone par kilomètre parcouru, selon le poids du véhicule et le kilométrage total avant mise au rebut.

Ainsi, les émissions de carbone supplémentaires liées à leur fabrication et à leur entretien sont de l'ordre de 30% des émissions liées à leurs circulation (avec des variations suivant la puissance et le poids des véhicules).

Concernant les transports collectifs, la masse de carbone émise pour la construction et l'entretien a été établie au prorata de la masse des différents types de véhicules (autobus, métro). Elle correspond alors à 25% des émissions liées aux passagers.kilomètres.

Pour la marche à pied et le vélo, les émissions ont été mises à zéro.

➤ *La consommation de sol liée aux infrastructures routières*

Dans la méthode classique de l'empreinte écologique, déterminer la surface du sol construit pour les transports revient à calculer l'espace d'infrastructures occupé par personne et par an.

Dans notre cas, l'objectif étant de relever de manière fine l'empreinte des personnes suivant leur mode de vie, les surfaces d'infrastructures ont été ramenées au prorata des trafics par mode et les surfaces des stationnement sur voirie publiques ont été prises en compte (le stationnement en garage a été renvoyé à l'activité logement). On obtient dès lors les résultats ci-dessous pour la mobilité locale des Lyonnais, ramenée ici en fonction de leur zone de résidence, facteur explicatif essentiel des différences.

Tableau 7. Sol construit utilisé pour la mobilité locale des Lyonnais en fonction de leur localisation (hag/10000 hab)

Lieu de résidence	VP	TC	MàP & vélo	Total sol construit
Centre (Lyon-Villeurbanne)	15	0,06	0,03	15
1 ^{ère} couronne	70	0,4	0,02	70
2 ^{ème} couronne	650	1,0	0,24	650
Ensemble	230	0,4	0,09	230

Chiffres établis à partir de l'Enquête-Ménages de Lyon 1994-95

L'empreinte est plus élevée en 2^{ème} couronne où l'automobile est très utilisée et la surface d'infrastructure par habitant plus élevé que dans les autres secteurs.

Au total, le sol construit requis pour la mobilité individuelle apparaît marginal par rapport au sol énergétique lié aux émissions de CO₂.

3.2. Mesurer les mobilités à partir des dernières enquêtes ménages déplacements lyonnaises

A côté des interrogations méthodologiques sur l'indicateur « empreinte écologique » lui-même, l'objectif est de mettre en évidence les facteurs socio-économiques individuels qui peuvent influencer sur les résultats obtenus. Pour cela, deux bases d'enquêtes ont été utilisées. La première correspond à la dernière enquête ménages déplacements menée à Lyon en 1995, qui offre une bonne vision de la mobilité locale quotidienne des Lyonnais. En effet, cette enquête

recueille les détails de tous les déplacements réalisés sur une journée de semaine pour chaque personne interrogée. Les informations disponibles permettent de connaître les modes utilisés et d’estimer les vitesses et les distances parcourues, à partir desquelles les émissions de CO₂ et l’empreinte écologique de chaque déplacement peuvent être calculées. Des réagréations peuvent alors être opérées au niveau que l’on veut, pour recalculer l’empreinte mobilité des résidents de l’agglomération ou par sous-groupes d’individus. Certains résultats apportés par l’enquête transports et communications de 1994 permettent des extrapolations apportant des informations complémentaires en matière de mobilité de week-end.

Le nombre de personnes sondées dans les quartiers sociaux vaudais de l’enquête ménage est insuffisant pour établir des calculs d’empreinte statiquement fiables. Sur le quartier de l’enquête ménage (7801), regroupant l’ensemble des zones du projet de réhabilitation et les six IRIS 2000 de l’INSEE (annexe 1), seulement 43 ménages sont enquêtés (annexe 2-4). Une empreinte mobilité individuelle moyenne sera alors établie sur l’ensemble des résidents des quartiers de la première couronne de l’est lyonnais ayant une structure sociale ainsi qu’une mobilité semblables à celles des habitants des quartiers du Mas du taureau et Pré de l’Herpe. La sélection de ces quartiers est effectuée à partir d’une typologie de polarisation et de mixité sociales des IRIS 2000 de l’aire urbaine lyonnaise sur la distribution des revenus fiscaux des ménages par quintile en 2001. Ces quartiers sont relativement substituables aux quartiers vaudais par rapport aux caractéristiques qui déterminent la motorisation des ménages (Revenu par unité de consommation, localisation résidentielle). Ils correspondent également aux quartiers de la politique de la ville (ZUP de Vaulx-en-Velin, Minguettes à Vénissieux, UC de Bron...) et plus de la moitié de leurs ménages appartient au premier quintile de l’aire urbaine. L’ensemble du travail permettant de définir et de tester la cohérence de notre choix méthodologique concernant les quartiers sélectionnés et les données utilisées est disponible en (annexe 2). L’empreinte mobilité calculée sur ces quartiers servira de base pour les quartiers vaudais et permettra d’établir le scénario de référence.

Une première prospective pourra être établie très rapidement à partir des données de l’enquête ménages de 1995, déjà en grande partie traitée pour permettre des calculs d’empreinte mobilité. Elle fournira des ordres de grandeur et permettra de mieux situer les enjeux et des aires de pertinences de l’empreinte mobilité. Pour ce travail exploratoire, et suivant un objectif de mixité sociale, on envisagera que :

- ✓ les nouvelles populations venant s’installer dans les quartiers du Mas du Taureau et du Pré de l’Herpe doivent garantir une distribution des revenus semblable à celle de l’ensemble de l’agglomération lyonnaise, à savoir un pourcentage de 20% pour chaque quintile. Vu la surreprésentation des populations appartenant au premier quintile contrairement à celles des quintiles moyen et supérieurs (annexe 2-3), les populations qui arrivent seront donc de revenu moyen, élevé et très élevé. Elles remplaceront les populations sortantes appartenant au premier quintile. Ces populations entrantes proviendront de différentes zones de l’agglomération selon les scénarios (ville centre = Lyon et Villeurbanne, 1^{ère} couronne, 2^{ème} couronne) ; leur ancienne empreinte sera déduite de leur zone de provenance et leur nouvelle empreinte correspondra à l’empreinte moyenne des personnes de la même classe de revenu des résidents de la 1^{ère} couronne. Ce calcul correspond à un objectif de parfaite mixité sociale selon une structure par quintile de revenu et suit différents scénarii de mobilité résidentielle. Il pourra être remplacé par une estimation plus précise si les populations entrantes et sortantes sont connues. Cela suppose une estimation du profil des populations cibles à travers les caractéristiques des logements proposés suite à la réhabilitation du quartier.

