



HAL
open science

Lyon 21 : Etude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise

Patrick Bonnel, David Caubel, Dominique Mignot

► **To cite this version:**

Patrick Bonnel, David Caubel, Dominique Mignot. Lyon 21 : Etude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise. Laboratoire d'économie des transports, 220 p., 2005, Coll. Etudes et Recherches, n° 17. halshs-00078549

HAL Id: halshs-00078549

<https://shs.hal.science/halshs-00078549>

Submitted on 10 Apr 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.

Ce document vous est proposé avec l'aimable autorisation des auteurs et du Laboratoire d'Economie des Transports maîtres des droits. La présente version en PDF est sous le copyright du Laboratoire d'Economie des Transports (<http://www.let.fr/>) - 2005. Ce document est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

With the Authors and the publisher of the copyright agreement. The present version in PDF is under the copyright of Laboratoire d'Economie des Transports (<http://www.let.fr/>).

Ce document devrait être référencé de la manière suivante :

BONNEL Patrick, CAUBEL David, MIGNOT Dominique. Lyon 21 : Etude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise. Lyon : LET. 2005. 220 p. (Etudes et Recherches, n°17). ISSN 0769-6434.

**Patrick BONNEL
David CAUBEL
Dominique MIGNOT**

Lyon 21

**Étude de Faisabilité
d'un système de transport
radicalement différent
pour la zone dense lyonnaise**

études & recherches



études & recherches

Laboratoire d'Economie des Transports
Unité Mixte de Recherche du C.N.R.S. n°108

LYON 21

ETUDE DE FAISABILITE D'UN SYSTEME DE TRANSPORT RADICALEMENT DIFFERENT POUR LA ZONE DENSE LYONNAISE

Patrick BONNEL
David CAUBEL
Dominique MIGNOT

Lyon, 2005



Laboratoire d'Economie des Transports

Avant propos

Le travail présenté ici s'inscrit dans le cadre du programme *PARI 21* présenté par l'INRETS (Massot et al., 2001) auprès du PREDIT. Cette recherche a été financée par l'INRETS et l'ADEME dans le cadre du PREDIT et par la Région Rhône-Alpes dans le cadre du programme thématique 2000 – 2002 « Aide à la décision publique et privé ».

Nous reprenons dans ce document l'ensemble de la méthodologie mise au point par l'INRETS sous la direction de Marie-Hélène Massot en l'adaptant au contexte lyonnais.

Dans un premier temps, nous évaluons le nombre de déplacements réalisés en voiture conducteur potentiellement transférables sur un mode plus doux (transport collectif, marche à pied ou vélo).

Ensuite, nous mesurons pour l'agglomération lyonnaise le nombre de déplacements pouvant être transférés selon une procédure composée de règles de transfert à budget-temps constant, puis en acceptant une marge de croissance du budget-temps de déplacements. Nous simulons différents scénarios d'amélioration de l'offre en transports collectifs visant à accroître le nombre de déplacements automobiles pouvant être transférés sur les modes doux.

Enfin, nous apportons des éléments d'évaluation économique, sociale et environnementale des scénarios de réduction de la place de la voiture dans les déplacements urbains.

Le lecteur pressé pourra se diriger prioritairement sur les synthèses réalisées à la fin du chapitre 1 et à la fin de chacune des sections des chapitres 2 et 3.

Ce programme de recherche a bénéficié de la participation des chercheurs suivants de l'équipe du LET :

Patrick BONNEL, *Enseignant-Chercheur*, ENTPE

David CAUBEL, *Doctorant en Economie des Transports*, ENTPE

Emmanuel DEVAL, *Etudiant en DEA*

Dominique MIGNOT, *Enseignant-Chercheur*, ENTPE

Charles RAUX, *Ingénieur CNRS*, ENTPE

Eric TABOURIN, *Maître de Conférence*, Université Lumière Lyon 2

Sommaire

INTRODUCTION.....	7
CHAPITRE 1. EVALUATION DU POTENTIEL TRANSFERABLE ET DEFINITION DES REGLES DE TRANSFERT MODAL.....	13
1. Enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise 1994-95	15
2. Principes et définition du potentiel transférable	20
3. Identification des déplacements soumis à la procédure de transfert modal au sein du potentiel transférable	26
4. Définition des procédures de transfert modal des boucles automobiles	32
5. Conclusion. Evaluation du potentiel transférable	36
CHAPITRE 2. SCENARIOS POUR UNE REDUCTION DE LA PLACE DE LA VOITURE A LYON.....	41
1. Construction et contenu des différents scénarios de transports collectifs	43
2. Evaluation des transferts	57
3. Analyse spatiale des transferts	72
4. Analyse des boucles soumises à transfert et non transférées	90
5. Réintroduction des boucles avec achats ou accompagnements	96
6. Conclusion	103
CHAPITRE 3. ELEMENTS D'EVALUATION ECONOMIQUE, SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE DES SCENARIOS DE REDUCTION DE L'USAGE DE LA VOITURE EN ZONE DENSE LYONNAISE.....	109
1. Introduction	111
2. Enjeux environnementaux des scénarios d'offre en transports collectifs	112
3. Estimation des coûts des transferts modaux pour la collectivité	126
4. Qui perd, qui gagne en temps et/ou en argent ?	137
5. Conclusion	154
CONCLUSION GENERALE.....	157
BIBLIOGRAPHIE.....	165
ANNEXES.....	169
1. Annexes du chapitre 1 : Evaluation du potentiel transférable & définition des règles de transfert modal	171
2. Annexes du chapitre 2 : Scénarios pour une réduction de la place de la voiture dans la mobilité locale lyonnaise	180
3. Annexes du chapitre 3 : Des éléments d'évaluation économique, sociale et environnementale	197
TABLES DES ILLUSTRATIONS.....	207
TABLE DES MATIERES.....	215
RESUME.....	222

Introduction

L'usage privé de l'automobile thermique est dominant et en croissance dans les déplacements tant au niveau interurbain qu'au sein même des espaces urbanisés. L'étalement urbain et l'augmentation des distances parcourues par les citoyens se font au prix d'un usage accru de l'automobile.

Malgré des efforts importants consacrés aux transports collectifs et une opinion publique de plus en plus favorable à la maîtrise de la circulation en ville, force est de constater que la part modale des transports collectifs se maintient dans le meilleur des cas, voire régresse. Ainsi le premier constat à l'origine de notre recherche et de celle effectuée sur Paris (Massot et al., 2001) est celui d'un impact très limité des politiques traditionnelles de régulation du trafic et/ou de développement des transports collectifs : « *les instruments de gestion reposant sur des approches marginalistes ne permettent pas d'atteindre des états très différents du système* » (Massot et al., 2001).

La question qui peut alors être posée concerne le niveau même de l'intervention publique et repose sur la performance intrinsèque des deux systèmes de déplacements que sont l'automobile et les transports collectifs.

Que se passerait-il en cas de transformation radicale (et non plus marginale) de l'offre de transports collectifs ? Observerait-on un transfert important vers les transports collectifs et susceptible de répondre positivement aux enjeux posés aux villes en termes de réduction des émissions des gaz à effets de serre ? Ou, a contrario, l'usage de la voiture particulière ou des modes individuels en général est-il si résistant, que des politiques d'offre, quelles qu'elles soient, ne sont pas en mesure d'inverser les pratiques de déplacements ? En d'autres termes, la question posée dans les deux recherches réalisées sur Lyon et sur Paris est la suivante :

Peut-on envisager un fonctionnement satisfaisant d'une grande aire métropolitaine fondé sur un système de transport radicalement différent, reposant prioritairement sur l'usage d'autres modes que l'automobile actuelle ?

« *Par satisfaisant, on entend un système qui offrirait à l'ensemble des usagers des caractéristiques de vitesse et de temps de parcours légèrement inférieures, voire égales ou supérieures au système actuel, un coût global égal ou inférieur pour la collectivité, et bien sûr une amélioration significative de l'environnement urbain. Par radicalement différent, on entend un système où l'usage de l'automobile classique serait réduit de façon non marginale, d'au moins la moitié pour fixer les idées* »s (Massot et al., 2001).

Il ne s'agit pas ici de faire le procès ou la promotion d'un mode de déplacement, mais de tenter d'évaluer les conséquences potentielles en termes de pratiques de déplacements d'une amélioration très forte (radicale) de l'offre de transports collectifs.

Le terrain d'étude est composé du Grand Lyon, territoire de la Communauté Urbaine de Lyon. Il est caractérisé par des densités de résidence, d'emplois et d'activités élevées dans le centre et relativement importantes dans l'ensemble du territoire, le maintien d'une situation de concurrence réelle entre automobile et transport collectif au moins pour les déplacements les plus centraux ou radiaux. Même si les budgets-temps de transport sont, en moyenne, moins élevés que dans l'agglomération parisienne, il est difficilement envisageable, à mobilité urbaine donnée, de les accroître significativement par le recours à des modes significativement moins rapides que les modes actuellement choisis.

Les déplacements analysés concernent ceux ayant au moins une origine ou une destination dans ces zones.

Le point de départ de l'évaluation est constitué des observations de la dernière enquête ménages déplacements de Lyon. Elle recense la succession des déplacements réalisés au cours d'une journée typique par les personnes vivant dans la zone. Chaque déplacement est décrit par son origine, sa destination, son motif, le(s) moyen(s) de transport emprunté(s), son heure de départ et sa durée. Cette enquête permet de reconstituer les sorties du domicile (suite des déplacements d'un départ du domicile au retour au domicile) qui constituent la base pertinente pour l'étude des choix modaux. On utilisera par ailleurs une « base d'offre de transports collectifs » permettant de reconstituer, pour tout déplacement dans le périmètre considéré, les temps de parcours dans la configuration de l'offre à la date de l'enquête ménages déplacements et dans des configurations nouvelles à définir.

La démarche repose sur une succession d'itérations des transferts des déplacements automobiles vers des modes alternatifs, dans des contextes d'offre de transport et de temps quotidiens de déplacement évolutifs. Les modes de déplacements vers lesquels la demande pourra être orientée sont à la fois des modes individuels (marche à pied et vélo) et les transports collectifs.

Lors d'un premier examen au niveau des déplacements composant une même sortie du domicile (soit « une boucle de déplacements »), on examine les possibilités de transfert des automobilistes. Cette première analyse des transferts est effectuée à partir de l'offre de transports collectifs disponible à la date de réalisation de l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise. Toutefois, pour des questions techniques de modélisation, nous généralisons

l'offre de la période de pointe à l'ensemble de la journée.¹ L'affectation sur l'un ou l'autre des modes alternatifs à la voiture se réalise sur la base de règles et sur la base des temps de déplacement.

On doit s'attendre à ce que cette première étape débouche sur un nombre important de déplacements maintenus en automobile. Les transferts obtenus à cette étape à l'inverse peuvent s'analyser comme les déplacements qui auraient du être effectués par d'autres modes si les choix individuels reposaient uniquement sur une rationalité en termes de temps de parcours.

Afin de faire croître les transferts des automobilistes vers les modes de déplacements doux à la suite d'une itération, une révision de la consistance de l'offre en transports collectifs est effectuée (l'offre est toujours supposée répondre à la demande qui lui est adressée). Pour la base de l'itération suivante, les services de l'offre de transports collectifs sont alors améliorés : créations de nouvelles lignes de déplacements, mise en place de nouveaux modes de déplacements collectifs, prolongements de lignes, amélioration de la fréquence, de la capacité ou de la vitesse commerciale des transports collectifs... L'amélioration des services de transports publics est réalisée à partir des projets envisagés dans le cadre du Plan de Déplacements Urbains du Grand Lyon (SYTRAL, 1997) et à partir de la hiérarchisation des réseaux de transports (Grand Lyon, 2000 a à d).

Chaque itération permet ainsi de calculer un potentiel de transfert des véhicules*kilomètres réalisés en voiture sur chacun des modes plus respectueux de l'environnement. Ce calcul est suivi par l'évaluation, selon différents critères, de chacun des scénarios mis en place. Certains critères sont relatifs à la collectivité, d'autres aux individus potentiellement concernés par les transferts modaux : temps total consacré aux déplacements par les usagers et gains ou pertes de temps dus aux transferts modaux ; coût consacré par les usagers à leurs déplacements ; coût supporté par la collectivité pour l'investissement et l'exploitation, intensité du capital par voyageur-km ; consommations d'énergie, émissions de CO₂ et de polluants atmosphériques ; critères relatifs à la redistribution entre usagers permettant de mener une analyse d'acceptabilité individuelle et sociale ; identification des perdants et des gagnants (en fonction des localisations, revenus...).

Ce rapport est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre décrit les données sur lesquelles nous travaillons, puis les définitions, principes et objectifs du calcul du potentiel transférable à partir des déplacements recensés dans l'enquête ménages déplacements de Lyon réalisée en 1994-95 (CETE de Lyon et al., 1995).

¹ Sur l'agglomération lyonnaise, le développement du logiciel TERESE de la SEMALY a été conçu pour répondre principalement à des questions de dimensionnement d'infrastructure (Bonnell, 2002). De ce fait, seule la codification de l'offre en période de pointe du soir est disponible.

Enfin, nous explicitons la détermination des règles relatives aux procédures de transfert modal sur lesquelles nous travaillons.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de l'ensemble des scénarios et des potentiels de réduction de la place de la voiture qu'ils génèrent. Dans ce chapitre, nous abordons l'analyse des potentiels de réduction de la place de la voiture à l'issue des différents scénarios, l'analyse spatiale des potentiels de réduction de la place de la voiture, l'analyse des boucles non transférées et enfin l'analyse de la remise en cause de certaines contraintes sur les motifs de déplacements.

Le troisième chapitre est consacré à des éléments d'évaluation économique, sociale et environnementale. Ce chapitre aborde les enjeux des transferts sur la qualité et le respect de l'environnement, puis les enjeux pour la collectivité en termes d'évolution des coûts de fonctionnement des transports et d'estimation des montants des investissements nécessaires pour chacun des scénarios, et enfin les enjeux en termes d'équité sociale : qui perd, qui gagne à être transféré ? Comment chacun participe à la réduction de l'usage de la voiture ?

Chapitre 1.

Evaluation du potentiel transférable et Définition des règles de transfert modal

Cette phase du projet consiste à établir pour la zone dense de la région lyonnaise une quantification du nombre de déplacements (ou plus exactement de sorties du domicile) réalisés en voiture qui pourront être soumis à une procédure de transfert vers des modes plus doux (transports collectifs, vélo et marche à pied).

Nous rappelons dans un premier temps les caractéristiques des sources utilisées (enquête ménages déplacements de Lyon 95, section 1). Dans un second temps, nous décrivons les principes d'estimation du potentiel transférable (section 2). Nous présentons ensuite l'ensemble des déplacements (ou boucles de déplacements) soumis à la procédure de transfert modal (section 3) et enfin les règles de transfert (section 4). Le lecteur pressé peut se diriger directement sur la conclusion (section 5).

1. Enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise 1994-95

L'enquête ménages déplacements (CERTU, 1998) est la principale source de données en milieu urbain sur les déplacements réalisés au sein d'une agglomération. Elle repose sur une méthodologie standard pour l'ensemble des agglomérations de province contrôlée par le CERTU (Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques). Ces enquêtes sont pilotées localement par les autorités organisatrices qui sont maîtres d'ouvrage (le SYTRAL en ce qui concerne l'agglomération lyonnaise). La dernière enquête sur Lyon a été réalisée en 1994-95 et sera dénommée par la suite *EM LYON95* (CETE de Lyon et al., 1995).

Le principal objectif de l'enquête ménages déplacements est de fournir une base de données aidant à la réflexion dans le domaine de la planification des déplacements urbains. Elle est conçue pour disposer d'une connaissance fine de la structure des déplacements et pour permettre la recherche de leurs déterminants, tout en assurant une certaine fiabilité des résultats.