- ✓ les personnes de revenu modeste quittant les quartiers vaudais pour aller résider ailleurs dans l'agglomération auront les comportements de mobilité (et l'empreinte) des population de même niveau de revenu résidant déjà dans ce type de zone.

Quinze empreintes mobilité individuelles moyennes seront donc calculées au niveau de l'agglomération lyonnaise, selon le lieu de résidence (centre, 1^{ère} périphérie, 2^{ème} périphérie) et les cinq quintiles de revenu par unité de consommation. Une empreinte moyenne sera également calculée sur l'ensemble de la population lyonnaise.

A l'échelle des quartiers sélectionnés pour se substituer aux quartiers vaudais et qui appartiennent à la première périphérie, cinq empreintes mobilité seront mesurées selon le niveau de revenu à condition d'avoir un échantillon suffisant pour chaque groupe.

Les deux empreintes de mobilité moyennes, du quartier et de l'agglomération, seront ensuite comparées aux empreintes mobilité après projet suivant les trois scénarii (médian, bas et haut). L'empreinte mobilité locale (quartier) devra dans tout les cas augmenter de la même manière quelque soit la provenance des populations et elle dépendra seulement de la classe de revenu de ces populations (les populations arrivantes auront la même empreinte, celle des habitants de la 1^{ère} périphérie). En revanche, elle sera a priori plus sensible aux relocalisations des ménages à l'échelle de l'agglomération.

3.3. Analyse de la mobilité quotidienne des Vaudais *via* celle des habitants des quartiers polarisés

Avant d'analyser la mobilité quotidienne des habitants des quartiers polarisés, il nous semble nécessaire de souligner que l'ensemble des déplacements de ces populations se fait à l'intérieur de l'agglomération. La part des déplacements sortants du périmètre de l'enquête ménage ne représente que 1,5% par rapport à 4,3% pour l'ensemble de l'agglomération lyonnaise. Il a été montré précédemment que le taux moyen de déplacements d'un Vaudais est identique à la moyenne lyonnaise. En revanche, son taux de motorisation est nettement moins important (annexe 2-4), ce qui induit des différences de mobilité selon le mode utilisé et les distances parcourues.

Tableau 7: Part modale des déplacements des Vaudais par rapport l'ensemble de l'agglomération lyonnaise

	Quartiers vaudais	Agglomération lyonnaise
Marche à pied	41,9	32,0
Vélo	0,6	0,7
2 roues à moteur	0,2	0,6
Transport en commun	18,8	13,0
Voiture conducteur	28,5	41,2
Voiture passager	9,5	12,1
Autres modes	0,4	0,4

La répartition des déplacements par mode (tableau 7) nous montre la part importante de la marche à pied et du transport en commun dans le quotidien des Vaudais (42% des déplacements se font à pied contre 32% pour la moyenne lyonnaise). L'usage de la voiture particulière est largement moins important dans ces quartiers (38%) par rapport à (53%) pour la moyenne de l'agglomération.

Si la marche à pied est le principal mode de déplacements quotidiens des Vaudais, il reste limité aux déplacements de proximité. La part des distances parcourues à pied par les Vaudais, bien que légèrement plus importante que la moyenne de l’agglomération, ne dépasse pas 7% des distances totales. La part la plus importante des distances parcourues par les Vaudais est, certes, associée à la voiture (61%), mais une partie importante reste réservée aux transports en commun (31%). A l’échelle de l’agglomération, plus de 75% des distances sont parcourues en voiture et seulement 18,3% en transports en commun (tableau 8).

Tableau 8: Part modale des distances parcourues par les Vaudais par rapport l’ensemble de l’agglomération lyonnaise

	Quartiers vaudais	Agglomération lyonnaise
Marche à pied	7,0	5,2
Vélo	0,2	0,6
2 roues à moteur	0,2	0,6
Transport en commun	31,4	18,3
Voiture conducteur	46,9	60,5
Voiture passager	14,3	14,8

La composante sociale des quartiers vaudais confirme celle effectuée à partir des revenus (annexe, 2-3). Les chômeurs, les inactifs et les ouvriers sont nettement surreprésentés tandis que les cadres supérieurs, les artisans et les professions intermédiaires sont largement inférieurs par rapport à l’ensemble de l’agglomération. La plupart des distances sont parcourues par des ouvriers, des scolaires et des employés (24%, 21% et 19%, respectivement : tableau 9). En utilisant la voiture particulière en tant que conducteur, les ouvriers et les employés parcourent 26% des distances. Par ailleurs, 14% des distances sont effectuées par des scolaires utilisant les transports en commun. Au niveau de l’agglomération, ce sont les cadres et les classes moyennes et notamment les professions intermédiaires qui parcourent le plus de distances en voiture conducteur. Le faible pourcentage de ces catégories dans les quartiers vaudais contribue à la réduction de l’empreinte mobilité.

Tableau 9: Pourcentage de chaque catégorie sociale (CS) et sa part de distance dans le quartier vaudais et l’agglomération lyonnaise

Catégorie sociale	Quartiers vaudais		Agglomération lyonnaise	
	% CS	distance par CS (%)	% CS	distance par CS (%)
Artisans	1,7	4,1	2,8	3,7
Chômeurs	10,1	7,8	4,9	4,6
Cadres supérieurs	0,9	1,6	8,0	10,2
Employés	13,3	18,6	14,6	17,1
Etudiants	3,6	3,8	6,9	7,7
Inactifs	8,3	4,7	4,8	2,7
Ouvriers	17,3	23,7	9,2	12,6
Professions intermédiaires	5,5	8,3	12,8	18,1
Retraités	9,7	5,9	16,0	10,3
Scolaires	29,5	21,4	20,0	13,0

Nous reviendrons par la suite sur la répartition des distances parcourues par groupe de revenu et par mode sur le quartier vaudais et sur l’ensemble de l’agglomération lors du calcul de l’empreinte mobilité (tableau 10 et 11, en annexe).

4. Calcul de l’empreinte mobilité avant et après projet

4.1. L’empreinte mobilité actuelle

4.1.1. À l’échelle de l’agglomération :

Comme nous l’avons vu précédemment, l’essentiel de l’empreinte écologique des transports est due aux émissions de CO₂ et donc à de la consommation de sol énergétique. Ainsi, 79% de l’empreinte des transports est liée aux consommations de carburant et 20% à la construction et à l’entretien des véhicules. Les 1% restants correspondent aux infrastructures de transport et donc à de la consommation de sol construit (Nicolas et al., 2006).