1.1. Population cible

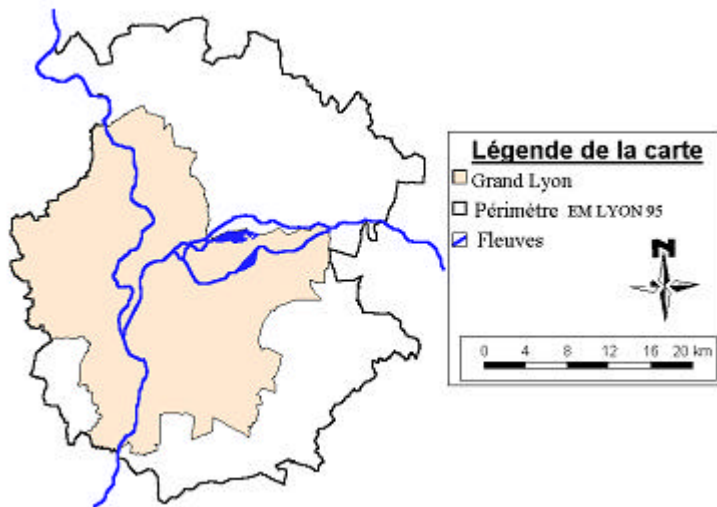
Compte tenu des bases de sondage disponibles, la population cible est constituée de l'ensemble des déplacements réalisés par les résidents du périmètre d'étude. Une partie des déplacements réalisés au sein du périmètre d'étude ne sont toutefois pas couverts par l'enquête ménages déplacements :

- déplacements de transit ;
- déplacements d'échange entre le périmètre couvert par l'enquête et l'extérieur de ce périmètre réalisés par des non-résidents de l'agglomération ;
- déplacements professionnels non recueillis durant l'enquête. Les déplacements de ceux dont le métier consiste à se déplacer tels que les chauffeurs de taxis, les livreurs, les représentants... ne sont donc pas recueillis ;
- déplacements réalisés au sein de l'agglomération par les personnes résidant temporairement à Lyon (hôtels, lieux de séjour...) ;
- déplacements de marchandises.

Le périmètre choisi dépend des agglomérations. Il a tendance à s'élargir au fil du temps pour suivre l'élargissement du bassin d'attraction de l'agglomération. Actuellement, il est dans la plupart des cas plus large que le Périmètre des Transports Urbains (PTU), au sein duquel l'autorité organisatrice des transports collectifs assure sa compétence. Il reste toutefois, le plus souvent, plus restreint que le bassin d'attraction de l'agglomération.

A Lyon, en 1995, ce périmètre correspond à celui du Schéma Directeur de l'agglomération lyonnaise auquel ont été adjointes quelques communes de la côte de l'Ain (Figure 1).

Figure 1 : Périmètre de l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise en 1995



Source : LET, d'après SIG GEOCONCEPT

1.2. Echantillon

La base de sondage utilisée est constituée du recensement de 1990 mis à jour à partir du fichier des constructions neuves. Il s'agit d'une base ménages. Cette base a été complétée par un échantillon de 13 résidences universitaires de l'agglomération, au sein de laquelle, 200 étudiants ont été tirés.

L'échantillon est constitué par tirage aléatoire de ménages, au sein de la base ménages du recensement, après stratification géographique du périmètre d'enquête. L'échantillonnage permet de disposer d'une population représentative, au niveau de ces zones dans un premier temps, et au niveau de l'agglomération ensuite. Pour l'enquête lyonnaise, la stratification s'est opérée sur 86 zones.

Tous les individus du ménage de 5 ans et plus sont enquêtés le même jour sur l'ensemble de leurs déplacements réalisés la veille du jour de l'enquête. L'enquête ne porte que sur les jours de semaine. Les déplacements recensés sont ceux effectués sur la voie publique, à l'intérieur du périmètre d'enquête entre 4 heures du matin la veille et 4 heures du matin le jour-même.

Malgré l'importance de ces enquêtes, les tailles d'échantillon restent limitées pour d'évidentes raisons de coût. Nous avons reporté dans le Tableau 1 les effectifs bruts et pondérés pour la dernière enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise de 1995.

Tableau 1 : Echantillon de l'enquête ménages déplacements EM LYON95

Effectifs	Ménages	Individus 5 ans et plus	Déplacements
Effectifs enquêtés	6 001	13 997	53 213
Effectifs redressés	536 317	1 195 189	4 659 777

Source : LET, d'après EM Lyon95

1.3. Questionnaire

Le tronc commun du questionnaire standard CERTU assurant la comparabilité des enquêtes ménages déplacements entre elles est constitué, entre autres, de trois parties :

- un questionnaire « ménage » qui décrit les caractéristiques du ménage ;
- un questionnaire « personne » qui comprend des questions sur les caractéristiques de la personne, le stationnement et des questions « d'habitude » d'usage des modes de transport ;
- un questionnaire « déplacements » qui comprend pour chaque personne, la description détaillée de tous ses déplacements de la veille.

1.4. Description des déplacements et des moyens de transport

Définition du déplacement

Nous prenons pour notre recherche la même définition du déplacement que celle de l'enquête ménages déplacements.

« Un déplacement est constitué d'un aller simple effectué d'un point (zone origine) à un autre point (zone destination), pour un motif unique, selon une heure de départ et une heure d'arrivée et effectué avec un ou plusieurs modes de transport.

Le motif du déplacement est la raison précise pour laquelle ce déplacement est effectué, l'activité où se rend la personne, à l'aide d'un ou plusieurs moyens de transport appelés modes » (CETE de Lyon et al., 1995)

Zonage

Plusieurs zonages s'emboîtant les uns dans les autres sont disponibles :

- D444 zonage fin de codification des origines-destinations des déplacements. Ce zonage pour des raisons de confidentialité des données (demande de la CNIL (Commission Nationale Informatique et Liberté)) n'est pas disponible ;
- D357 zonage fin de codification des origines-destinations des déplacements. Il est constitué à partir du précédent après regroupement des zones ayant les plus faibles poids de population ;

- D87 zonage de tirage de l'échantillon (86 secteurs de tirage + une zone externe) ;
- D33, D14 et D6 obtenus par agrégations successives de zones à partir du D87.

A de rares exceptions près, le découpage fin est compatible avec les découpages communaux. En revanche, les découpages suivants nécessitent des regroupements de communes pour certaines zones. Ces découpages ne sont pas compatibles avec le découpage utilisé par la SEMALY pour le logiciel TERESE produisant les temps de parcours en transports collectifs, utilisée pour cette recherche.

Calcul des distances à vol d'oiseau et des durées de déplacement

Les distances ne sont pas recueillies au cours de l'enquête. Elles doivent donc être calculées a posteriori. Ce calcul nécessite plusieurs étapes réalisées au LET. Après avoir défini un centroïde pour chaque zone (c'est le barycentre de la zone), nous avons retenu une distance à vol d'oiseau. La durée prise en compte correspond au temps obtenu par différence entre l'heure de fin et l'heure de début du déplacement, déclarées lors de l'enquête.

Pour plus de précision, quant au calcul des distances à vol d'oiseau et à l'imputation des données manquantes, nous renvoyons au rapport d'étape (Bonnell et al., 2001).

Description des modes de transport

A la différence de l'enquête globale parisienne (Massot et al., 2001), un déplacement nécessitant l'usage de plusieurs modes de transport n'est pas divisé en trajets élémentaires (mode de transport unique). Tous les modes nécessaires pour effectuer un déplacement sont identifiés (dans la limite de 3 modes maximum). La table de codification est présentée en annexe 1.1 (Tableau 84).

Description des motifs de déplacements

En complément de la codification fine de l'enquête ménages déplacements, nous avons adopté une codification simplifiée (annexe 1.2, Tableau 86). Pour les boucles, nous avons défini un motif principal par traitement hiérarchisé des motifs agrégés de déplacements (annexe 1.2, Tableau 87).

2. Principes et définition du potentiel transférable

Nous présentons l'ensemble des principes d'identification des déplacements qui constitueront le « potentiel transférable » à partir des données de l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise. Ces principes concernent la prise en considération de l'interdépendance des déplacements chaînés sur le mode de transport utilisé, l'origine et la destination des chaînes de déplacements, le mode de transport et les activités réalisées au sein de la boucle.

2.1. Echantillon de l'enquête ménages déplacements de Lyon

L'enquête ménages déplacements de Lyon 95 retrace l'ensemble des déplacements de la veille de 1 195 189 [13 997]² individus résidant au sein du périmètre de l'enquête (Tableau 2). Parmi ces derniers 116 883 [1 532] n'ont fait aucun déplacement. Nous avons donc 1 078 306 [12 465] individus s'étant déplacés la veille du jour d'enquête (Tableau 2).

Tableau 2 : Nombre de déplacements pour l'ensemble des individus de 5 ans et plus

Nombre d'individus mobiles	Nombre de boucles des individus mobiles	Nombre de déplacements inclus dans une boucle	Nombre de déplacements isolés
1 078 306 (12 465)	1 802 120 (20 781)	4 551 644 (51 994)	108 134 (1 219)
		Total des déplacements des lyonnais mobiles 4 659 777 (53 213)	

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

² Dans l'ensemble des tableaux présentés, les chiffres entre parenthèses figurent les effectifs et pourcentages non redressés, c'est-à-dire les effectifs bruts issus de l'enquête ménages déplacements. Les autres données correspondent aux données redressées (par extrapolation à partir du recensement de 1990 complété par les données de construction neuve au-delà de cette date). Dans le texte, les données non redressées sont fournies entre crochets.

2.2. Prise en considération de l'interdépendance des déplacements chaînés

Au cours de la journée, un individu peut accomplir successivement plusieurs activités sans revenir systématiquement à son domicile. Si ces activités sont effectuées dans des lieux différents, il enchaîne plusieurs déplacements. Le lieu de résidence constitue le point de départ à partir duquel sont analysés ces chaînages.

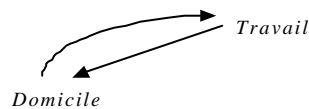
Dans la suite, nous appelons «boucle » la chaîne de déplacements effectués par un individu au départ de son domicile, jusqu'à son retour au domicile. Sur l'ensemble de la journée, un individu peut réaliser plusieurs boucles, correspondant donc à chaque fois à des sorties différentes du domicile.

Les déplacements appartenant à une même boucle sont interdépendants : en effet si l'un au moins des motifs requiert l'usage de la voiture particulière, la voiture sera utilisée pour tous, ou presque, les déplacements de la boucle. De même, l'hypothèse selon laquelle le degré de variété et de complexité du schéma d'activités journalier d'un individu conditionne son choix modal pour le réaliser est largement vérifiée. C'est la raison pour laquelle les critères de transférabilité sont définis à partir des caractéristiques de la boucle (distance totale parcourue, types de liaison empruntée, heure de départ du premier et heure d'arrivée du dernier déplacement) et non pas à partir des caractéristiques des déplacements considérés isolément. Seuls les déplacements, appartenant à une boucle, sont soumis aux procédures de transfert.

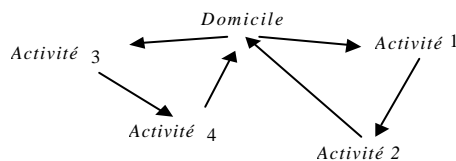
Deux types de boucles sont définis selon qu'elles comportent ou non une ou plusieurs «sous-boucles », commençant et se terminant sur le lieu habituel de travail ou d'études dans la journée. Toute boucle comportant au moins une sous-boucle est définie comme «boucle complexe », toute boucle ne comportant aucune sous boucle est dite «boucle simple ».

A. Exemples de boucles simples

- Une boucle simple de 2 déplacements

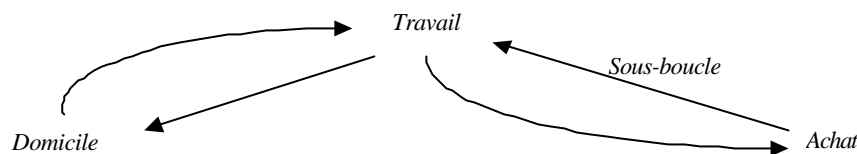


- Deux boucles simples de 3 déplacements chacune



B. Exemple de boucle complexe

- Une boucle comportant une sous-boucle à partir du lieu de travail :



Les caractéristiques relatives aux boucles ont été évaluées à partir du fichier déplacements de l'enquête ménages déplacements de Lyon95 :

- le mode de transport d'une boucle est le mode du premier déplacement de la boucle. Ainsi les boucles voiture conducteur sont celles dont le mode du premier déplacement est voiture conducteur ;
- la distance (durée) totale de la boucle est égale à la somme des distances (durées) des déplacements qui la composent (si un déplacement de la boucle a une durée ou une distance inconnue, la distance ou la durée de la boucle est considérée comme inconnue) ;
- le motif principal de la boucle est défini par traitement hiérarchisé des motifs agrégés de déplacements : travail + école, accompagnement, achats/services, loisirs, autres motifs (annexe 1.2, Tableau 87).

2.3. Origine et destination des déplacements

S'agissant d'évaluer la faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour l'agglomération lyonnaise, nous définissons et évaluons le potentiel transférable sur les boucles ayant au moins une origine et/ou une destination dans cette zone.

Pour cela nous définissons trois types de boucles relativement au périmètre d'analyse :

- boucle interne : tous les déplacements de la boucle ont leur origine et leur destination à l'intérieur du périmètre d'analyse ;
- boucle mixte : au moins un déplacement de la boucle a une origine ou une destination à l'intérieur du périmètre d'analyse et au moins un déplacement de la boucle a une origine ou une destination à l'extérieur du périmètre d'analyse ;
- boucle externe : tous les déplacements de la boucle ont leur origine et leur destination à l'extérieur du périmètre d'analyse.

Le potentiel transférable ne prend en compte que les boucles internes et mixtes. Les boucles externes en sont donc exclues.

Nous avons testé deux périmètres :

- Lyon – Villeurbanne, qui sont les deux communes les plus denses et les mieux desservies en transports collectifs de l’agglomération ;
- l’ensemble du Grand Lyon, Périmètre des Transports Urbains (P.T.U.), territoire de compétence de l’autorité organisatrice des transports collectifs de l’agglomération lyonnaise (SYTRAL).

Les résultats obtenus pour chacun des deux périmètres (Bonnell, 2000 a), nous ont conduit à privilégier le second périmètre pour deux raisons principales. L’offre de transports collectifs de certains déplacements radiaux est de meilleure qualité que celle de certains déplacements internes aux communes de Lyon - Villeurbanne. De plus, le nombre de déplacements automobiles inclus dans le second périmètre est supérieur de 60% à celui inclus dans le premier périmètre. Notre objectif étant de proposer un état radicalement différent du système de transport, il nous a semblé nécessaire de travailler sur l’ensemble du PTU.

Au sein de l’enquête ménages déplacements Lyon 95, on comptabilise 1 681 483 boucles internes et mixtes (Tableau 3), excluant ainsi les 120 637 boucles externes du potentiel transférable. Le nombre de déplacements inclus dans les boucles internes ou mixtes est de 4 277 760.

Tableau 3 : Boucles internes ou mixtes sur le périmètre du GRAND LYON

	Total	Boucles internes	Boucles mixtes	Boucles internes + mixtes	
					% du total en ligne
Nombre de boucles	1 802 120 (20 781)	1 529 181 (17 246)	152 303 (2 011)	1 681 483 (19 257)	93,3 %
Nombre de déplacements inclus dans les boucles	4 551 644 (51 994)	3 832 063 (42 725)	445 697 (5 837)	4 277 760 (48 562)	94,0 %

Source : LET, d’après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

2.4. Définition du potentiel transférable

S’agissant d’analyser des transferts de la voiture vers des modes «doux », nous évaluons le potentiel transférable sur des déplacements réalisés en « voiture conducteur ».

Plus précisément, nous nommons « potentiel transférable » l’ensemble des boucles mixtes ou internes dont le premier déplacement est réalisé sous le mode « voiture conducteur » (qui comprend en fait des déplacements réalisés en voiture conducteur et d’autres en combinaison voiture conducteur + transports collectifs).

Nous avons explicitement considéré le taxi comme un mode de transport « doux », assimilable à du transport public dans la mesure où ce mode de transport repose souvent sur un partage de la voiture à plusieurs.

Parmi les boucles internes ou mixtes précédemment identifiées (Tableau 3), 672 896 boucles internes et mixtes ont un premier déplacement réalisé avec le mode « voiture conducteur » (Tableau 4), définissant ainsi le potentiel transférable. Ces boucles représentent 37,3% de l'ensemble des boucles réalisées un jour donné par les lyonnais (l'annexe 1.3, présente la répartition modale des boucles internes et mixtes). Les déplacements associés à ces boucles représentent quant à eux 40,1% de tous les déplacements réalisés un jour donné par les lyonnais, y compris les déplacements qui ne sont pas dans une boucle (41,0% des déplacements réalisés un jour donné par les lyonnais à l'intérieur d'une boucle).