En se focalisant sur les émissions de CO₂ liées à la mobilité locale des lyonnais, nous constatons que cette dernière est positivement corrélée avec la localisation résidentielle des ménages, leurs niveaux de revenus, leur niveau de motorisation et aux distances parcourues notamment en voiture conducteur. Un habitant du centre à très faible revenu émet 4 fois moins de CO₂ par rapport à un habitant très aisé de la deuxième couronne (tableau 4). Cela n’est guère surprenant sachant que ce dernier est 4 fois plus motorisé et parcourt 3 fois plus de distances, dont 76% en voiture conducteur contre seulement 32% pour le premier. La mixité fonctionnelle du centre ainsi que le maillage de son réseau font, en partie, que respectivement 12,5% et 40% des distances parcourues par les habitants du centre à très faible revenu sont effectuées à pied et en transport en commun.

Nous mettons bien en évidence dans cette partie que les émissions de CO₂ et l’empreinte mobilité sont principalement déterminées par le niveau de revenu et par le lieu de localisation. Un lyonnais moyen émet 0,737 tonnes de CO₂ par an pour ses déplacements quotidiens et de week-end effectués à l’intérieur de l’agglomération, ce qui correspond à une empreinte écologique de 0,34 Hectares globaux. Cette empreinte écologique varie de 0,14 (Hag/an), pour un habitant du centre avec un très faible revenu, à 0,64 (Hag/an), pour un très riche habitant de la 2^{ème} périphérie (tableau 10, en annexe).

Dans le cadre d’une ville monocentrique, l’étalement urbain et l’éloignement de la population du centre augmente l’empreinte mobilité de la ville, notamment si les populations concernées sont aisées. En revanche, avec un rapprochement au centre de ces populations l’empreinte mobilité est susceptible de diminuer. Cette hypothèse sera confirmée par les scénarios de mobilité résidentielle.

4.1.2. À l’échelle du quartier vaudais :

L’empreinte écologique liée à la mobilité d’un habitant des quartiers polarisés (semblables au quartier vaudais) est nettement moins importante que celle de la moyenne de l’agglomération lyonnaise ou de la même couronne. L’empreinte d’un Vaudais moyen est de 0,24 hectares globaux par an contre 0,34 (Hag/an) pour un lyonnais moyen et 0,35 (Hag/an) pour un habitant de la 1^{ère} couronne (tableau 11, en annexe). Ces tendances sont relativement respectées même en distinguant les niveaux d’empreinte écologique par classe de revenu. Reste que le niveau d’empreinte d’un Vaudais avec un très faible revenu est très proche de celui d’un lyonnais de la même classe de revenu ((0,17 (Hag/an) par rapport à 0,20 (Hag/an), respectivement). En effet, une grande partie des lyonnais les plus modestes est concentrée dans les quartiers polarisés de la première couronne, y compris dans ce quartier de Vaulx-en-Velin. En revanche, les classes moyennes et aisées du quartier ont pratiquement la même

empreinte mobilité que celle des habitants de la 1^{ère} couronne ou de l'ensemble de l'agglomération. L'installation de nouvelles populations appartenant aux classes moyennes et aisées accroîtra le niveau d'émissions dans ce quartier à dominante très pauvre.

4.2. Scenarii de relocalisations résidentielles suivant un objectif de mixité sociale

Après avoir calculé l'empreinte mobilité par habitant selon son niveau de revenu et sa localisation résidentielle sur l'ensemble de l'agglomération et selon le niveau de revenu à l'échelle du quartier vaudais, il convient de mesurer cette empreinte selon les différents scenarii de mobilité résidentielle sur ces deux échelles spatiales. Sachant que le quartier vaudais est largement dominé par les populations à très faibles revenus (respectivement, 59%, 24%, 11%, 6% et 0% appartiennent au 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} quintile de revenus de l'agglomération selon les données de l'enquête ménage (annexe 2-3)), l'objectif d'une parfaite mixité sociale (20% pour chaque classe) consisterait à relocaliser les 39% et 4% des populations très modestes et modestes sur le reste de l'agglomération et à les remplacer par 9% des classes moyennes, 14% des classes aisées et 20% des classes très aisées.

4.2.1. À l'échelle de l'agglomération

Même si le profil de revenus des populations entrantes et sortantes par la relocalisation est le même dans les différents scénarii, la provenance des uns et la destination des autres peut modifier l'empreinte mobilité puisque cette dernière est sensible à la localisation résidentielle.

- Les relocalisations des populations entrantes et sortantes du quartier vaudais selon le *scénario médian* n'ont aucun impact sur le niveau de l'empreinte mobilité de l'agglomération. Le niveau d'empreinte écologique reste pratiquement le même (0,34 Hag/an) puisque ces populations restent dans la même couronne. Ce scénario permet donc de créer une mixité sociale à l'échelle du quartier sans modifier l'empreinte mobilité de l'ensemble de l'agglomération.
- Selon le *scénario bas*, les populations sortantes du quartier vaudais s'installent au centre et les populations entrantes se rapprochent du centre puisqu'elles viennent de la 2^{ème} périphérie. Cette reconcentration diminue légèrement le niveau de l'empreinte mobilité de l'ensemble de l'agglomération (-0,3%).
- Selon le *scénario haut*, les populations sortantes du quartier vaudais s'installent en 2^{ème} couronne et les populations entrantes viennent du centre. Cette déconcentration de la population augmente le niveau de l'empreinte mobilité de l'ensemble de l'agglomération de 0,3%.

L'empreinte mobilité au niveau de l'agglomération est donc sensible aux deux scenarii de relocalisation résidentielle, même si les variations sont relativement faibles puisque la part de la population concernée reste très faible à l'échelle de l'agglomération. Le quartier vaudais de l'enquête ménage 1995 concentre à peine 1,3% de l'ensemble de la population lyonnaise et le solde de l'empreinte liée à la mobilité des populations qui changent de résidence avant et après chaque scénario est de l'ordre de 1200 Hag par an, sur l'ensemble de l'agglomération. En revanche, l'impact de tels scenarii sur le niveau d'empreinte mobilité serait plus important s'il était évalué à des échelles plus réduites et notamment au niveau du quartier.

4.2.2. À l’échelle du quartier vaudais

Selon nos hypothèses de départ, l’empreinte mobilité à l’échelle locale du quartier serait indépendante de la provenance des individus puisqu’ils auront la même empreinte que les individus de la 1^{ère} couronne appartenant à la même classe de revenu. Le profil de revenus des populations cibles étant identique pour les différents scénarii (médian, bas et haut), la nouvelle empreinte à l’échelle locale sera la même.

Un projet type de mixité sociale au niveau du quartier vaudais augmente sensiblement l’empreinte mobilité par habitant (+44%). Elle augmente de 0,24 (Hag/hab/an) à 0,34 (Hag/hab/an) après chaque scénario. Autrement dit, le départ des populations modestes et l’arrivée de nouvelles populations moyennes et aisées augmente l’empreinte mobilité totale sur le quartier vaudais d’environ 1508 Hectares globaux par an quelle que soit leur provenance. Si nous considérons seulement les quartiers du Mas du taureau et Pré de l’Herpe (5473 habitants) parmi l’ensemble du quartier vaudais de l’enquête ménage (n°7801), l’empreinte moyenne de (0,34 Hag/hab/an), correspondrait à cette échelle à une hausse de 1105 hectares globaux pendant toute l’année par rapport à l’empreinte avant projet. En revanche, l’impact des relocalisation sur l’empreinte de l’agglomération est plus faible à ce niveau fin du quartier car la part des populations concernées est encore plus réduite dans l’ensemble de l’agglomération.

Finalement, un projet de réhabilitation d’un quartier modeste visant à attirer des populations plus aisées conduit à l’augmentation de l’empreinte mobilité du quartier en fonction du niveau de vie des populations cibles. Cela dit, le quartier n’est sûrement pas l’échelle la plus pertinente pour évaluer l’impact d’un projet en terme d’empreinte écologique. Alors que l’empreinte mobilité augmente au niveau du quartier, elle peut baisser à l’échelle de l’agglomération comme c’est le cas dans le scénario Bas.

4.2.3. À l’échelle de la population concernée

En fixant cette fois-ci le niveau d’observation sur les seules populations concernées par les mobilités résidentielles induites par le projet, à savoir les populations entrantes et sortantes par rapport au quartiers vaudais, nous constatons des changements importants dans l’empreinte mobilité. Si cette dernière reste relativement stable suite au scénario médian puisque les permutations se font au niveau de la même couronne (1^{ère}), elle augmente sensiblement dans les deux autres scénarii :

- Selon le *scénario Bas*, l’empreinte mobilité moyenne des populations ciblées était de 0,38 (Hag/hab/an) avant le projet. Un niveau assez élevé puisqu’il concerne des habitants de la 1^{ère} périphérie et surtout des riches de la 2^{ème} périphérie. La moyenne passe à 0,30 (Hag /hab/an) après les relocalisations de ces populations dans le quartier vaudais et dans le centre, marquant ainsi une baisse de 20% de la moyenne de leurs émissions.
- L’émission moyenne des populations concernées par le *scénario Haut* est, en revanche, plus faible par rapport au premier scénario, car il s’agit des habitants moyens et aisés du centre et des habitants modestes du quartier vaudais. Elle est de 0,24 (Hag /hab/an), ce qui correspond à l’empreinte actuelle d’un Vaudais moyen. Le projet de mixité sociale augmenterait de 60% le niveau de l’empreinte mobilité de ces populations puisque elles seraient de l’ordre de 0,38 (Hag /hab/an).

5. En guise de conclusion

Cette première analyse de la mobilité des habitants du quartier vaudais et de l'empreinte qui lui est associée nous a permis de confirmer certaines hypothèses : être proposées au lecteur :

- ✓ L'empreinte mobilité locale augmente avec le revenu du ménage et l'éloignement du centre (en lien avec la croissance du taux de motorisation et des distances parcourues quotidiennement) à l'échelle de l'agglomération.

Tableau 8. Le lien entre l'empreinte mobilité quotidienne et le revenu des ménages

Quintiles de revenu	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Moyenne
Empreinte mobilité locale (hag/an/pers)	0,20	0,30	0,33	0,43	0,44	0,34

Tableau 9. Le lien entre l'empreinte mobilité quotidienne et la localisation résidentielle

Localisation résidentielle	Lyon - Villeurbanne	1 ^{ère} couronne	2 ^{ème} couronne	Moyenne
Empreinte mobilité locale (hag/an/pers)	0,25	0,35	0,47	0,34

- ✓ En conséquence, l'empreinte mobilité des résidents du quartier vaudais est beaucoup moins importante que l'empreinte moyenne des habitants de l'agglomération lyonnaise ou de la 1^{ère} couronne (leur empreinte moyenne est de 0,24 hag contre 0,35 hag pour les habitants de 1^{ère} couronne).
- ✓ A l'échelle du quartier, la recherche d'une meilleure mixité sociale au sein des quartiers vaudais, en attirant des populations moyennes et aisées, conduit à une augmentation de l'empreinte mobilité locale par habitant : elle passerait ainsi de 0,24 hag à 0,34 hag par an et par personne (soit +44%).
- ✓ Cependant, les impacts du projet dépassent ce cadre puisqu'ils jouent sur l'évolution de la mobilité des nouveaux arrivants (qui va varier différemment selon leur zone de provenance) comme sur celle des habitants quittant le quartier (qui va également varier différemment selon la nouvelle zone de résidence). Ainsi, suivant les migrations résidentielles générées par le projet, l'empreinte mobilité de l'ensemble des populations concernées peut baisser (cas d'une reconcentration des populations) comme elle peut augmenter (cas d'une migration tournée vers l'étalement urbain). Dans le cas d'une reconcentration, l'empreinte mobilité locale du groupe impacté pourrait ainsi passer de 0,38 à 0,30 hag/pers/an (soit -20%). Dans le cas d'un étalement, elle pourrait augmenter de 0,24 à 0,38 hag (soit +60%).

Cela nous conduit à la question de l'échelle pertinente pour évaluer l'impact d'un projet local sur l'empreinte écologique liée à la mobilité individuelle quotidienne.

Tout d'abord, l'échelle de l'agglomération apparaît comme l'échelle géographique qui convient le mieux pour prendre en compte les mobilités impliquées par un tel projet et mesuré correctement les variations d'empreinte mobilité engendrées.

Par ailleurs, il importe de s'intéresser à l'ensemble de la population concernée par le projet. Ne prendre en compte que les résidents du quartier est insuffisant (comme nous venons de le voir, réintroduire de la mixité au sein du quartier fera augmenter l'empreinte mobilité -

jusqu’à +44% en cas de mixité parfaite). Il faut aussi prendre en compte les mouvements résidentielles et considérer les localisations de tous les ménages concernés avant et après projet. Et là, des bilans très contrastés pourraient apparaître, allant d’une baisse de 20% à une hausse de 60% de l’empreinte mobilité de l’ensemble de ces ménages.

Enfin, ce premier travail est effectué à partir de l’enquête ménages-déplacements de 1995. Il sera ensuite actualisé et précisé grâce à l’exploitation de l’enquête ménages de 2006.