Tableau 4 : Boucles internes ou mixtes en voiture conducteur sur le périmètre du Grand Lyon

	Total	Boucles internes	Boucles mixtes	Boucles internes + mixtes	
					% du total en ligne
Nombre de boucles dont le 1er déplacement est réalisé en voiture particulière conducteur	727 485 (8 782)	566 508 (6 687)	106 389 (1 404)	672 896 (8 091)	92,5 % (des boucles VP) 37,3 % (de toutes les boucles)
Nombre de déplacements appartenant à une boucle dont le 1er déplacement est réalisé en voiture particulière conducteur	1 994 870 (23 799)	1 543 599 (17 981)	322 876 (4 221)	1 866 476 (22 202)	93,6 % (des déplacements inclus dans les boucles VP) 41,0 % (des déplacements inclus dans toutes les boucles)

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

Parmi les boucles potentiellement transférables (Tableau 5), 91,6% sont des boucles simples et 8,4% sont des boucles complexes, c'est-à-dire engendrant des sous-boucles sur le lieu de travail ou d'études habituel des individus concernés. Le poids des boucles complexes est ici nettement supérieur à la moyenne : seulement 5,1% des boucles internes et mixtes sans considération du mode de transport du premier déplacement sont en effet complexes. Le mode «voiture particulière conducteur » engendre bien la complexité du schéma d'activités individuel. Les boucles simples engendrent 84,1% des déplacements soumis à la procédure de transfert (Tableau 6). Une boucle simple potentiellement transférable est ainsi en moyenne composée de 2,55 déplacements tandis qu'une boucle complexe en comprend en moyenne 5,21.

Tableau 5 : Nombre de boucles du potentiel transférable selon le type de boucles

Types de boucles	Internes		Mixtes		Total	
Simple	521 707	(6 229)	94 340	(1 249)	616 047	(7 478)
Complexes	44 801	(458)	12 049	(155)	56 850	(613)
Total	566 508	(6 687)	106 389	(1 404)	672 896	(8 091)

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

Tableau 6 : Nombre de déplacements des boucles du potentiel transférable selon le type de boucles

Types de boucles	Internes		Mixtes		Total	
Simple	1 312 093	(15 594)	258 343	(3 396)	1 570 436	(18 990)
Complexes	231 506	(2 387)	64 533	(825)	296 040	(3 212)
Total	1 543 599	(17 981)	322 876	(4 221)	1 866 476	(22 202)

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

Rappel des principales définitions retenues dans cette section et utilisées pour la suite du document :

- **boucle** : chaîne des déplacements effectués par un individu au départ de son domicile, jusqu'à son retour au domicile ;
- **boucle interne** : tous les déplacements de la boucle ont leur origine et leur destination à l'intérieur du périmètre d'analyse ;
- **boucle mixte** : au moins un déplacement de la boucle a une origine ou une destination à l'intérieur du périmètre d'analyse et au moins un déplacement de la boucle a une origine ou une destination à l'extérieur du périmètre d'analyse ;
- **déplacement en « voiture particulière »** : comprend les déplacements réalisés en voiture conducteur et d'autres en combinaison voiture conducteur + transports collectifs.
- **potentiel transférable** : ensemble des boucles internes ou mixtes dont le premier déplacement est réalisé sous le mode « voiture particulière ».

Nous présentons ci-dessous les effectifs du potentiel transférable à partir des données de l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise (Tableau 7) :

Tableau 7 : Définition du potentiel transférable

	Nombre de boucles		Nombre de déplacements inclus dans les boucles		Nombre de déplacements en voiture conducteur	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Ensemble des déplacements			4 659 777 (53 213)	100%	1 968 664 (23 583)	100%
Ensemble des boucles	1 802 120 (20 781)	100%	4 551 644 (51 994)	97,7%	1 922 384 (23 013)	97,6%
Boucles internes ou mixtes	1 681 483 (19 257)	93,3%	4 277 760 (48 562)	91,8%	1 795 671 (21 437)	91,5%
Boucles internes ou mixtes automobiles = potentiel transférable	672 896 (8 091)	37,3%	1 866 476 (22 202)	40,1%	1 766 250 (21 135)	89,7%

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

3. Identification des déplacements soumis à la procédure de transfert modal au sein du potentiel transférable

Au sein du potentiel transférable, il paraît peu réaliste de proposer le transfert de certains déplacements sur des modes « doux ». C'est notamment le cas de certains achats qui nécessitent l'usage de la voiture pour transporter les marchandises. C'est également le cas de certains accompagnements, soit que les personnes accompagnées ne peuvent se déplacer seules, soit que le report de ces accompagnements signifierait probablement l'abandon du déplacement et donc une réorganisation du schéma d'activités que nous excluons de notre analyse.

3.1. Analyse des achats

Parmi les achats, il n'est sûrement pas réaliste d'envisager le transfert des « grosses » courses réalisées dans les hypermarchés pour lesquelles la voiture reste indispensable sauf à envisager des systèmes de livraison à domicile. Nous n'avons pas voulu étudier cette hypothèse dont l'économie reste à vérifier. Il paraît donc légitime d'éliminer les achats correspondants de notre potentiel transférable.

Toutefois, le motif achat en grande surface n'est pas identifié en tant que tel. Dans l'enquête ménages déplacements, nous avons trois motifs achats : achat quotidien ou de dépannage ; achat de la semaine ; et achat d'équipement, d'habillement ou de loisir.

Nous avons analysé les caractéristiques des déplacements et des boucles pour ces trois motifs (Bonnel, 2000 a). Parmi l'ensemble des critères étudiés, la distance explique d'une part, la proximité entre les motifs d'achats de la semaine et d'achats d'équipement, d'habillement ou de loisir et d'autre part, la différence avec le motif achat quotidien ou de dépannage. De même la répartition modale est très différente entre ces deux groupes d'achats.

Ces données nous permettent de conclure qu'il n'est pas possible de distinguer réellement les caractéristiques des déplacements ou des boucles achats de la semaine et des déplacements ou des boucles achats d'équipement, d'habillement ou de loisir.

Nous enlevons donc les boucles possédant des déplacements pour motifs achats de la semaine et achats d'équipement, d'habillement ou de loisir de notre potentiel transférable. La voiture est en effet le mode dominant de ces boucles et il est difficilement imaginable d'imposer un transfert sur des modes doux sans changement important dans les pratiques d'achats d'une part et l'organisation de livraison généralisée à domicile, notamment pour les grandes surfaces, d'autre part.

Tableau 8 : Boucles du potentiel transférable comprenant des achats

	Nombre de boucles dont le 1er déplacement est en voiture particulière conducteur		Nombre de déplacements appartenant à une boucle dont le 1er déplacement est en voiture particulière conducteur	
Potentiel transférable	672 896	(8 091)	1 866 476	(22 202)
Dont certains déplacements ou tous achats semaine ou d'équipement, d'habillement ou de loisir	76 718	(917)	247 648	(2 936)
Aucun déplacement achats semaine ou d'équipement, d'habillement ou de loisir	596 178	(7 174)	1 618 828	(19 266)

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquête entre parenthèses)

Les boucles soumises à transfert ne sont donc plus que 596 178 boucles dont le 1^{er} mode est la voiture conducteur et ne possédant aucun déplacement pour motif achats de la semaine ou d'équipement, d'habillement ou de loisir (Tableau 8).

3.2. Analyse des accompagnements

L'accompagnement constitue également un motif à part dans l'ensemble des déplacements. Il serait délicat de reporter systématiquement sur les modes «doux» des boucles présentant des accompagnements. Prenons deux exemples pour illustrer ce propos :

- une personne accompagne en voiture quelqu'un à la gare et revient au domicile. Le report sur un mode doux signifierait soit l'abandon de la boucle si la personne accompagnée peut se rendre seule à la gare, soit l'accompagnement avec un mode doux. Toutefois, les informations disponibles dans l'enquête ménages déplacements ne nous permettent pas de trancher ;
- une personne dépose à l'école un jeune enfant sur le chemin du travail. Si l'enfant est trop jeune, il n'est pas possible d'envisager de le laisser aller seul à l'école. Le report sur des modes doux risque alors d'entraîner des durées assez différentes pour les deux déplacements qui ne seront peut être plus compatibles avec les contraintes d'horaire de travail d'une part et de l'école d'autre part. Une réorganisation du schéma d'activités de plusieurs personnes du ménage risque alors d'être nécessaire pour faire face à la situation nouvelle.

Ces deux exemples illustrent la difficulté d'un transfert systématique. Nous avons examiné de manière plus détaillée les différentes configurations d'accompagnement. Cet examen suppose de connaître les personnes présentes au cours d'un déplacement. De nouveau, l'information n'est pas disponible dans l'enquête ménages déplacements. Il est nécessaire de la reconstituer en examinant les schémas d'activités des individus enquêtés.

Nous renvoyons au rapport d'étape (Bonnell et al., 2001, pp.28-30) pour le détail de la procédure utilisée pour déterminer les personnes présentes, puis les personnes accompagnées. Cette reconstitution permet seulement d'identifier les personnes du ménage de 5 ans et plus, les plus jeunes n'étant pas enquêtées. De plus, il n'est pas possible de savoir si des personnes n'appartenant pas au ménage sont présentes ou accompagnées.

L'analyse détaillée des accompagnements (Bonnell et al., 2001), nous a conduit *in fine* à éliminer de la procédure de transfert les accompagnements suivants :

- accompagnements voués, c'est-à-dire une boucle ne comportant que des déplacements ayant pour motif l'accompagnement à l'exception du retour au domicile. Le report sur des modes doux risque souvent d'entraîner la suppression du déplacement et donc la réorganisation du schéma d'activités ;
- les boucles comportant un trop grand nombre d'accompagnements (3 et plus). Le report sur des modes doux d'un plus grand nombre d'accompagnements

dans une boucle accroît fortement la probabilité de réorganisation du schéma d'activités ;

- les boucles pour lesquelles une personne de 12 ans et moins ou de 60 ans et plus est accompagnée. Il n'est pas toujours possible pour ces personnes d'envisager le report sur un mode doux ou l'abandon de l'accompagnement. De même, nous avons exclu les boucles pour lesquelles aucune personne du ménage n'a pu être identifiée, car l'âge des personnes accompagnées est de fait inconnu.

Finalement, nous conservons uniquement 13 655 boucles internes ou mixtes en voiture particulière. Ces boucles comportent au plus 1 ou 2 déplacement(s) accompagnement dont les personnes accompagnées sont des personnes du ménage âgées de 13 à 60 ans et au moins un déplacement ayant un autre motif (Tableau 9). Elles représentent 8,5% de l'ensemble des boucles voiture conducteur internes ou mixtes comportant au moins un déplacement accompagnement. 91,5% des boucles accompagnement sont donc enlevées.

Tableau 9 : Boucles du potentiel transférable comportant des accompagnements

Nombre de boucles	Motif accompagnement uniquement dans la boucle	Au moins un autre motif dans la boucle	Total
Boucles internes ou mixtes voiture conducteur	72 129 (910)	89 419 (1 083)	161 549 (1 993)
Dont 3 ou plus accompagnements dans la boucle		5 967 (71)	
Dont 1 ou 2 accompagnement(s) dans la boucle		83 453 (1 012)	
Dont 1 ou 2 accompagnement(s) personne moins de 12 ans ou plus de 60 ans ou âge inconnu		69 798 (847)	
Dont 1 ou 2 accompagnement(s) personne du ménage de 13 à 59 ans (bornes incluses)		13 655 (165)	

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

3.3. Conclusion : boucles et déplacements du potentiel transférable soumis à la procédure de transfert

Parmi les boucles du potentiel transférable (section 2.4), ne sont pas soumises à la procédure de transfert modal celles qui ne respectent pas les contraintes sur les motifs de déplacements suivants :

REGLE A. MOTIF DE DEPLACEMENT « ACHAT »

Toutes les boucles du potentiel transférable possédant des déplacements pour motifs « achats de la semaine » et « achats d'équipement, d'habillement ou de loisir » ne sont pas soumises à la procédure de transfert modal.

REGLE B. MOTIF DE DEPLACEMENT « ACCOMPAGNEMENT »

Sont exclues de la procédure de transfert modal les boucles :

- comprenant des accompagnements voués, c'est-à-dire une boucle ne comportant que des déplacements ayant pour motif « accompagnement » à l'exception du retour au domicile ;
- comprenant un trop grand nombre d'accompagnements (3 et plus) ;
- pour lesquelles une personne de 12 ans et moins ou de 60 ans et plus est accompagnée.

Certaines boucles du potentiel transférable peuvent présenter, à la fois, des déplacements pour motifs « achats » et « accompagnement ». Nous présentons la synthèse des boucles et déplacements du potentiel transférable soumis à la procédure de transfert (Tableau 10).

Parmi l'ensemble des boucles, 459 114 boucles sont soumises à la procédure de transfert. Cela correspond à 1 192 781 déplacements inclus dans ces boucles et à 1 125 320 déplacements en voiture conducteur qui sont soumis à la procédure de transfert.

Tableau 10 : Boucles du potentiel transférable soumises à la procédure de transfert

(VP : voiture particulière)	Nombre de boucles		Nombre de déplacements inclus dans les boucles		Nombre de déplacements en voiture conducteur	
	Effectif	% du nombre total de boucles	Effectif	% du nombre total de déplacements	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture
Ensemble des déplacements			4 659 777 (53 213)	100%	1 968 664 (23 583)	100%
Ensemble des boucles	1 802 120 (20 781)	100%	4 551 644 (51 994)	97,7%	1 922 384 (23 013)	97,6%
Boucles internes ou mixtes VP = potentiel transférable	672 896 (8 091)	37,3%	1 866 476 (22 202)	40,1%	1 766 250 (21 135)	89,7%
	Effectif	% du potentiel transférable	Effectif	% du nombre de déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture
Dont au moins un déplacement achats de la semaine ou d'équipement, d'habillement ou de loisir	76 718 (917)	11,4%	247 648 (2 936)	13,3%	232 808 (2 764)	11,8%
Dont au moins un déplacement accompagnement non pris en compte	147 894 (1 828)	22,0%	480 238 (5 836)	25,7%	458 191 (5 589)	23,3%
Boucles soumises à transfert	459 114 (5 482)	68,2%	1 192 781 (14 089)	63,9%	1 125 320 (13 389)	57,2%

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

Nous voyons ainsi dans le Tableau 10 que par rapport aux 1,8 million de boucles sur le périmètre de Lyon, seulement 459 114 sont soumises à transfert, compte tenu des règles définies. L'objectif de cette analyse des boucles et déplacements est de viser réellement les déplacements transférables.

4. Définition des procédures de transfert modal des boucles automobiles

Nous présentons les différentes règles de transfert des boucles dont le premier déplacement est effectué en automobile sur les modes «doux» (la marche à pied, la bicyclette et les transports collectifs). Ces règles sont définies à partir des travaux menés sur l'agglomération parisienne en les adaptant au contexte lyonnais. Nous nous appuyons sur la logique de présentation développée par l'INRETS (Massot et al., 2000).

La définition des règles de transport s'appuie les caractéristiques des systèmes de transport des modes doux et de seuils d'acceptation de la croissance du budget-temps de transport pour les individus, reflétant l'idée que si un individu peut accepter de perdre un peu de temps lors d'un transfert modal sur un mode doux, cela ne sera pas acceptable pour lui au-delà d'un certain temps, en l'occurrence 30 minutes comme nous l'explicitons plus loin. Pour la marche à pied et le vélo, ces seuils sont définis à partir de l'analyse du comportement des individus utilisant les modes correspondants dans l'enquête ménages déplacements. Nous définissons enfin une contrainte relative à l'accroissement du budget-temps de déplacements de l'individu.

L'approche retenue pour la procédure de transfert modal est ainsi basée sur une série de règles. Il ne s'agit donc pas d'une approche comportementale.