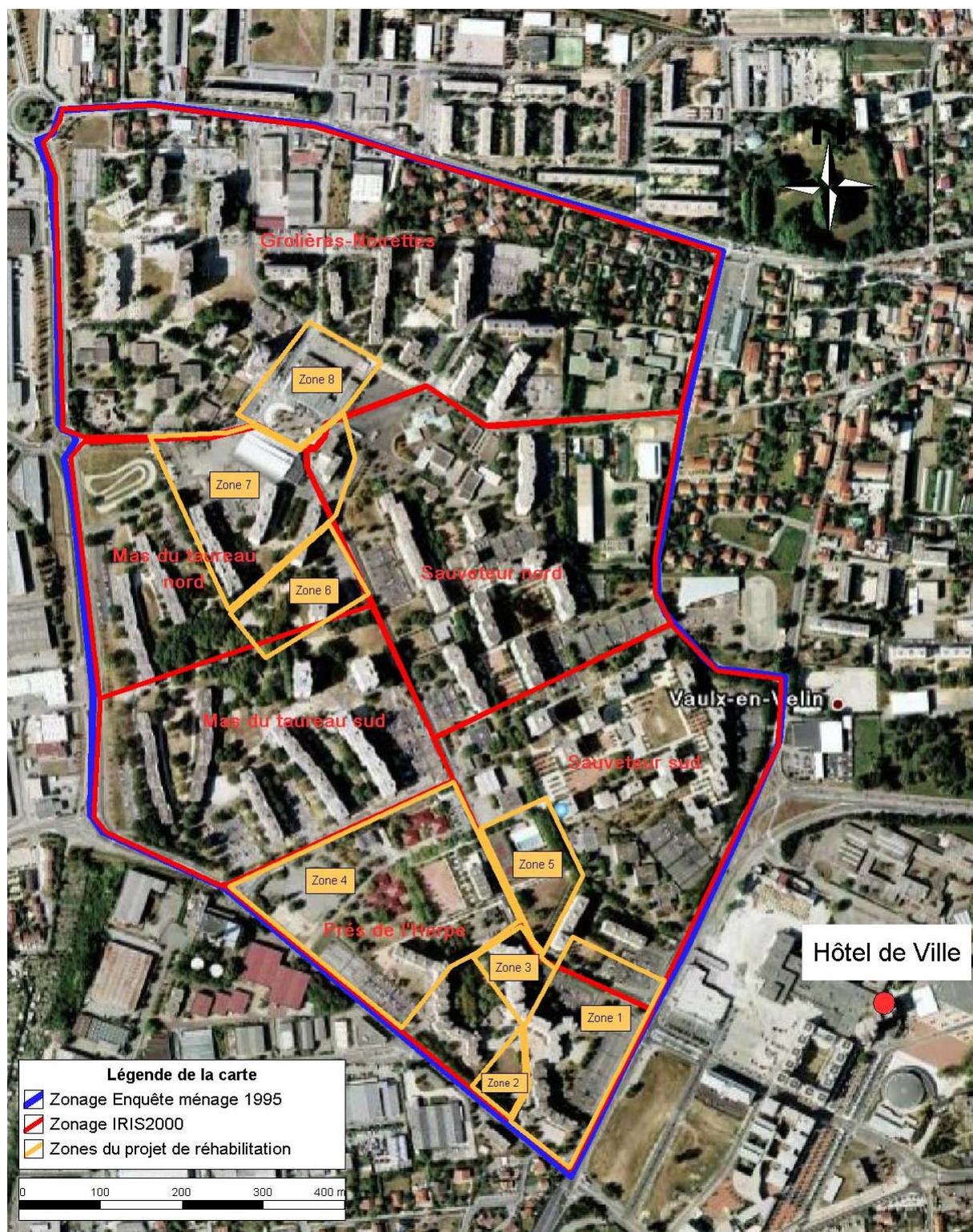
- ✓ Cette seconde phase sera plus lourde car elle nécessitera une préparation des fichiers pour calculer les émissions en fonction des distances parcourues et des modes utilisés
- ✓ Des précisions apportées par le Grand Lyon concernant les nouvelles populations arrivantes (liées au type d’offre de logements projetés) permettront de dépasser l’hypothèse de parfaite mixité sociale en estimant d’une manière plus fine les profils de populations cibles.

Ces données récentes apporteront une plus grande pertinence aux résultats obtenus par rapport à l’actualité du projet, en évaluant l’impact du réaménagement des quartiers du Mas du Taureau et du Pré de l’Herpe au niveau des quartiers eux-mêmes ainsi qu’à l’échelle de l’agglomération. Elles permettront également d’analyser l’évolution de la mobilité des habitants des quartiers polarisés et de l’empreinte écologique associée, sur une période de 10 ans.

Bibliographie

- BARRETT J., SCOTT A., VALLACK H., *The ecological footprint of passenger transport in Merseyside*. Rapport pour le compte de Merseytravel, Stockholm Environment Institute and Sustainable Steps Environmental Consultants, 2001, 41 p.
- DAVID D., *Enjeux de mobilité durable. Analyse de la mobilité des Français au regard des émissions de dioxyde de carbone associées*. Mémoire de Travail de Fin d’Etudes, ENTPE, 2005, 70p.
- European Communities, DG VII, *MEET, Methodology for calculating transport emissions and energy consumption*. Luxembourg, Rapport commun INRETS, ATh, TRL, TÜV, DTU, 1999, 362 p.
- GALLEZ C., HIVERT L., 1998, *BEED: mode d’emploi, synthèse méthodologique pour les études " budgets-énergie-environnement des déplacements "*, Rapport de Convention INRETS/ADEME.
- Grand Lyon - Observatoire de l’environnement -, *L’empreinte écologique, ou la mesure de la durabilité écologique*. Grand Lyon, Agenda 21, volet environnemental, 2004, 27 p.
- JANCOVICI J.-M., *Bilan carbone d’une activité industrielle ou tertiaire. Description de la méthode : objectifs, résultats exploitables, choix méthodologiques*. Rapport réalisé pour le compte de l’ADEME, 2004, 223p. Disponible sous <http://www.ademe.fr/bilan-carbone> [avril 2006].
- LEDUC D., *L’empreinte écologique et la mobilité des Lyonnais*. Travail de Fin d’Études de l’École Nationale des Travaux Publics de l’État, 2005, 89 p.
- MONFREDA C., WACKERNAGEL M., DEUMLING D., « Establishing national capital account based on detailed ecological footprint and biological capacity accounts ». *Land Use Policy*, n°21, 2004, pp. 231-246.
- NICOLAS J.-P., LEDUC D., VERRY D., « L’empreinte écologique de la mobilité des Lyonnais : avantages et limites de l’outil appliqué à la mobilité des habitants d’une agglomération ». *Colloque Energy Material Urban Environment*, Paris, 18-19 mai 2006. 16 p.
- NICOLAS J.-P., POCHET P., POIMBOEUF H., *Indicateurs de mobilité durable sur l’agglomération lyonnaise*. Lyon, LET, Coll. Etudes & Recherches n°16, 2001, 128 p.
- RAUX C., TRAISNEL J.-P., NICOLAS J.-P., DELVERT K., *Bilans énergétiques Transport-Habitat et méthodologie BETEL*. Rapport R2. Action concertée CNRS - Ministère de la Recherche. LET, Lyon, 2005, 138 p.
- WACKERNAGEL M., REES W., *Notre empreinte écologique*. Montréal, Editions Ecosociété, 1999, 207 p.
- WWF (dir. MARTIN C., WACKERNAGEL M.), *Rapport planète vivante 2002*. 2002, 36 p.
- WWF (dir. LOH J., WACKERNAGEL M.), *Rapport planète vivante 2004*. 2004, 40 p.

Annexe 1 : Répartition des zones du projet de réhabilitation* sur les IRIS-2000 (INSEE) du quartier vaudais de l’enquête ménage-déplacement 1995 (n° 7801) concerné par les scénarii de l’empreinte mobilité

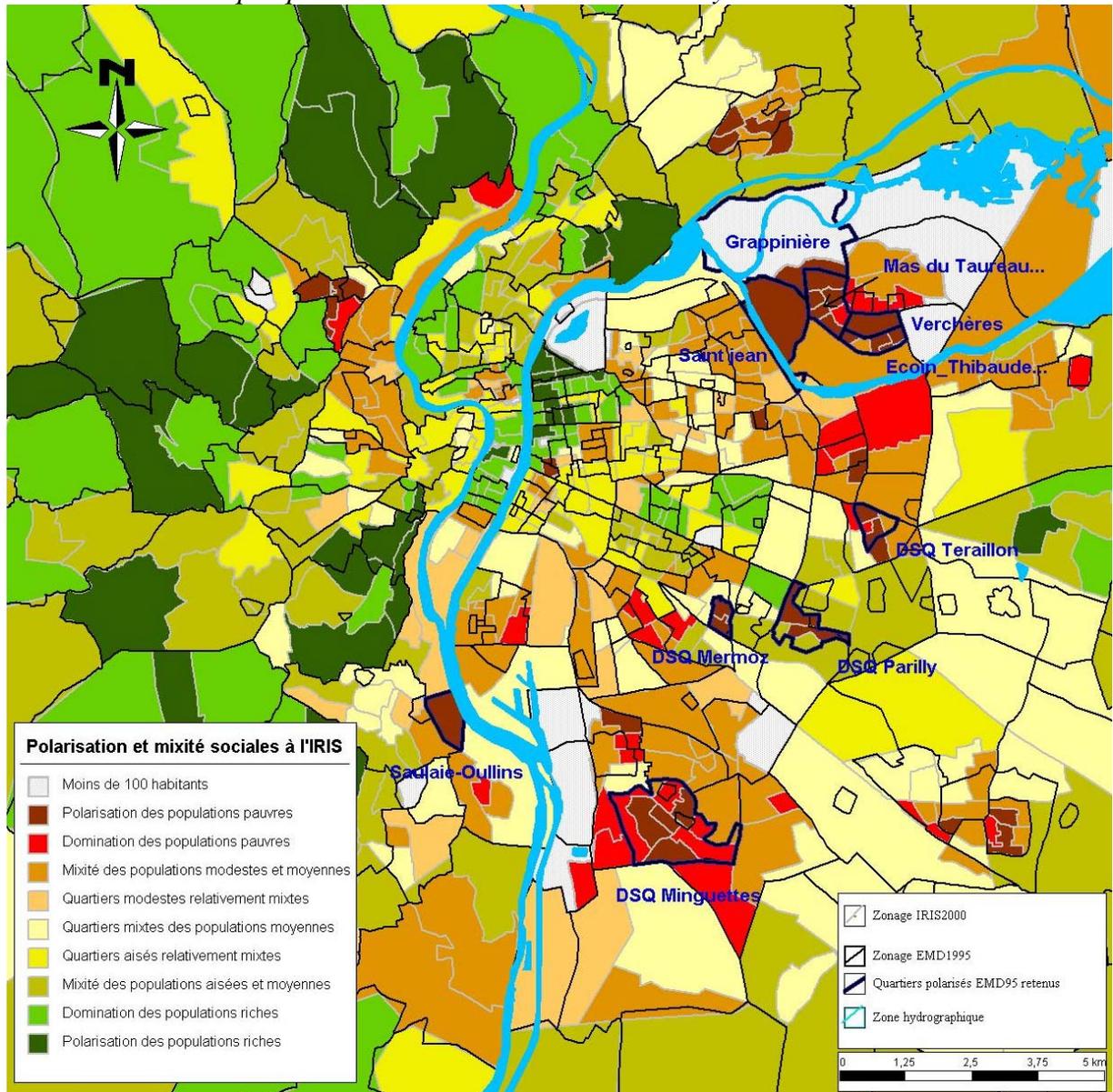


Carte L. Bouzouina ; Raster : 2007 Europa Technologies, the GeoInformation Group/InterAtlas Image 2007 DigitalGlobe

*Les contours des 8 zones à réhabiliter sont tracés à partir d’un document de travail du Grand Lyon

Annexe 2 : Sélection des quartiers substituables aux quartiers vaudais du Mas du Taureau et Prés de l’Herpe pour l’étude de l’empreinte mobilité

1- Typologie de polarisation et de mixité sociale basée sur le pourcentage de la population du quartier IRIS dans chaque quintile de revenu de l’aire urbaine lyonnaise*



L.Bouzouina ; données INSEE-DGI 2004, IGN

*Les quartiers de l’enquête ménages sont sélectionnés de manière à ce que les IRIS qui les composent soient de la même catégorie que les IRIS du Mas du Taureau et Pré de l’Herpe, à savoir, des IRIS polarisant les populations pauvres. Certains quartiers issus du découpage de l’enquête ménages sont à cheval entre plusieurs IRIS dont certains peuvent contenir des populations moyennes et aisées. Ces quartiers ne sont pas pris en compte comme c’est le cas de Rillieux la Pape. Les quartiers de la Duchère, situés à l’ouest lyonnais, ne sont pas pris en compte bien qu’ils appartiennent aux quartiers polarisés car nous supposons que leurs habitants bénéficient d’une meilleure accessibilité par rapport aux quartiers de l’est lyonnais.