4.1. Définition des règles de transfert relatives aux caractéristiques du système de transport

Seuils de distance sur la marche à pied et le vélo

Les modes non motorisés et tout particulièrement la marche à pied sont des modes de proximité. Nous introduisons des seuils au-delà desquels le transfert vers ces modes ne peut pas être proposé. Pour cela, nous nous appuyons sur les caractéristiques des déplacements et des boucles réalisées avec ces modes dans l'enquête ménages déplacements. L'analyse des distributions de distances met en évidence des différences parfois importantes dans la population, notamment selon les motifs de déplacements et l'âge des individus. Ces deux dimensions étant partiellement corrélées, nous avons préféré retenir l'âge qui tient compte, pour partie, des capacités physiques des individus. Nous avons retenu la valeur du troisième quartile de distance comme seuil de distance maximum de transfert. Ce seuil permet de tenir compte de la disparité qui subsiste au sein de chacune des classes et permet de fixer un niveau qui puisse être acceptable pour l'ensemble de la population.

Pour calculer la durée de la boucle, nous devons déterminer une vitesse moyenne. Nous nous appuyons sur les caractéristiques de l'ensemble des boucles réalisées dans l'enquête ménages déplacements. L'analyse des distributions de distance et de durée met en évidence quelques valeurs particulièrement élevées correspondant probablement pour partie à des erreurs de codage ou de saisie. Nous avons donc préféré calculer la moyenne en excluant les valeurs de durée et de distance supérieure au 95^e centile de chacune des distributions par groupe d'âge.

L'analyse détaillée des boucles « marche à pied » et « vélo » est présentée dans le rapport d'étape (Bonnel, 2000 a). Les résultats finaux sont consignés dans les règles suivantes :

REGLE 1. CONTRAINTE DE DISTANCE SUR LA MARCHÉ A PIED				
<i>Toute boucle de longueur inférieure ou égale au seuil ci-dessous peut être soumise à la procédure de transfert vers la marche à pied :</i>				
<i>Valeur du 3^{ème} quartile de distance (en km)</i>	<i>5 à 17 ans</i>	<i>18 à 29 ans</i>	<i>30 à 60 ans</i>	<i>61 ans et plus</i>
	2,31	2,16	2,10	1,96
<i>La valeur associée (en km/h) à une boucle réalisée en marche à pied est de :</i>				
	<i>5 à 17 ans</i>	<i>18 à 29 ans</i>	<i>30 à 60 ans</i>	<i>61 ans et plus</i>
	4,58	3,83	4,61	3,24

REGLE 2. CONTRAINTE DE DISTANCE SUR LE VELO				
<i>Toute boucle de longueur inférieure ou égale au seuil ci-dessous peut être soumise à la procédure de transfert vers le vélo :</i>				
<i>Valeur du 3^{ème} quartile de distance (en km)</i>	<i>5 à 17 ans</i>	<i>18 à 29 ans</i>	<i>30 à 60 ans</i>	<i>61 ans et plus</i>
	2,78	6,38	6,36	2,93
<i>La valeur associée (en km/h) à une boucle réalisée en vélo est de :</i>				
	<i>5 à 17 ans</i>	<i>18 à 29 ans</i>	<i>30 à 60 ans</i>	<i>61 ans et plus</i>
	9,21	10,11	8,11	5,24

L'analyse fine des contraintes de distance sur la marche à pied, sur le vélo pour les boucles du potentiel transférable est renvoyée en annexe 1.4. On retrouve là un résultat connu selon lequel une part importante des déplacements en voiture particulière sont des petits déplacements qui pourraient être effectués en vélo (respectivement 22,5% des boucles du potentiel transférable et 18% des déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable) ou à pied (respectivement 5,6% et 4,2%).

Disponibilité et performance de l'offre de transports collectifs

Le transfert vers les modes de transports collectifs (autobus, métro) est contraint par l'offre existante. La première contrainte porte sur l'amplitude horaire des services. Celle-ci est variable selon les lignes de bus. Nous avons retenu l'amplitude du réseau principal de l'agglomération lyonnaise qui supporte une partie importante des déplacements.

REGLE 3. DISPONIBILITE DE L'OFFRE EN TRANSPORTS COLLECTIFS

Une boucle est transférable sur les transports collectifs si et seulement si le premier déplacement de la boucle débute après 5 heures et 0 minute du matin et le dernier déplacement se termine avant 24 heures et 0 minute le soir.

L'analyse de la disponibilité de l'offre en transports collectifs est renvoyée en annexe 1.5. 57,9% des boucles du potentiel transférable et 53,8% des déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable sont concernés.

Pour déterminer les temps de transport des déplacements automobiles transférés sur les transports collectifs, nous utilisons les temps calculés par le logiciel TERESE de la SEMALY (annexe 1.7). Ces temps sont calculés à partir d'un algorithme de plus court chemin en temps généralisé sur le réseau. Le réseau codifié correspond à celui en service début 1996 (soit approximativement le réseau disponible au cours de la période d'enquête entre novembre 1994 et avril 1995). L'offre est définie pour la période de pointe du soir, c'est-à-dire entre 16h30 et 19h00 (l'utilisation de cette offre en période creuse minimise donc la durée des déplacements). Pour plus de détail, nous renvoyons à l'annexe 1.6 ou au rapport d'étape (Bonnell et al., 2001).

REGLE 4. TEMPS DE DEPLACEMENTS EN TRANSPORTS COLLECTIFS

Le temps en transports collectifs est calculé à l'aide du logiciel TERESE de la SEMALY. Il correspond au temps réel du plus court chemin en temps généralisé. Le temps est calculé pour l'offre disponible à la période de pointe du soir (16h30 – 19h).

4.2. Définition des règles relatives à la croissance du budget-temps de déplacement individuel

Le transfert des déplacements de la voiture particulière vers la marche à pied, le vélo ou les transports collectifs peut entraîner une croissance sensible des durées de déplacement. Or, le temps quotidien passé dans les transports constitue une contrainte forte pour l'individu, comme le suggère la relative stabilité du budget-temps moyen individuel constatée dans les enquêtes de déplacements (Joly et al., 2002).

La détermination de la marge de croissance du budget-temps est relativement délicate. Le niveau actuel du budget-temps d'un individu relève pour partie d'un arbitrage de l'individu entre des stratégies de localisation (domicile, travail, autres activités) et les temps de transport qu'elles génèrent. Si l'on retient une croissance uniforme en valeur absolue, les petits budgets sont relativement plus pénalisés que les gros. Une croissance uniforme en pourcentage peut conduire à des croissances élevées pour les gros budgets-temps. Nous avons donc testé différentes formules de marges de croissance pour évaluer leur incidence. Nous renvoyons au rapport d'étape (Bonnell et al., 2001, pp.38-43) pour plus de détails sur cette analyse.

Pour ce rapport, nous avons retenu la règle suivante :

REGLE 5. MARGE DE CROISSANCE DU BUDGET-TEMPS DE DEPLACEMENTS (BTT)

- *Quel que soit l'individu et son budget-temps initial, la croissance de ce dernier ne peut excéder un seuil maximum fixé à 30 minutes ;*
- *Le budget-temps de déplacement total d'un individu ne peut dépasser un certain seuil. Au-delà de ce seuil, si transfert il y a pour ces individus, il se réalise à budget-temps constant. Ce seuil est fixé à la valeur du 9^{ème} décile de budget-temps soit 149 minutes (qui correspond à un doublement du budget-temps journalier moyen) ;*
- *Tout individu dont le budget-temps initial est strictement supérieur à 300 minutes est exclu de la procédure de transfert ainsi bien évidemment que l'ensemble de ses déplacements. Cette contrainte repose sur l'hypothèse qu'au-delà d'une certaine durée journalière, les changements de mode de transport sont peu probables, voire impossibles en respectant les contraintes. Cette contrainte permet de plus d'apurer le fichier de quelques erreurs de codification dans les durées de transport déclarées par les individus.*

L'analyse de la contrainte sur le budget-temps de déplacements est renvoyée en annexe 1.6. 58,5% des boucles du potentiel transférable et 54,1% des déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable sont concernés. On voit déjà *a priori* que les transferts possibles ne sont pas anecdotiques.

4.3. Détermination de la procédure de transfert modal

Pour mettre en œuvre ces règles, nous avons défini une procédure séquentielle qui dépend du nombre de boucles de l'individu.

Si l'individu n'effectue qu'une seule boucle transférable, les contraintes sont examinées successivement pour les modes dans l'ordre suivant : marche à pied, vélo, puis transports collectifs. Le transfert sera effectif sur le premier mode satisfaisant l'ensemble des règles le concernant.

Si l'individu effectue plusieurs boucles transférables, les boucles sont examinées successivement dans l'ordre de déroulement de la journée enquêtée. A la différence de la procédure précédente, le transfert s'effectue sur le mode doux présentant le temps minimum (ce n'est donc jamais la marche à pied dans ce cas).

REGLE 6. PROCEDURE DE TRANSFERT

Si l'individu effectue une seule boucle transférable, le transfert sera affecté sur le premier mode satisfaisant les règles en suivant l'ordre suivant : marche à pied, vélo, transports collectifs ;

Si l'individu effectue plusieurs boucles transférables, les boucles sont examinées dans l'ordre chronologique. Le transfert est effectué sur le mode permettant un temps minimum parmi les modes satisfaisant les règles de transfert.

5. Conclusion. Evaluation du potentiel transférable

L'objet de ce chapitre consiste à établir pour la zone dense de la région lyonnaise une quantification du nombre de déplacements (ou plus exactement du nombre de boucles) réalisés en voiture particulière qui pourront être soumis à une procédure de transfert vers des modes de déplacements « doux » (transports collectifs, vélo et marche à pied).

A partir des données de l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise de 1995 (CETE et al., 1995), nous avons évalué, dans un premier temps, les boucles qui constituent le potentiel transférable défini dans l'encadré ci-dessous :

- **boucle** : chaîne des déplacements effectués par un individu au départ de son domicile, jusqu'à son retour au domicile ;
- **boucle interne** : tous les déplacements de la boucle ont leur origine et leur destination à l'intérieur du périmètre d'analyse ;
- **boucle mixte** : au moins un déplacement de la boucle a une origine ou une destination à l'intérieur du périmètre d'analyse et au moins un déplacement de la boucle a une origine ou une destination à l'extérieur du périmètre d'analyse ;
- **déplacement en « voiture particulière »** : comprend les déplacements réalisés en voiture conducteur et d'autres en combinaison voiture conducteur + transports collectifs ;
- **potentiel transférable** : ensemble des boucles internes ou mixtes dont le premier déplacement est réalisé sous le mode « voiture particulière ».

Au sein du potentiel transférable, il paraît peu réaliste d'effectuer un test de la procédure de transfert de certains déplacements sur des modes « doux ». Il s'agit des déplacements ayant pour motif l'« achat » ou l'« accompagnement » pour lesquels l'usage de la voiture particulière semble indispensable dans certaines situations. Nous avons alors posé deux règles qui nous permettent d'identifier, au sein du potentiel transférable, les boucles soumises à la procédure de transfert modal :

REGLE A. MOTIF DE DEPLACEMENT « ACHAT »
<i>Toutes les boucles du potentiel transférable possédant des déplacements pour motifs « achats de la semaine » et « achats d'équipement, d'habillement ou de loisir » ne sont pas soumises à la procédure de transfert modal.</i>
REGLE B. MOTIF DE DEPLACEMENT « ACCOMPAGNEMENT »
<i>Sont exclues de la procédure de transfert modal les boucles :</i>
<ul style="list-style-type: none"> – <i>comprenant des accompagnements voués, c'est-à-dire une boucle ne comportant que des déplacements ayant pour motif « accompagnement » à l'exception du retour au domicile ;</i> – <i>comprenant un trop grand nombre d'accompagnements (3 et plus) ;</i> – <i>pour lesquelles une personne de 12 ans et moins ou de 60 ans et plus est accompagnée.</i>

La dernière étape présente la procédure de transfert et les différentes règles de transfert des boucles du potentiel transférable soumises à transfert. Ces règles sont définies à partir des travaux menés sur l'agglomération parisienne (Massot et al., 2001) tout en les adaptant au contexte de l'agglomération lyonnaise. Les six règles principales de transfert établies sont les suivantes :

REGLE 1. CONTRAINTE DE DISTANCE SUR LA MARCHÉ A PIED				
<i>Toute boucle de longueur inférieure ou égale au seuil ci-dessous peut être soumise à la procédure de transfert vers la marche à pied :</i>				
<i>Valeur du 3^{ème} quartile de distance (en km)</i>	<i>5 à 17 ans</i>	<i>18 à 29 ans</i>	<i>30 à 60 ans</i>	<i>61 ans et plus</i>
	2,31	2,16	2,10	1,96

REGLE 2. CONTRAINTE DE DISTANCE SUR LE VELO				
<i>Toute boucle de longueur inférieure ou égale au seuil ci-dessous peut être soumise à la procédure de transfert vers le vélo :</i>				
<i>Valeur du 3^{ème} quartile de distance (en km)</i>	<i>5 à 17 ans</i>	<i>18 à 29 ans</i>	<i>30 à 60 ans</i>	<i>61 ans et plus</i>
	2,78	6,38	6,36	2,93

REGLE 3. DISPONIBILITE DE L'OFFRE EN TRANSPORTS COLLECTIFS

Une boucle est transférable sur les transports collectifs si et seulement si le premier déplacement de la boucle débute après 5 heures et 0 minute du matin et le dernier déplacement se termine avant 24 heures et 0 minute le soir.

REGLE 4. TEMPS DE DEPLACEMENTS EN TRANSPORTS COLLECTIFS

Le temps en transports collectifs est calculé à l'aide du logiciel TERESE de la SEMALY. Il correspond au temps réel du plus court chemin en temps généralisé. Le temps est calculé pour l'offre disponible à la période de pointe du soir (16h30 – 19h).

REGLE 5. MARGE DE CROISSANCE DU BUDGET-TEMPS DE DEPLACEMENTS (BTT)

- Tout individu dont le budget-temps initial est strictement supérieur à 300 minutes est exclu de la procédure de transfert ainsi bien évidemment que l'ensemble de ses déplacements ;*
- La croissance du budget-temps ne peut excéder un seuil maximum fixé à 30 minutes ;*
- Le budget-temps de déplacement total d'un individu ne peut dépasser le seuil de 149 minutes. Au-delà de ce seuil fixé à 149 minutes, si transfert il y a pour ces individus, il se réalise à budget-temps constant.*

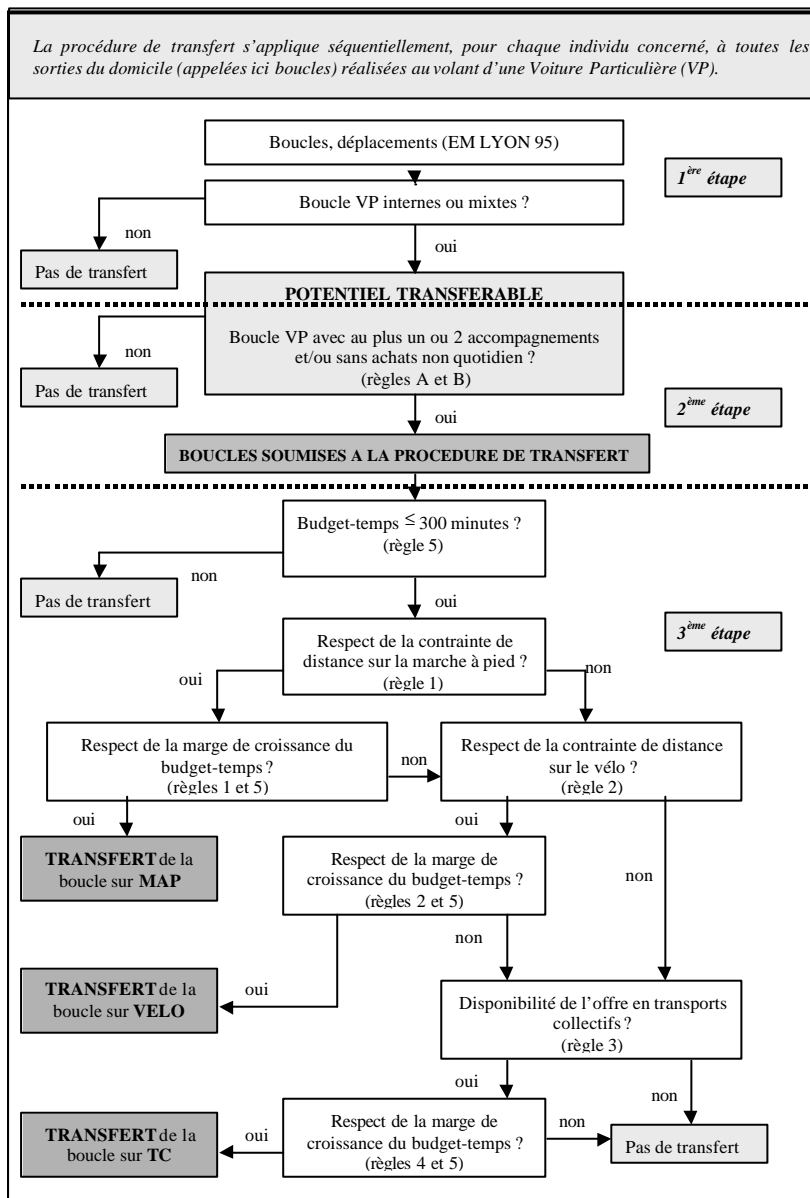
REGLE 6. PROCEDURE DE TRANSFERT

Si l'individu effectue une seule boucle transférable, le transfert sera affecté sur le premier mode satisfaisant les règles en suivant l'ordre suivant : marche à pied, vélo, transports collectifs ;

Si l'individu effectue plusieurs boucles transférables, les boucles sont examinées dans l'ordre chronologique. Le transfert est effectué sur le mode de temps minimum parmi les modes satisfaisant les règles de transfert.