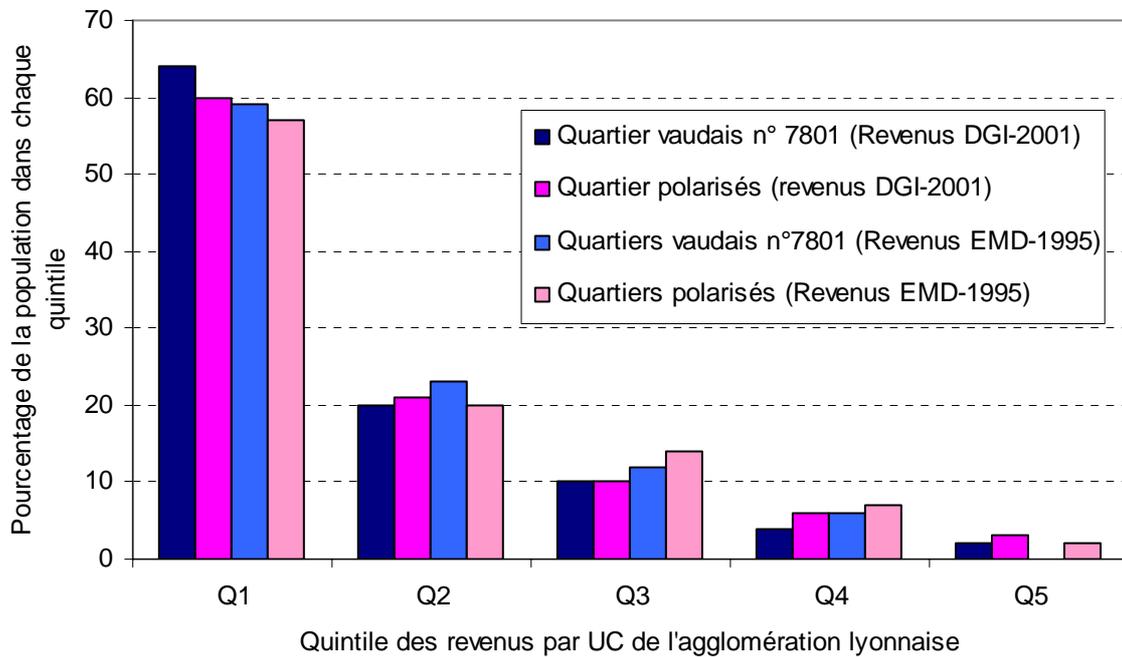
2- Nombre d'habitants et distance au centre des IRIS appartenant (même en partie) aux quartiers polarisés de l'enquête ménage sélectionnés pour l'analyse de l'empreinte mobilité du quartier vaudais*

Quartier EMD1995	Quartier IRIS2000	Nom IRIS	Population 1999	Distance au centre (Kms)
7801	692560404	MAS DU TAUREAU SUD	2273	5,6
	692560403	MAS DU TAUREAU NORD	1540	5,7
	692560405	PRE DE L'HERBE	1660	5,7
	692560302	GROLIERES - NOIRETTES	3482	6,5
	692560401	SAUVETEUR SUD	2399	6,0
	692560402	SAUVETEUR NORD	2383	6,0
7501	692560301	GRAPPINIERE PETIT PONT	2576	5,3
7803	692560601	ECOIN - THIBAUDE	1816	6,6
	692560602	VERNAY	1989	6,5
7802	692560603	VERCHERES	2128	5,9
5501	692660801	SAINT-JEAN	3129	4,6
3003	691490402	SAULAIE	1622	5,3
2701	693880401	LATARGET - MERMOZ	1860	4,8
	693880402	LA TRINITE - MERMOZ	1898	4,9
6101	690290501	PARILLY NORD	3045	5,7
	690290502	PARILLY SUD	2708	5,9
6401	690290202	LES SAPINS - PESSIVAS	1864	5,8
	690290203	CARAVELLE	1927	6,1
	690290204	TERRAILLON PLEIN SUD	3135	6,4
3601	692590301	JEAN MOULIN	2742	8,2
	692590302	HENRI WALLON	2091	8,4
	692590303	CHARLES PERRAULT	1871	7,9
	692590401	SAINT-EXUPERY	1408	6,8
	692590402	ANATOLE FRANCE	5042	7,1
	692590403	AMSTRONG	2455	7,3
	692590502	LEO LAGRANGE	2271	7,5

L.Bouzouina ; données INSEE-DGI 2004

*L'ensemble des quartiers se situent entre 5 et 8 Kms de la préfecture du Rhône (point central entre la presque île et le quartier administratif de la part dieu) et appartiennent à la première couronne de l'agglomération lyonnaise (à l'exception de Mermoz et de Saint Jean).

3- Cohérence de la distribution des populations par revenu UC entre le quartier vaudais (regroupant Mas du Taureau- Pré de l’Herpe) et l’ensemble des quartiers polarisés définis pour l’étude de la mobilité, d’après les données de l’enquête ménage 1995 et les données fiscaux de l’INSEE-DGI (2001)*



L.Bouzouina ; données INSEE-DGI 2004, EMD 1995.

*Ce graphique confirme le fait que la structure des populations des quartiers sélectionnés est comparable à celle du quartier vaudais accueillant le projet de réhabilitation, quelle que soit la source des revenus utilisée. Une fois cette cohérence démontrée, la mesure de l’empreinte mobilité sera effectuée sur les quartiers polarisés en utilisant la structure des revenus de l’enquête ménage en quintiles. Les simulations seront appliquées sur le quartier vaudais n° 7801, la plus petite unité de référence spatiale de l’enquête ménages regroupant les deux quartiers du Mas du Taureau et celui de Pré de l’Herpe.

4- Caractéristiques de la mobilité des habitants des quartiers polarisés semblables à celles du quartier vaudais du Mas du taureau (n°7801)#.