En résumé, le schéma ci-dessous présente les différentes étapes précédentes, dont la procédure simplifiée de transfert des boucles des individus du potentiel transférable soumises à la procédure de transfert.

Figure 2 : Etapes menant aux transferts des boucles de déplacements des individus



Sources : INRETS, LET

Nous rappelons, pour conclure, les effectifs des boucles du potentiel transférable et des boucles soumises à la procédure de transfert (Tableau 11).

Tableau 11 : Boucles du potentiel transférable soumises à la procédure de transfert

(VP : voiture particulière)	Nombre de boucles		Nombre de déplacements inclus dans les boucles		Nombre de déplacements en voiture conducteur	
	Effectif	% du nombre total de boucles	Effectif	% du nombre total de déplacements	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture
Ensemble des déplacements			4 659 777 (53 213)	100%	1 968 664 (23 583)	100%
Ensemble des boucles	1 802 120 (20 781)	100%	4 551 644 (51 994)	97,7%	1 922 384 (23 013)	97,6%
Boucles internes ou mixtes VP = potentiel transférable	672 896 (8 091)	37,3%	1 866 476 (22 202)	40,1%	1 766 250 (21 135)	89,7%
	Effectif	% du potentiel transférable	Effectif	% du nombre de déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture
Boucles soumises à transfert	459 114 (5 482)	68,2%	1 192 781 (14 089)	63,9%	1 125 320 (13 389)	57,2%

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

Ainsi, ce sont 459 114 boucles qui sont soumises à transfert, ce qui représente 57,2% de l'ensemble des déplacements en voiture conducteur.

Chapitre 2.

Scénarios pour une réduction de la place de la voiture à Lyon

L'objectif de ce chapitre est de définir les différents scénarios d'offre en transports collectifs susceptibles de provoquer des transferts de la voiture particulière vers les modes doux et notamment les transports collectifs. Les transferts attendus dans ces différents scénarios seront ensuite déterminés en comparaison avec le scénario de référence, soit le scénario HP 95 défini comme indiqué dans le chapitre précédent par l'application des règles de transfert sur le réseau de 1995.

1. Construction et contenu des différents scénarios de transports collectifs

Suite à l'analyse du scénario HP 95 (Bonnell, 2000 (b)) dont nous rappelons brièvement la définition au paragraphe 1.1 suivant, nous simulons différents scénarios d'offre de transports collectifs dans le but d'augmenter les transferts de déplacements réalisés en voiture sur les modes « doux » :

- augmentation de l'offre en transports en commun sur le périmètre du Grand Lyon (hors offre ferroviaire) ;
- développement de l'offre ferroviaire et amélioration de l'offre ferroviaire présente ;
- amélioration des rabattements sur les axes lourds de transports publics, notamment pour l'offre ferroviaire ;
- amélioration de la connexion et de la complémentarité des réseaux de transports publics.

Quatre scénarios d'offre de transports publics sont confrontés au scénario HP 95. Les variations de la consistance de l'offre de transports publics se basent sur les documents du Plan de Déplacements Urbains (SYTRAL, 1997, pp15-17) et de la hiérarchisation des réseaux des transports en commun (Grand Lyon, 2000 a à d). Les scénarios présentés proposent une amélioration successive et progressive de l'offre. Cette approche permet d'identifier la contribution de chacune des améliorations sur les déplacements automobiles transférés sur les modes «doux » (transports collectifs, vélo et marche à pied).

1.1. Scénario HP 95

Le scénario « Heure de Pointe, 1995 », que nous nommons HP 95, est caractérisé par :

- l'offre de transport correspond à celle du système de transports urbains collectifs (hors offre ferroviaire) de l'agglomération lyonnaise en service à la date de réalisation de l'enquête ménages déplacements de 1995. La simulation de ce scénario a été faite, avec le logiciel TERESE de la SEMALY (annexe 1.7) ;
- ce scénario est appelé « Heure de Pointe » parce qu'une amélioration nette de l'offre en transports collectifs est intégrée en considérant un niveau de service homogène sur l'ensemble de la journée égal à celui de la période de pointe du soir. Cette définition résulte de l'utilisation du réseau codifié sous le logiciel TERESE par la SEMALY. Compte tenu des besoins d'étude de la SEMALY, seule la codification du réseau sur la période de pointe du soir (16h30 – 19h00) est disponible.

L'analyse de ce scénario est présentée dans le rapport d'étape (Bonnell, 2000 b).

1.2. Quatre scénarios d'offre de transports publics : mise en œuvre du Plan de Déplacements Urbains et développement de l'offre ferroviaire

Nous présentons les différents scénarios que nous avons construits (annexe 2.2) :

- *Scénario Heure de Pointe, Transports en Commun Urbains, dit HP TCU.* Ce scénario introduit les objectifs du Plan de Déplacements Urbains pour les transports en commun au sein du périmètre du Grand Lyon qui relève de la compétence du SYTRAL (hors offre ferroviaire) et la notion de la hiérarchisation des réseaux du Plan de Déplacements de Secteurs. L'offre ferroviaire est considérée telle qu'elle existe en 1995 ;
- *Scénario Heure de Pointe, Transports en Commun Urbains, avec augmentation des vitesses commerciales des bus, dit HP TCU + V.* Ce scénario reprend l'offre du scénario HP TCU en ajoutant la mise en œuvre de vitesses commerciales maximales pour les bus, dans l'hypothèse de fluidité totale de la circulation sur la voirie sans obstacle pour les véhicules de transports en commun. Cela revient à mettre en protection l'ensemble du réseau de bus et à donner une priorité absolue aux bus dans les carrefours ;
- *Scénario Heure de Pointe, avec amélioration de l'offre ferroviaire et de l'intermodalité des réseaux de transports publics, dit HP FER.* Ce scénario reprend l'offre de transport du SYTRAL simulée sur le scénario HP TCU. Il pousse la logique plus loin, en proposant une offre ferroviaire radicalement différente de celle existante en 1995. La hiérarchisation des réseaux est mise

en œuvre, en accentuant la connectivité des différents réseaux de transports collectifs. Des points de connexion des réseaux (bus, S.N.C.F., métro et axes forts du Plan de Déplacements Urbains) sont mis en place (pôles multimodaux) ;

- *Scénario HP FER avec augmentation des vitesses commerciales des bus, dit HP FER + V.* Ce scénario reprend l'offre du scénario HP FER en ajoutant la mise en œuvre de vitesses commerciales maximales pour les bus.

Ces scénarios sont nommés «Heure de Pointe » parce qu'une offre homogène de transports collectifs est mise en place sur toute la journée avec un niveau de service égal à celui de la période de pointe du soir. Cette contrainte est liée à la codification disponible dans le logiciel TERESE, mais correspond tout de même à notre de logique de tester le transfert optimal.

La mise en œuvre de l'offre en transports collectifs pour ces quatre scénarios est réalisée à partir du réseau de l'agglomération lyonnaise de 2001 qui a été codifié dans le logiciel TERESE par la SEMALY pour ses besoins d'études. Ce réseau intègre toutes les lignes mises en service depuis 1995 :

- le prolongement des axes de métro (Gorge de Loup - Vaise, et Jean Macé - Stade de Gerland) ;
- la réalisation de deux axes forts du Plan de Déplacements Urbains : les lignes de tramway T1 (Perrache – Part-Dieu – La Doua) et T2 (Perrache – Portes des Alpes – Saint-Priest).

Ce réseau 2001 reprend également toutes les restructurations de lignes de surface faites à la suite de la création des nouvelles infrastructures de transports en commun (hors offre ferroviaire).

Scénario « Heure de Pointe, Transports en Commun Urbains » HP TCU

Le scénario « Heure de Pointe, Transports en Commun Urbains » correspond à la simulation de l'offre en transports en commun urbains avec les 11 lignes fortes du Plan de Déplacements Urbains et de l'offre ferroviaire telle qu'elle existe en 1995 (annexe 2.2).

A. Offre des transports en commun sur le périmètre de compétence du SYTRAL (hors offre ferroviaire)

Les 11 lignes fortes du Plan de Déplacements Urbains sont mises en œuvre, en prenant en compte la notion de hiérarchisation des réseaux précisée dans les Plans de Déplacements de Secteurs du Grand Lyon (Figure 3). S'agissant d'un réseau armature, elles sont mises en site propre. Les lignes fortes permettent de supporter des flux d'échanges importants et de garantir une vitesse commerciale et un cadencement que la voirie classique ne permet pas (séparation des flux) :

- A1 : Saint-Genis-Laval / Oullins / Bellecour (actuelle ligne de bus 10) ;
- A2 : Francheville / Point du Jour / Bellecour (actuelle ligne de bus 30) ;
- A3 : Vaulx-en-Velin / Bonneville / Part-Dieu / Saint-Paul (contrairement au Plan de Déplacements Urbains, cet axe n'est pas prolongé entre Saint-Paul et Vaise, puisqu'il existe déjà une desserte entre ces deux points (ligne de métro)) ;
- A4 : Minguette / Vénissieux / Part-Dieu / La Duchère (actuelle ligne de bus 36) ;
- A5 : Caluire / Rillieux / Part-Dieu (actuelles lignes de bus 41 et 59) ;
- A6 : Actuelle ligne de tramway T1 du réseau 2001 entre Perrache et La Doua ;
- A7 : Gerland / Grange-Blanche / La Doua (actuelle ligne de bus 38) ;
- A8 : Vaulx-en-Velin / Vénissieux / Gerland (actuelle ligne de bus 52) ;
- A9 : Part-Dieu / Saxe / Gambetta / La Soie / Décines / Meyzieu (actuelles lignes de bus 67 et 95). Cet axe est réalisé sur l'infrastructure existante du Chemin de Fer de l'Est Lyonnais (C.F.E.L.) afin d'éviter un doublon entre cet axe fort et la ligne ferroviaire. En outre, cet axe est prolongé depuis Meyzieu jusqu'à Pusignan. Cet axe fort correspond aux futures lignes de tramway LEA et LESLY du Plan de Mandat 2002-2007 du Grand Lyon (SYTRAL, 2002) ;
- A11 : Actuelle ligne de tramway T2 du réseau 2001 entre Perrache et Porte des Alpes, avec son prolongement jusqu'à Saint-Priest ;
- A12 : Oullins / Gerland (prolongement de la ligne B du métro Charpenne – Stade de Gerland).

L'axe A10 (Bron / Grange-Blanche / Part-Dieu / La Doua) n'a pas été considéré, car il est repris par les lignes fortes A7, A8 et T2.

Des renforts en termes de fréquences ont été mis en place sur les deux axes forts tramway du réseau 2001 :

- l'axe de tramway T1 entre Part-Dieu et La Doua ;
- l'axe de tramway T2 entre Grange-Blanche / Porte des Alpes / Saint-Priest.

Un niveau de service homogène a été mis en place pour les 11 lignes fortes sur l'ensemble de la journée. Il correspond à celui de l'heure de pointe du soir avec :

- fréquence de 5 minutes (homogène sur l'ensemble du réseau des axes forts) ;
- mise en site propre intégral. Le matériel roulant est du type tramway ou équivalent ;
- les vitesses commerciales sont de 15 km/h dans le centre, 20 km/h en 1^{ère} couronne et de 25 km/h en deuxième couronne.

Les lignes de métro simulées intègrent les prolongements entre Gorge de Loup et Gare de Vaise (ligne D) et entre Jean-Macé et Stade de Gerland (ligne B). En outre, la ligne B est prolongée entre le Stade de Gerland et Oullins. D'autre part, la ligne A (Perrache / Bellecour / Laurent Bonnevey) est prolongée entre Laurent Bonnevey et La Soie, afin de réaliser une connexion avec les lignes de tramway LEA et LESLY (axe fort A9).

Les autres lignes du réseau de bus sont considérées avec une fréquence qui est celle pratiquée sur le réseau 2001 à l'heure de pointe du soir. Enfin, des lignes de bus de surface ont été restructurées (supprimées ou modifiées) pour tenir compte de la mise en place des 11 lignes fortes précédemment exposées.

B. Offre ferroviaire

La mise en œuvre sur le scénario *HP TCU* de l'offre ferroviaire ne reprend que partiellement les descriptions du Plan de Déplacements Urbains. Elle introduit seulement l'offre ferroviaire telle qu'elle existe en 2001 avec ses 10 services.

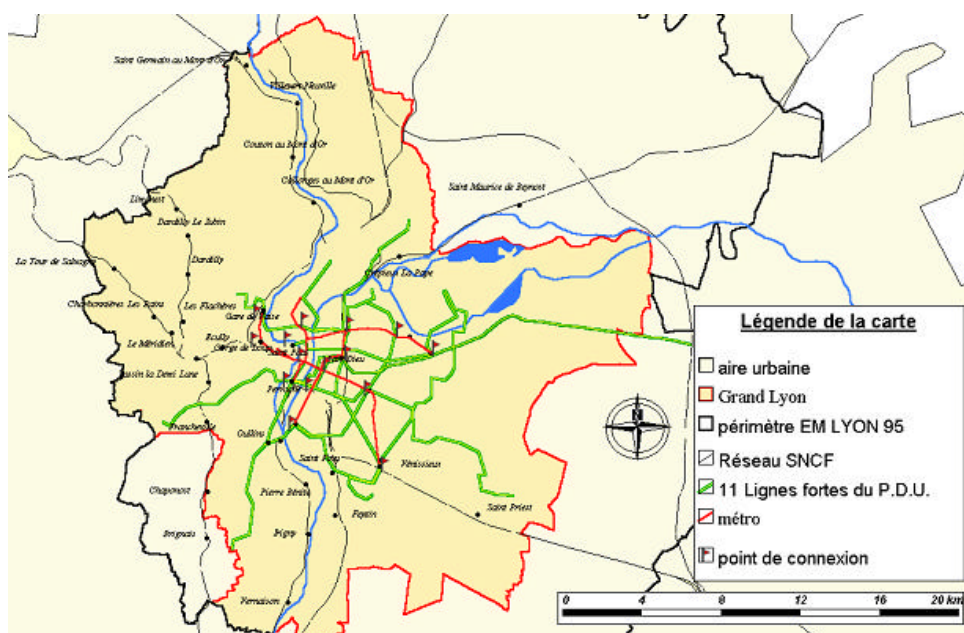
La seule modification faite sur cette offre consiste en une homogénéisation du service proposé, en matière de cadencement et de fréquence. Cette homogénéisation s'applique à l'ensemble des services dans les deux sens de circulation des trains. Le cadencement existant en 2001 est de 30 minutes pour sortir de l'agglomération et de 40-45 minutes pour entrer dans l'agglomération. Le service proposé est homogénéisé avec un cadencement de 30 minutes sur l'ensemble des lignes ferroviaires, à l'exception de la ligne entre Tassin-La-Demi-Lune et Lyon pour lequel le cadencement est déjà d'environ 10 minutes en 2001 (annexe 2.2).

Les 10 services considérés sont :

- Perrache / Saint-Germain au Mont d'Or ;
- Perrache / Feyzin / Solaize ;
- Perrache / Saint-Priest / Toussieu / Chandieu ;
- Perrache / Les Echets (via Part-Dieu) ;
- Perrache / Vernaison ;
- Perrache / Montluel (via Part-Dieu) ;
- Saint-Paul / La-Tour-de-Salvagny (via Tassin) ;
- Saint-Paul / Limonest (via Tassin) ;
- Saint-Paul / Brignais (via Tassin) ;
- Saint-Paul / Tassin-La-Demi-Lune.

La ligne du Chemin de Fer de l'Est Lyonnais (C.F.E.L.) n'est pas considérée, puisqu'elle a été mise en place comme axe fort A9 et intégrée comme tel précédemment.

Figure 3 : Carte du scénario HP TCU



Source : LET, d'après le S.I.G. GEOCONCEPT

Scénario « Heure de Pointe, Transports en Commun Urbains + Vitesse » HP TCU + V

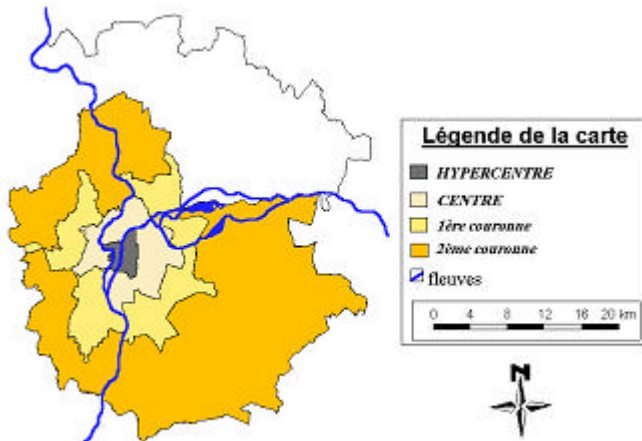
Ce scénario reprend le scénario précédent HP TCU en termes de lignes de réseau, sur lequel nous transposons les vitesses maximales des autobus qui diffèrent en fonction des caractéristiques du réseau viaire.

Dans le Plan de Déplacements Urbains, les vitesses objectivées sont de 16km/h dans le centre (Lyon et Villeurbanne) et 20km/h dans le reste de l'agglomération. Dans, le scénario HP 95, il y a déjà des vitesses de 15km/h dans les deux Hypercentres (la Presqu'île et la Part-Dieu) et de 20km/h dans Villeurbanne sur certains axes protégés. Nous avons cherché à pousser plus loin cette logique de protection en simulant l'hypothèse d'une protection de l'ensemble du réseau de bus de l'agglomération. Cela revient à simuler une fluidité totale de la circulation des bus sur la voirie avec la mise en place d'une priorité aux carrefours. Selon les techniciens de la SLTC ou de la SEMALY, la vitesse moyenne maximale sur un réseau protégé de la circulation automobile (bus en site propre) pourrait être de (Figure 4) :

- 15 km/heure pour le centre ;
- 20 km/heure pour la première couronne ;
- 25 km/heure pour la deuxième couronne.

Ces vitesses ont par ailleurs été retenues dans l'agglomération parisienne (Massot et al., 2001).

Figure 4 : Vitesses commerciales du réseau de bus



Source : LET, d'après SIG GEOCONCEPT

Seules les vitesses commerciales moyennes des lignes sont modifiées. Les autres attributs et caractéristiques des lignes ne sont pas modifiés. L'objectif est d'analyser l'impact d'une augmentation des vitesses commerciales des autobus permises par une protection complète du réseau de bus de la circulation automobile.

Le réseau ferroviaire est identique à celui décrit dans le scénario HP TCU.

Scénario « Heure de Pointe + Intermodalité ferroviaire » HP FER

Le scénario HP FER comprend l'ensemble des améliorations apportées au scénario HP TCU. L'amélioration de l'offre ferroviaire correspond à la mise en œuvre d'un réseau armature ferroviaire, traduction volontariste du Plan de Déplacements Urbains (Figure 5). Nous mettons en œuvre une logique de connexion des différents réseaux de transports publics entre eux (pôles d'intermodalité) en introduisant la notion de hiérarchisation des réseaux en termes de connexité et de connectivité (Annexe 2.1). Pour cela, nous apportons des modifications sur le réseau des transports en commun de compétence du SYTRAL qui supposeraient de mettre en œuvre les éléments suivants : une

politique d'arrêts, l'amélioration des accès aux gares, l'aménagement et l'agrandissement des parcs relais et la modernisation du matériel, éléments non évalués ici.

A. Offre ferroviaire

Le Plan de Déplacements Urbains propose des améliorations succinctes du réseau ferroviaire en termes de niveau de service et de desserte avec un cadencement à 30 minutes, que nous avons suivi dans le scénario HP TCU. Dans ce scénario, nous renforçons le cadencement des lignes ferroviaires à 15 minutes, à l'exception du service entre Tassin-La-Demi-Lune et Lyon qui reste avec un cadencement à 10 minutes comme dans le scénario HP TCU. Les améliorations en termes d'accessibilité, d'aménagement, de modernisation, et de complémentarité (notamment la tarification intermodale), sont considérées comme prises en compte à travers la description des lignes et des réseaux dans le logiciel TERESE.

Nous avons diamétralisé deux services ferroviaires :

- une diamétrale Nord / Sud qui reprend celle décrite dans le Plan de Déplacements Urbains. Elle reprend l'axe ferroviaire entre Saint-Germain-au-Mont-d'Or et la Part-Dieu. A hauteur de la Part-Dieu, elle reprend la ligne de tramway T1 jusqu'à Perrache. Au-delà de Perrache, cette diamétrale reprend la ligne ferroviaire Perrache / Vernaison. Deux connexions sont établies à la Part-Dieu et à Perrache avec les réseaux de bus / métro et les axes forts ;
- une diamétrale Est / Ouest qui emprunte le C.F.E.L. et qui se divise en trois services sur l'Ouest de l'agglomération (Brignais, Limonest, La Tour de Salvagny). Elle reprend depuis Meyzieu l'axe du Chemin de Fer de l'Est Lyonnais (C.F.E.L.) jusqu'à la Part-Dieu. A hauteur de la Part-Dieu, elle reprend l'axe fort A3 jusqu'à la gare de Saint-Paul. Depuis Saint-Paul, elle reprend l'axe ferroviaire jusqu'à Tassin-La-Demi-Lune. A partir de Tassin-La-Demi-Lune, la diamétrale se divise sur les 3 services ferroviaires présents dans l'Ouest de l'agglomération (Tassin / Limonest ; Tassin / La Tour de Salvagny ; et Tassin / Brignais). Cette ligne offre un accès direct aux pôles d'échange de la Soie, de la Part-Dieu et de Saint-Paul.

Les lignes ferroviaires diamétralisées nécessitent la mise en œuvre des axes forts A3 (Saint-Paul / Vaulx-en-Velin) et A1 (Bellecour / Brignais) en site propre. Elles nécessitent l'utilisation de la ligne du Chemin de Fer de l'Est Lyonnais et des lignes T1 et T2 de tramway. L'offre ferroviaire diamétralisée s'apparente ainsi à une offre de type « tram-train » ou « R.E.R. » qui propose une desserte urbaine et péri-urbaine cadencée et efficace.

Les diamétrales Nord-Sud et Est-Ouest correspondent, de par leurs attributs et caractéristiques, à un réseau de type armature qui vient compléter le réseau

armature du SYTRAL. Ce réseau ferroviaire offre une meilleure connectivité en termes de temps de déplacement (accès directs à la Presqu'île, à la Part-Dieu, à la Doua, etc.) ainsi qu'une meilleure connexité avec le réseau de transports en commun de l'agglomération lyonnaise. Ces connexions se font à partir de points d'échange intermodaux. Ce sont les pôles de Perrache, de la Part-Dieu, de Jean-Macé, de Saint-Priest, de La Soie, de Vaise, de Saint-Paul, de Gorge de Loup, de Tassin, de Brignais et d'Oullins.

Une tarification intermodale et une politique d'accessibilité sont supposées être mises en œuvre pour caractériser le niveau de service de l'offre en transports collectifs :

- mise en œuvre d'une tarification intermodale entre l'offre SYTRAL et le transport ferroviaire ;
- mise en œuvre d'une politique d'accessibilité aux arrêts avec une amélioration des points d'accès au réseau, un aménagement et un agrandissement des parcs-relais et la modernisation du matériel.

B. Offre en transports en commun sur le périmètre de compétence du SYTRAL (hors offre ferroviaire)

Elle se caractérise sur ce scénario par la réalisation de 10 des 11 lignes fortes avec un niveau de service identique à celui décrit dans le scénario HP TCU.

Cependant, quelques modifications ont du être apportées sur les axes forts suivants pour assurer la cohérence et la connectivité avec le réseau ferroviaire :

- une modification de l'axe fort A1 pour desservir Pierre-Bénite, et son prolongement jusqu'à Brignais. Une connexion est faite à Brignais avec l'axe ferroviaire ;
- l'axe fort A3 est connecté à la gare de Saint-Paul et avec la ligne A de métro à Laurent Bonnevey ;
- l'axe fort A8 est connecté avec la ligne A du métro à La Soie ;
- la ligne forte A9, considérée comme un axe reprenant le Chemin de Fer de l'Est Lyonnais dans le scénario HP TCU est ici considérée dans l'offre ferroviaire ;
- deux axes forts font l'objet de prolongement (il s'agit de la ligne A1 et de la ligne de tramway T2) ;
- des connexions sont assurées avec les réseaux ferroviaires, de bus ou métro pour les lignes fortes T2, A1, A3 et A8.

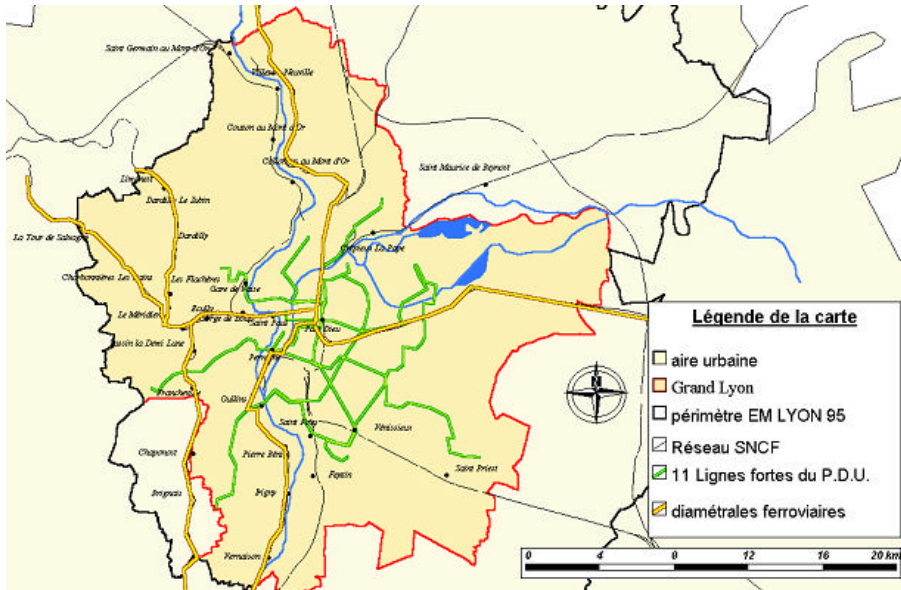
Pour tenir compte de la nouvelle offre ferroviaire et des modifications apportées sur les axes forts, le réseau de surface de bus a subi des restructurations. Ces modifications permettent de créer des points de connexion entre les différents

réseaux de transports collectifs. La restructuration des lignes de bus porte sur les axes suivants :

- restructuration de la ligne 44 due à la diamétralisation de l’offre ferroviaire sur l’axe Est / Ouest de l’agglomération ;
- restructuration de la ligne 62 due au prolongement de l’axe T2 du tramway entre Saint-Priest et Mions ;
- connexion de la ligne 64 avec le C.F.E.L. et la ligne A du métro à hauteur de La Soie ;
- ligne 67 : nouvelle ligne dans la périphérie Est de l’agglomération. Cette ligne reprend l’axe Saint-Priest / Genas / Meyzieu. Elle remplace plusieurs lignes de bus (67 et 50 du réseau T.C.L. 2001). Une connexion de cette ligne avec le C.F.E.L. et une connexion avec l’axe de tramway T2 est établie à hauteur de Saint-Priest. Cette ligne de bus a été créée pour rendre compte d’un renforcement de la connectivité (accès direct sans correspondance pour une desserte périphérique réalisée par plusieurs lignes de bus sur le réseau T.C.L. 2001) et également de la connexion des zones périphériques au reste de l’agglomération ;
- modification de parcours de la ligne 95 afin d’établir une connexion avec le C.F.E.L. et la ligne A du métro à hauteur de La Soie ;
- restructuration de la ligne 107 due à la présence de l’axe fort LEA-LESLY (axe du Chemin de Fer de l’Est Lyonnais) ;
- suppression de la ligne 184 suite à la diamétralisation de l’offre ferroviaire sur l’axe Nord / Sud de l’agglomération ;
- ligne 186 : nouvelle ligne de rocade entre Feyzin / Mions / Corbas. Cette ligne de bus a été créée pour rendre compte d’un renforcement de la connectivité du réseau de transports collectifs.

Ces lignes de bus de surface possèdent le même niveau de service que l’ensemble des autres lignes de bus.

Figure 5 : Carte du scénario HP FER



Source : LET, d'après le S.I.G. GEOCONCEPT

Scénario « Heure de Pointe + Intermodalité ferroviaire + Vitesse » HP FER + V

Comme dans le scénario HP TCU + V, nous simulons des vitesses commerciales de 15 km/h, 20 km/h et 25 km/h pour les bus, respectivement pour le centre, la première couronne et la deuxième couronne en reprenant exactement la description du scénario HP FER précédemment faite. Nous rendons ainsi compte de l'absence d'encombrement du réseau de voirie et d'une priorité forte donnée au réseau de transports en commun (bus) de surface.

1.3. Quantification de l'évolution de l'offre de transports publics

L'estimation quantitative de l'offre est issue du logiciel TERESE. Suite à la définition des différents scénarios, nous donnons un ordre de grandeur de l'évolution de l'offre de transports publics en matière de places * kilomètres offertes.

Dans le scénario HP 95, l'offre totale de transports collectifs produite dans l'agglomération lyonnaise est de 7272 millions de places * kilomètres offertes (P.K.O.) sur l'année³. Dans cette estimation, les Trains Express Régionaux

³ Les données de TERESE sont produites pour la période de pointe du soir (16h30-19h00). Le réseau de transports collectifs est ouvert de 5h à 24h. De ce fait, pour avoir les

n'apparaissent pas, car ils n'ont pas été pris en compte dans ce scénario. Un tiers de l'offre concerne le réseau de métro et 2/3 pour le réseau de bus (Tableau 12).

Tableau 12 : Estimation des places * kilomètres offertes annuelles dans le scénario HP 95

Scénario HP 95	PKO annuelles en millions	en %
Métro	2 391	33%
TER (+)	0	0%
Bus	4 881	67%
Tramway	0	0%
Total	7 272	100%

Source : LET, d'après le logiciel TERESE (SEMALY)

(+) le réseau S.N.C.F. existant en 1995 n'est pas codé dans le scénario HP 95.

Les améliorations de l'offre en transports collectifs sont très importantes dans les autres scénarios, se situant entre + 73% et + 92% (+61% et +56% hors croissance de l'offre ferroviaire) de places * kilomètres offertes par rapport au scénario HP 95 (Tableau 13, Figure 6).