Quartiers polarisés	Ménages (Non redressé)	Nombre de ménages	Nombre de personnes	Nombre de déplacements	Revenu moyen annuel par ménage €95 (EMD)	Nombre de déplacements effectués par personne	Nombre de Voitures Particulières disposées par ménage
DSQ Mermoz (2701)	60	1415	4102	14713	8184	3,59	0,60
Saulaie-Oullins (3003)	8*	691	1468	5960	11010	4,06	0,63
DSQ Minguettes (3601)	120	7788	21416	69831	8399	3,26	0,88
DSQ Saint Jean (5501)	65	1007	2975	7358	9089	2,47	0,98
DSQ Parilly (6101)	60	2433	3732	12617	9182	3,38	0,75
DSQ Terrailon (6401)	60	1826	5966	21582	9797	3,62	1,10
DSQ Grappinière (7501)	10*	1288	3091	6698	8327	2,17	0,70
DSQ Mas du taureau...(7801)	43	5957	15239	55970	8030	3,67	0,86
DSQ Verchères (7802)	8*	1158	1737	4067	8468	2,34	0,62
DSQ Ecoin- Thibaude...(7803)	7*	970	2355	7066	9431	3,00	0,57
Total	441	24532	62082	205862	8621	3,32	0,82
Total Agglomération	6001	536316	1195131	4460893	14642	3,73	1,15

L.Bouzouina ; données EMD 1995.

** très faible échantillon*

#Ce tableau confirme le fait que les quartiers polarisés sélectionnés ressemblent au quartier social vaudais n°7801 à travers le revenu moyen mais surtout à partir du taux de déplacement des habitants et du taux de motorisation de leurs ménages. Ces trois indicateurs sont nettement plus faibles que la moyenne de l'agglomération lyonnaise.

Tableau 10 : Calcul des distances et des émissions par mode de déplacement dans l'ensemble de l'agglomération lyonnaise selon le niveau de revenu et de la localisation résidentielle

Lyon	Niveau de revenu	Ménages (Non redressé)	Ménages	Population	revenus moyens (euros95 /an/ménage)	Nombre de déplacement (dep/pers/jour)	taux de motorisation (veh/ménage)	Budget temps (min/pers/jour)	Budget distance (km/hab/jour)	% Distance VPC	% Distance VPP	% Distance TC	% Distance MAP	Emission CO2 (tonne/hab/an)	Empreinte mobilité (Hag/hab/an)
Centre	Très bas	661	62411	113866	5389	3,5	0,47	61,3	8,7	32,1	14,8	39,7	12,5	0,311	0,14
	Bas	345	42852	82258	8767	3,8	0,92	58,7	10,1	46,1	18,0	25,6	9,7	0,432	0,20
	Moyen	439	55942	111964	12305	3,8	0,88	60,1	11,2	54,3	13,6	22,0	8,3	0,568	0,26
	Haut	389	55499	104530	17071	4,1	1,00	62,7	12,2	58,5	13,5	19,5	7,1	0,658	0,30
	Très haut	402	56739	117366	29949	4,0	1,41	56,0	11,2	65,2	10,4	15,7	7,5	0,666	0,31
	Tous	2236	273443	529984	14801	3,8	0,93	59,7	10,7	52,7	13,7	23,6	8,8	0,531	0,25
PER1	Très bas	337	24036	66989	5591	3,2	0,73	54,2	10,0	38,6	15,0	37,7	8,1	0,434	0,20
	Bas	396	28830	63077	8869	3,7	1,11	58,2	13,1	55,7	14,0	22,3	5,3	0,684	0,32
	Moyen	312	21366	49830	12578	3,5	1,23	54,7	12,8	60,3	15,3	19,3	4,3	0,701	0,32
	Haut	275	20768	48968	16956	4,1	1,42	60,3	16,3	68,8	15,8	11,9	3,1	0,998	0,46
	Très haut	317	24963	57921	28440	3,8	1,74	62,3	16,7	73,6	12,3	11,5	2,4	1,081	0,50
	Tous	1637	119963	286785	14345	3,6	1,24	57,9	13,6	60,6	14,3	19,7	4,4	0,762	0,35
PER2	Très bas	330	20837	60380	5687	3,4	1,04	59,3	13,9	51,3	16,7	24,4	5,7	0,653	0,30
	Bas	547	35660	91301	9134	3,6	1,41	54,3	16,2	61,6	18,3	14,5	3,7	0,831	0,39
	Moyen	442	29992	78223	12643	3,6	1,45	56,9	17,5	65,6	15,8	14,5	2,8	0,953	0,44
	Haut	440	30953	84472	17033	3,8	1,66	61,5	21,2	71,2	14,3	11,2	1,8	1,216	0,56
	Très haut	369	25468	63804	28830	3,7	1,95	61,8	23,0	76,0	16,0	6,4	1,1	1,372	0,64
	Tous	2128	142910	378180	14589	3,6	1,51	58,5	18,4	66,7	16,1	13,1	2,7	1,005	0,47
Tous	Très bas	1328	107284	241234	5492	3,4	0,64	58,8	10,4	40,3	15,5	34,0	9,1	0,431	0,20
	Bas	1288	107342	236636	8916	3,7	1,13	56,9	13,2	56,0	17,1	19,5	5,7	0,653	0,30
	Moyen	1193	107300	240017	12454	3,7	1,11	57,9	13,6	60,2	14,9	18,3	5,2	0,721	0,33
	Haut	1104	107220	238044	17038	4,0	1,27	61,7	16,2	66,5	14,3	14,1	3,8	0,926	0,43
	Très haut	1088	107171	239199	29331	3,9	1,62	59,1	15,7	71,6	13,1	11,0	3,7	0,955	0,44
	Tous	6001	536317	1195130	14642	3,7	1,15	58,9	13,8	60,5	14,8	18,3	5,2	0,737	0,34

Tableau 11 : Calcul des distances et des émissions par mode de déplacement dans les quartiers polarisés (substituables au quartier du Mas du taureau) selon le niveau de revenu

Quartiers polarisés	Niveau de revenu	Ménages (Non redressé)	Ménages	Population	revenus moyens (euros95 /an/ménage)	Nombre de déplacement (dep/pers/jour)	taux de motorisation (veh/ménage)	Budget temps (min/pers/jour)	Budget distance (km/hab/jour)	% Distance VPC	% Distance VPP	% Distance TC	% Distance MAP	Emission CO2 (tonne/hab/an)	Empreinte mobilité (Hag/hab/an)
	Très bas	192	11142	34888	5372	3,3	0,64	55,5	9,4	33,1	15,4	40,8	10,2	0,373	0,17
	Bas	121	7155	12430	8339	3,2	0,86	51,6	10,9	47,5	14,1	32,1	6,2	0,521	0,24
	Moyen	82	3440	9148	12424	3,3	1,01	55,2	13,1	59,9	15,4	21,0	3,5	0,713	0,33
	Haut	38	2210	4402	16490	3,6	1,28	45,4	17,3	80,2	9,2	8,2	1,8	1,066	0,49
	Très haut	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
	Tous	441	24532	62082	8621	3,3	0,82	54,3	11,0	46,9	14,3	31,4	7,0	0,515	0,24