Tableau 13 : Estimation globale de l'évolution de l'offre de transport propre à chaque scénario

PKO annuelles en millions	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Total	7 272	12 612	12 612	13 925	13 925
Taux de croissance		73,4%	73,4%	91,5%	91,5%
Total / hors fer	7 272	11 725	11 725	11 336	11 336
Taux de croissance		61,2%	61,2%	55,9%	55,9%

Source : LET, d'après le logiciel TERESE (SEMALY)

Le détail par réseau nous montre des taux de croissance des places * kilomètres offertes très élevés pour les axes forts types tramway : la part de l'offre, nulle dans le scénario HP 95 représente près de 40% de la part de l'offre de transports collectifs (hors ferroviaire) dans le scénario HP TCU. Les taux de croissance des places * kilomètres offertes pour le réseau ferroviaire sont également très importants. L'offre ferroviaire est multipliée par quatre entre le scénario HP TCU

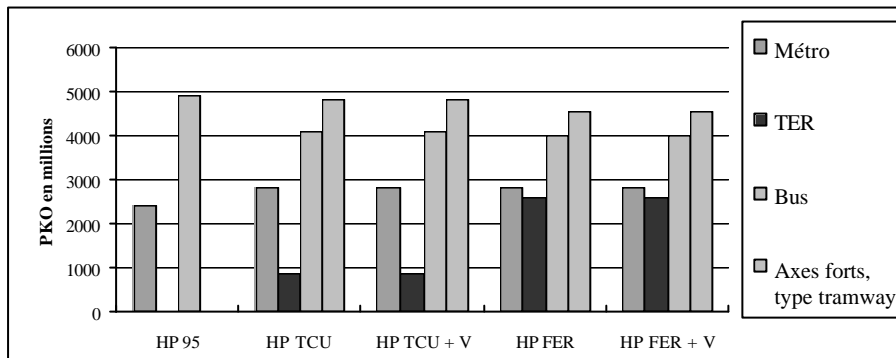
places*kilomètres offertes (P.K.O.) journalières, nous avons multiplié les résultats de TERESE par un coefficient de 7,6 (24h-5h)/(2h30). Compte tenu d'une offre en transports collectifs plus faible le week-end, on utilise généralement un coefficient de l'ordre de 300 pour passer des estimations des places * kilomètres offertes sur un jour moyen de la semaine aux estimations annuelles.

et le scénario HP FER + V et représente près de 20% de l'offre totale sur les deux derniers scénarios.

Après une chute en pourcentage par rapport au scénario HP 95, le réseau métro se maintient entre 20% et 24% de l'offre totale (la chute de la part de l'offre métro correspond à une croissance de l'offre due aux axes forts qui augmente l'offre totale). Il en est de même pour le réseau de bus, pour lequel l'offre reste entre 26% et 23% (Figure 6).

La baisse de l'offre des axes forts entre les scénarios HP TCU et HP FER provient, entre autres, des modifications faites sur ce dernier scénario (l'axe du Chemin de Fer de l'Est Lyonnais est considéré du point de vue de l'offre ferroviaire, contrairement au scénario HP TCU).

Figure 6 : Estimation des places * kilomètres offertes annuelles pour chaque réseau par scénario d'offre de transports publics



Source : LET, d'après le logiciel TERESE (SEMALY)

1.4. Synthèse des scénarios de transports collectifs

Pour l'agglomération lyonnaise, l'analyse des transferts est menée sur cinq scénarios d'offre en transports collectifs.

Le point de départ des différents scénarios est le scénario «Heure de Pointe, 1995 » dit HP 95 qui représente l'offre du système de transports urbains collectifs (hors offre ferroviaire) en service en 1995 (date de l'enquête ménages déplacements sur l'agglomération). Une amélioration nette de cette offre est intégrée en considérant un niveau de service homogène sur l'ensemble de la journée égal à celui de la période de pointe du soir (16 heures 30 – 19 heures) pour des raisons de codification sous le logiciel TERESE de la SEMALY.

Quatre scénarios d'offre en transports collectifs sont ensuite mis en œuvre. Ils comprennent des actions dans le but d'augmenter les transferts des déplacements réalisés en voiture vers les modes «doux ». Ces actions portent principalement sur :

- une croissance de l’offre en transports en commun urbains (hors offre ferroviaire) par une interprétation du Plan de Déplacements Urbains de l’agglomération lyonnaise (SYTRAL, 1997) ;
- une introduction de l’offre ferroviaire et une amélioration nette dépassant le cadre des objectifs du Plan de Déplacements Urbains ;
- une amélioration des rabattements sur les axes lourds de transports publics ;
- une amélioration de la connexion et de la complémentarité entre les réseaux de transports publics (hiérarchisation des réseaux (Grand Lyon 2000, a à d)).

Les scénarios présentés proposent une offre croissante en transports collectifs :

- scénario HP TCU, introduisant les objectifs du Plan de Déplacements Urbains, la notion de hiérarchisation des réseaux et l’offre ferroviaire telle qu’elle existe en 1995 ;
- scénario HP TCU + V, reprenant le précédent scénario, en ajoutant la mise en œuvre de vitesses commerciales maximales pour les bus (ce qui revient à mettre en site propre l’ensemble du réseau de bus) ;
- scénario HP FER, reprenant le scénario HP TCU en apportant une amélioration nette à l’offre ferroviaire, par la création notamment de « diamétrales ferroviaires » ;
- scénario HP FER + V, reprenant le scénario HP FER, en simulant des vitesses commerciales maximales pour les bus (mise en site propre intégral du réseau de surface).

Les améliorations successives des différents scénarios conduisent à un doublement de l’offre de transports collectifs, en termes de places * kilomètres offertes, entre le premier scénario (HP 95) et le scénario le plus complet (HP FER + V). L’offre croît de 7 272 millions à 13 925 millions de places * kilomètres offertes (Tableau 13, Figure 6).

2. Evaluation des transferts

Notre première analyse porte sur la quantification des transferts à budget-temps quotidien de déplacements constant (section 2.1). Elle fournit une première image des transferts possibles, compte tenu des règles que nous avons définies dans le précédent chapitre, dans la configuration actuelle. C'est-à-dire avec l'offre de transport et le budget-temps disponible à la date de l'enquête ménages déplacements. Nous présentons ensuite les principaux résultats pour le seuil de marge de croissance des budgets-temps de déplacements individuels «BTT + 30 minutes » (Règle n°5, section 4.2 du chapitre 1) et pour chacun des scénarios d'offre de transports collectifs (section précédente). Les sections suivantes permettent l'analyse des boucles transférées et du budget-temps moyen. Une fiche de synthèse résume les principaux résultats.

2.1. Nombre de boucles et de déplacements transférés à budget-temps quotidien de déplacements constant et offre de transports collectifs constante (scénario HP95)

Afin de séparer l'incidence de l'accroissement de l'offre et de l'accroissement du budget-temps quotidien de déplacement, nous conservons le budget-temps constant dans cette première sous-section (section 2.1). Nous conservons également une offre de transports collectifs constante avec le scénario HP95 correspondant à l'offre disponible à la date de réalisation de l'enquête ménages déplacements (compte tenu de la description de l'offre dans le logiciel TERESE, il s'agit en fait une offre accrue dans la mesure où l'offre de la période de pointe est généralisée à l'ensemble de la journée).

Tableau 14 : Nombre de boucles et de déplacements transférés (transfert à budget-temps de déplacements constant)

(BTT = Budget-temps de transport)	Nombre de boucles		Nombre de déplacements inclus dans les boucles		Nombre total de déplacements voiture conducteur	
	Effectif	% par rapport au potentiel transférable	Effectif	% par rapport au potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture particulière
Ensemble des déplacements					1 968 664	100,0%
Potentiel transférable (boucles internes ou mixtes en VP)	672 896	100,0%	1 866 476	100,0%	1 766 250	89,7%
Boucles soumises à transfert et respectant l'ensemble des contraintes	393 026	58,4%	1 009 813	54,1%	952 187	48,3%
	Effectif	Taux de transfert par rapport au potentiel transférable	Effectif	Taux de transfert par rapport au potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture particulière
Scénario HP95	95 628	14,2%	232 342	12,4%	217 643	11%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Dès cette première itération (Tableau 14), 14% des boucles sont transférées. Le taux de transfert est un peu plus faible en ce qui concerne les déplacements inclus dans les boucles avec 12% de déplacements transférés et s'établit à 11% pour les déplacements en voiture conducteur inclus dans les boucles. Cela signifie que seuls 11% des déplacements gagneraient en temps à être transférés. Ces déplacements ne représentent que 5,6% des véhicules * kilomètres quotidiennement parcourus par les résidents du périmètre de l'enquête ménages déplacements. Autrement dit, le choix de l'automobile semble rationnel au regard du temps (en termes de temps de transport) pour la grande majorité des déplacements automobiles réalisées par les résidents du périmètre de l'enquête ménages déplacements, puisque 89% d'entre eux nécessitent plus de temps pour être réalisés en modes doux.

2.2. Nombre de boucles et de déplacements transférés avec la marge de croissance sur le budget-temps quotidien de déplacements

Dans le scénario HP 95 l'application d'une marge de croissance du budget-temps de déplacements de 30 minutes conduit à un nombre de boucles transférées [et de déplacements inclus dans les boucles transférées] très élevé. 207 792 boucles (492 164 déplacements) du potentiel transférable sont transférées à l'issue de ce scénario (Tableau 15). Cela représente environ 31% des boucles du potentiel transférable et près de 53% des boucles du potentiel transférable respectant l'ensemble des contraintes⁴. Ce scénario constitue ainsi le scénario de référence de notre étude.

Les améliorations de l'offre apportées par les quatre scénarios définis précédemment conduisent ainsi à permettre d'autres transferts comme nous pouvons le constater ci-après.

La mise en place des 11 lignes fortes du Plan de Déplacements Urbains (scénario HP TCU) permet d'accroître, de façon non négligeable, le nombre de boucles remplissant les conditions de transfert. Environ 33 000 boucles supplémentaires par rapport au scénario HP 95 sont transférées. Cela fait passer le taux de transfert de 31% (scénario HP 95) à 35,8% (scénario HP TCU).

La simulation des scénarios suivants conduit à une croissance très limitée des transferts. Le taux de transfert passe de 35,8% (scénario HP TCU) à 38,3% (scénario HP FER + V) dans le meilleur des cas.

Néanmoins, le nombre de boucles supplémentaires transférées reste faible par rapport à l'augmentation importante de l'offre simulée dans les différents scénarios, la quasi-totalité des boucles (déplacements) transférées est obtenue dès le scénario HP 95 (Tableau 15).

Que ce soit sur le scénario HP TCU ou le scénario HP FER, l'augmentation des vitesses commerciales des lignes de bus se traduit par une croissance très faible du nombre de boucles supplémentaires qui remplissent les conditions de transfert (+1 631 boucles supplémentaires sur le scénario HP FER + V par rapport au scénario HP FER). La mise en site propre de l'intégralité du réseau de surface de bus produit des effets moins importants que la réalisation des axes forts du Plan de Déplacements Urbains et/ou des diamétrales ferroviaires.

⁴ Nous nommons boucles du potentiel transférable respectant l'ensemble des contraintes, les boucles du potentiel transférable soumises à transfert, qui :

- respectent les contraintes d'au moins un mode de déplacements doux ;
- sont réalisés par des individus dont le budget-temps de déplacements n'excède pas 300 minutes.

Les résultats sont similaires pour le nombre de déplacements inclus dans les boucles et le nombre de déplacements en voiture inclus dans les boucles.

Tableau 15 : Nombre de boucles et de déplacements transférés (transfert, BTT+30min)

(BTT = Budget-temps de transport)	Nombre de boucles		Nombre de déplacements inclus dans les boucles		Nombre total de déplacements voiture conducteur	
	Effectif	% par rapport au potentiel transférable	Effectif	% par rapport au potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture particulière
Ensemble des déplacements					1 968 664	100%
Potentiel transférable (boucles internes ou mixtes en VP)	672 896	100%	1 866 476	100%	1 766 250	89,7%
Boucles soumises à transfert et respectant l'ensemble des contraintes	393 026	58,4%	1 009 813	54,1%	952 187	48,3%
	Effectif	Taux de transfert par rapport au potentiel transférable	Effectif	Taux de transfert par rapport au potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture particulière
HP 95	207 792	30,9%	492 164	26,4%	466 278	23,7%
HP TCU	240 812	35,8%	580 678	31,1%	549 732	27,9%
HP TCU + V	244 390	36,3%	590 566	31,6%	559 172	28,4%
HP FER	256 263	38,1%	618 111	33,1%	585 678	29,8%
HP FER + V	257 894	38,3%	622 670	33,4%	590 237	30,0%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

2.3. Répartition modale des boucles et des déplacements (boucles internes ou mixtes)

Avant d'observer la répartition modale de l'ensemble des boucles et déplacements de la zone considérée (sur l'ensemble des boucles internes ou mixtes de l'enquête ménages déplacements) (section 2.3.2 du chapitre 2), nous présentons tout d'abord les transferts sur les modes alternatifs à l'automobile.

Répartition modale des boucles et des déplacements transférés sur les modes doux

La structure des transferts automobiles vers les modes « doux » de déplacements montre le degré de pertinence des alternatives modales pour un système de transports radicalement différent.

Sur le scénario HP 95, le vélo s'affirme comme le principal mode « doux » sur lequel sont transférés les boucles et les déplacements. La part des transferts sur le vélo est de 57% des boucles transférées contre 36% pour les transports collectifs. La répartition est à peu près identique pour les déplacements inclus dans les boucles transférées. Les transferts sur la marche à pied sont peu nombreux (Tableau 16).

Dans le cas de PARI 21 (Massot et al., 2001, p.40), sous les mêmes hypothèses, pour le scénario d'offre en transport inchangée par rapport à la situation existante à la date de l'enquête globale transports 1991-1992, les transports collectifs s'affirment comme principal mode « doux » des transferts. Cette comparaison montre que les stratégies de report modal sur l'agglomération lyonnaise se situent à une échelle spatiale différente de celle de la zone dense francilienne. La part du vélo est potentiellement plus importante à Lyon qu'à Paris. La finesse de desserte du réseau parisien de transports collectifs limite les transferts sur le vélo.

L'amélioration successive de l'offre en transports collectifs inverse la répartition modale des transferts sur le vélo et les transports collectifs. La réalisation des 11 lignes du Plan de Déplacements Urbains (scénario HP TCU) permet d'accroître la part des transferts sur les transports collectifs de 11 points (Tableau 16) pour les boucles et les déplacements par rapport au scénario HP 95. La croissance de la part des transferts sur les transports collectifs est moindre au-delà du scénario HP TCU (seulement 4 points de plus sur le scénario HP FER + V par rapport au scénario HP TCU).

Tableau 16 : Répartition des boucles et des déplacements transférés sur les modes doux (BTT + 30 minutes)

% calculés sur les effectifs redressés	Répartition sur les modes doux dans l'ordre suivant : [MAP / VELO / TC]				
	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Nombre de boucles transférées	6,5 / 57,3 / 36,2	5,6 / 47,1 / 47,3	5,5 / 46,2 / 48,3	5,3 / 44,5 / 50,2	5,2 / 43,8 / 51,0
Nombre de déplacements inclus dans les boucles transférées	5,9 / 54,6 / 39,6	5,0 / 44,2 / 50,8	4,9 / 43,3 / 51,8	4,7 / 41,8 / 53,6	4,6 / 41,1 / 54,3

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La marche à pied a une part de transfert très faible et stable quels que soient les scénarios simulés. Cela vient du fait que les transferts sur ce mode sont entièrement accomplis dès le scénario HP 95. Il en est de même pour les transferts sur le vélo. La chute de 10 points de la part des transferts sur le vélo entre les scénarios HP 95 et HP TCU s'explique par un plus grand nombre de boucles transférées sur les transports collectifs. Le nombre de boucles transférées sur le vélo n'évolue pratiquement pas.

Conséquences sur la répartition modale des boucles et des déplacements

La répartition modale de l'ensemble des boucles internes ou mixtes évolue avec la répartition des transferts des automobilistes sur chacun des modes « doux » (Tableau 17 et Tableau 18).

L'amélioration successive de l'offre en transports collectifs permet d'équilibrer les parts modales des boucles des automobilistes conducteurs et des transports collectifs. La variation majeure de la répartition modale des boucles est obtenue dès le scénario HP 95. Par rapport à la situation de l'enquête ménages déplacements EM LYON 95, la part modale des automobilistes conducteurs chute de près de 13 points. Les transports collectifs «gagnent» 4,5 points. A l'issue du scénario le plus complet HP FER + V, la part modale des boucles des automobilistes conducteurs a chuté de 15 points pour atteindre 24,7%. Celle des transports collectifs a «gagné» 8 points pour atteindre 22,3%.

Cet équilibre est moins net pour les parts modales des déplacements (Tableau 18). En effet, la part modale des automobilistes conducteurs passe de 42% (situation de l'enquête ménages déplacements EM LYON 95) à 28,2% (scénario HP FER + V). Celle des transports collectifs passe de 13% (EM LYON 95) à 20,8% (scénario HP FER + V). Ce résultat découle d'un nombre moyen de

déplacements par boucle plus faible pour les boucles transférées que pour celles qui ne le sont pas. Plus les boucles comportent de déplacements, plus leur transfert sur les modes doux est difficile à réaliser.

La part modale de la marche à pied n'évolue pratiquement pas avec les différents scénarios. Les boucles transférées sur la marche à pied sont peu nombreuses (Tableau 16). De plus, dès le scénario HP 95, les transferts sur ce mode sont entièrement accomplis.

La part modale du vélo est multipliée par 10 sur le scénario HP 95 avant de se stabiliser. Sur le scénario HP 95, la majorité des transferts se font sur le vélo (paragraphe précédent). La part modale du vélo, à 0,7% dans l'enquête ménages déplacements, passerait à près de 7,4% avec les transferts. Au-delà du scénario HP 95, la part modale du vélo se stabilise à 7,4%. Comme pour la marche à pied, les transferts sont presque entièrement accomplis sur le vélo dès le scénario HP 95.

Tableau 17 : Répartition modale des boucles après transfert (ensemble des boucles internes ou mixtes) (BTT + 30 min)

Mode	EM LYON 95	Scénarios				
		HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Marche à pied	31,8%	32,6%	32,6%	32,6%	32,6%	32,6%
Vélo	0,7%	7,8%	7,4%	7,4%	7,5%	7,4%
2 roues à moteurs	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Voiture passager	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%
Voiture conducteur	40,0%	27,7%	25,7%	25,5%	24,8%	24,7%
Transports collectifs	14,5%	19,0%	21,3%	21,5%	22,2%	22,3%
Non renseignés	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

(Annexe 2.3 pour les effectifs)

Tableau 18 : Répartition modale des déplacements après transfert (ensemble des boucles internes ou mixtes) (BTT + 30 min)

Mode	EM LYON 95	Scénarios				
		HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Marche à pied	31,3%	31,5%	31,5%	31,5%	31,4%	31,4%
Vélo	0,6%	6,9%	6,6%	6,6%	6,6%	6,6%
2 roues à moteurs	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Voiture passager	12,1%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%
Voiture conducteur	42,0%	31,1%	29,1%	28,9%	28,3%	28,2%
Transports collectifs	13,0%	17,5%	19,8%	20,1%	20,7%	20,8%
Non renseignés	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

2.4. Durée des boucles transférées

L'analyse de l'évolution des durées des boucles avant et après transfert montre qu'il s'agit principalement de boucles de courtes durées qui sont transférées (Tableau 19 et Tableau 20). En effet, alors que la durée moyenne de l'ensemble des boucles soumises à transfert est de 55 minutes, la durée moyenne des boucles transférées est, sur le scénario HP 95, d'environ 38 minutes avant transfert, contre 69 minutes pour celles qui ne sont pas transférées.

Le transfert sur les transports collectifs concerne des boucles dont la durée est plus longue que la moyenne. En revanche, la marche à pied et le vélo sont pertinents principalement pour des boucles de courtes distances et donc de durée plus courte en voiture. De plus, les transferts sur la marche à pied ou le vélo conduisent fréquemment à des durées moyennes des boucles plus faibles après transfert qu'avant transfert. C'est le contraire pour les boucles transférées sur les transports collectifs.

Tableau 19 : Durée moyenne des boucles transférées avant transfert modal

BTT + 30mn	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Ensemble des boucles	55,0				
Boucles non transférées	68,7	70,4	70,6	70,9	71,1
Boucles transférées	38,4	41,0	41,2	42,4	42,4
Dont marche à pied	22,1				
Dont transports collectifs	60,7	57,8	57,6	58,7	58,2
Dont vélo	26,2	26,4			

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Tableau 20 : Durée moyenne des boucles transférées après transfert modal

BTT + 30mn	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Ensemble des boucles	55,3	55,2	55,2	55,1	55,2
Boucles transférées	39,2	41,4	41,7	42,7	42,7
Dont marche à pied	20,4				
Dont transports collectifs	65,3	60,7	60,7	61,3	60,9
Dont vélo	24,8	24,5	24,4	24,4	24,3

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Les améliorations successives du réseau de transports collectifs se traduisent par une relative stabilité de la durée moyenne de l'ensemble des boucles (passant de 55,3 minutes sur le scénario HP 95 à 55,1 minutes (valeur la plus faible) sur le scénario HP FER).

Par contre, les durées moyennes des boucles non transférées ou des boucles transférées augmentent au fur et à mesure des différentes améliorations apportées par les scénarios. La croissance de la durée moyenne observée des boucles non transférées la plus importante s'observe pour le scénario HP TCU (+2 minutes par rapport au scénario HP 95).

Cette croissance traduit le fait que les améliorations apportées à l'offre en transports collectifs autorisent le transfert de boucles supplémentaires dont la durée moyenne est plus importante que sur le scénario HP 95 (durée moyenne croissante de 38,4 minutes à 42,4 minutes, avant transfert ; respectivement de 39,2 minutes à 42,7 minutes, après transfert).

2.5. Gains et pertes moyens de temps des boucles transférées

Malgré la relative stabilité des durées des boucles avant et après transfert, on observe pour certaines d'entre elles des gains de temps, et pour d'autres des pertes de temps (Tableau 21).

Les améliorations faites sur l'offre en transports collectifs contribuent tout aussi bien à une augmentation du nombre de boucles transférées conduisant à un gain de temps que du nombre de boucles qui conduisent à une perte de temps. D'autre part, quel que soit le scénario considéré, le nombre de boucles conduisant à une perte de temps est plus important que le nombre de boucles conduisant à un gain de temps. Seulement 12% à 16% des boucles du potentiel transférable permettent un gain de temps après transfert, contre 18% à 22% qui conduisent à une perte de temps.

Parmi les 393 026 boucles (Tableau 15) du potentiel transférable soumises à la procédure de transfert et qui respectent l'ensemble des contraintes (voir note 5, page 59), les boucles transférées avec gain de temps sur le scénario HP 95 ne représentent que 22% de l'ensemble des boucles transférées (c'est-à-dire 12,6% des boucles du potentiel transférable). Les 78% des boucles restantes sont donc :

- soit des boucles qui conduisent à une perte de temps en étant transférées sur les modes «doux» de déplacements (31%), c'est-à-dire 18,3% des boucles du potentiel transférable ;
- soit des boucles non transférées (47%), car elles ne respectent pas la contrainte sur la marge de croissance du budget-temps (Règle n°5, page 35).

Pour ces 78% de boucles soumises à transfert et respectant l'ensemble des contraintes, l'utilisation de la voiture particulière s'avère donc rationnelle par rapport au temps de parcours.

Tableau 21 : Nombre des boucles transférées perdant ou gagnant du temps

Nombre de boucles transférées BTT + 30 mn		Avec perte de temps		Avec gain de temps	
		Effectif	% sur le potentiel transférable	Effectif	% sur le potentiel transférable
Scénarios	HP 95	123 091	18,3%	84 701	12,6%
	HP TCU	140 171	20,8%	100 641	15,0%
	HP TCU + V	142 870	21,2%	101 520	15,1%
	HP FER	148 351	22,0%	107 912	16,0%
	HP FER + V	149 903	22,3%	107 991	16,0%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Le fait que les gains et les pertes de temps s'équilibrent explique la relative stabilité de la durée des boucles transférées, car le gain moyen de temps est supérieur à la perte moyenne de temps des boucles transférées (Tableau 22).

Les gains de temps moyen des boucles transférées restent stables en moyenne en fonction des améliorations apportées sur l'offre en transports collectifs. Le gain de temps croît au plus de 1,3%, ou 0,2 point, (scénario HP FER + V) par rapport au scénario HP 95.

Le gain moyen de temps des boucles transférées sur les transports collectifs diminue légèrement avec les améliorations successives d'offres apportées dans les différents scénarios. La chute la plus importante se situe entre le scénario HP TCU et le scénario HP 95 (chute du gain moyen de temps de 2,2 points). Il en est de même pour la perte de temps moyenne des boucles transférées sur les transports collectifs (chute maximale de 1,4 points entre les scénarios HP 95 et HP FER + V). Malgré cela, le gain moyen ou la perte moyenne de temps restent stables. Cela s'explique par une compensation entre les diminutions des gains (ou pertes) de temps observés et le nombre croissant des boucles transférées sur les transports collectifs avec une durée légèrement plus longue.

Tableau 22 : Gain et perte moyen de temps des boucles transférées

Durée en minutes BTT + 30 mn	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Gain de temps moyen (moyenne sur les boucles dont la durée a diminué après transfert)					
Ensemble des boucles transférées	16,3	16,3	16,4	16,5	16,5
Dont marche à pied	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
Dont transports collectifs	21,5	19,3	19,2	19,0	19,0
Dont vélo	14,2	14,3	14,4	14,4	14,4
Perte de temps moyenne (moyenne sur les boucles dont la durée s'est accrue après transfert)					
Ensemble des boucles transférées	12,5	12,4	12,5	12,5	12,5
Dont marche à pied	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
Dont transports collectifs	16,7	15,3	15,3	15,2	15,2
Dont vélo	9,7	9,5	9,4	9,4	9,4

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

2.6. Budget-temps de déplacement journalier

Sur l'ensemble des individus, les budgets-temps après transfert restent stables quel que soit le scénario d'offre de transports collectifs simulé (Tableau 23). Ils sont estimés à environ 81 minutes, avant et après transfert.

De même, les budgets-temps des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable sont stables après transfert. Estimés à 92 minutes, ces budgets-temps sont supérieurs à ceux de l'ensemble des individus. Cela vient directement de la construction du potentiel transférable qui ne considère que les boucles internes ou mixtes en voiture particulière. Ces boucles sont en moyenne relativement plus longues que celles déjà réalisées sur les modes doux de déplacements.

Par contre, les résultats diffèrent pour les individus dont au moins une boucle est transférée. Les budgets-temps moyens de ces individus sont compris entre 74 minutes et 77 minutes avant transfert (et entre 75 minutes et 77 minutes après transfert). Ils sont plus faibles que ceux de l'ensemble des individus et que ceux des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable. On retrouve le fait que les boucles transférées sont les plus courtes. Les boucles les plus longues restent sur la voiture particulière. Malgré l'amélioration de l'offre en transports collectifs, ces dernières boucles sont difficilement transférées car l'usage de la voiture particulière reste rationnel en termes de temps de déplacements.

Tableau 23 : Evolution du budget-temps moyen des individus (BTT + 30mn)

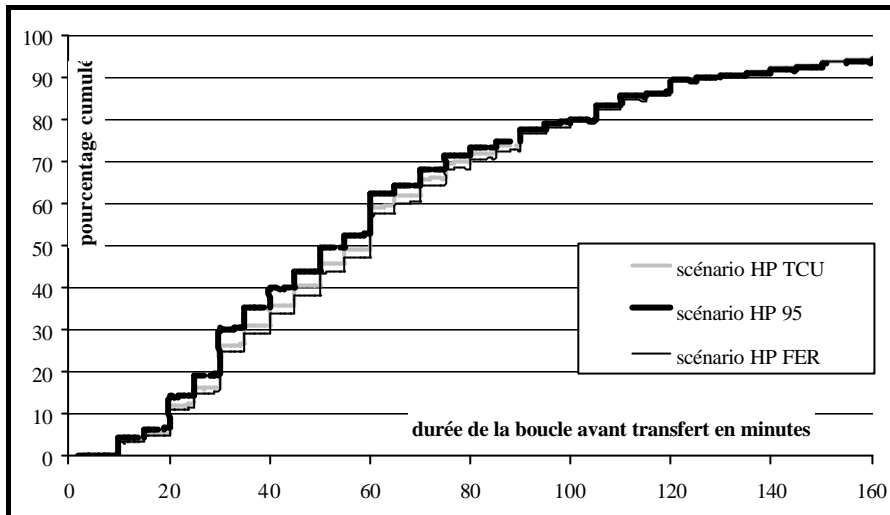
Budget-temps de déplacements journalier moyen en minutes		Scénarios				
		HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Ensemble des individus	Avant transfert	80,8	80,8	80,8	80,8	80,8
	Après transfert	80,9	80,9	80,9	80,9	80,9
Individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable	Avant transfert	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0
	Après transfert	92,4	92,2	92,3	92,2	92,2
Individus dont au moins une boucle est transférée	Avant transfert	74,2	75,8	76,0	76,9	76,7
	Après transfert	75,1	76,3	76,6	77,3	77,1

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Le budget-temps des individus dont au moins une boucle est transférée est, avant et après transfert, légèrement croissant avec les améliorations successives

apportées aux réseaux de transports collectifs (croissance des budgets-temps de +3,7% avant transfert entre le scénario HP 95 et le scénario HP FER). Cette croissance du budget-temps s'explique par le fait que les boucles transférées sont, en moyenne, d'une durée légèrement plus longue et sont plus nombreuses (Figure 7), avec l'amélioration successive des réseaux de transports collectifs.

Figure 7 : Distribution des durées cumulées avant transfert de l'ensemble des boucles transférées en minutes, par scénario d'offre de transports publics



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Les gains et les pertes moyens sur le budget-temps moyen des individus dont au moins une boucle est transférée restent relativement stables selon l'évolution des scénarios simulés (Tableau 24). Les gains de temps diminuent légèrement (-3,5%) entre le scénario HP 95 et le scénario HP TCU, avant de remonter faiblement pour les scénarios d'amélioration de l'offre ferroviaire et de l'intermodalité (scénarios HP FER (+V)). Au contraire, les pertes moyennes de temps sur le budget-temps moyen des individus dont au moins une boucle est transférée, évoluent plutôt à la hausse suite à l'amélioration de l'offre en transports collectifs.

Tableau 24 : Gain et perte moyen sur le budget-temps moyen des individus dont au moins une boucle est transférée sur les modes doux

Transfert BTT + 30mn En minutes	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Gain moyen	20,2	19,5	19,5	19,8	19,7
Perte moyenne	13,5	13,8	13,8	13,7	13,8

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

2.7. Synthèse sur les transferts obtenus à l'issue des différents scénarios d'offre en transports collectifs

L'analyse du scénario HP 95 est riche d'enseignement. Ce scénario correspond à l'offre de transports collectifs (hors offre ferroviaire) existante en 1995, avec un service généralisé sur l'ensemble de la journée équivalent à celui de la période de pointe du soir (16 heures 30 – 19 heures).

La première itération à budget-temps quotidien de déplacements constant permet le transfert de 14% des boucles du potentiel transférable, mais de seulement 11% des déplacements automobiles réalisés par les résidents du périmètre de l'enquête ménages déplacements. Cela signifie que pour la grande majorité (89%) des déplacements automobiles, l'utilisation de la voiture est rationnelle en termes de temps de parcours.

L'itération suivante autorise une croissance du budget-temps de déplacement quotidien avec une marge de croissance de 30 minutes maximum. Elle permet de tirer les enseignements suivants :

- L'essentiel des transferts est obtenu dès le scénario HP 95. De plus, le vélo s'affirme comme le principal mode « doux » sur lequel sont transférés les déplacements, avec plus d'un déplacement sur deux transféré sur ce mode, contre un tiers sur les transports collectifs ;
- Si les transferts se font majoritairement sur le vélo, c'est parce que les boucles transférées sont principalement des boucles de courtes distances et de courtes durées. La durée moyenne de l'ensemble des boucles transférées est de 38 minutes, contre une durée nettement plus importante pour l'ensemble des boucles soumises à transfert (55 minutes) et les boucles non transférées (69 minutes) ;
- La pertinence du vélo et de la marche à pied comme alternative possible à la voiture est limitée aux boucles de courtes durées ou de courtes distances ;
- Les transferts sur les transports collectifs concernent des boucles dont la durée est nettement plus longue que la durée moyenne de l'ensemble des boucles transférées. Les boucles transférées sur les transports collectifs ont une durée qui se rapproche de celle de la voiture (61 minutes).

L'amélioration successive de l'offre en transports collectifs apportée par chacun des quatre scénarios simulés a également des effets en termes de transferts automobiles vers les modes doux.

- L'amélioration de l'offre en transports collectifs permet d'accroître les transferts réalisés sur ce mode. La mise en site propre de l'intégralité du réseau de surface de bus produit des effets moins importants que la réalisation des axes forts du Plan de Déplacements Urbains et/ou des diamétrales ferroviaires.

Après transfert, la voiture perd près de 14 points (scénario HP FER + V) en

faveur des transports collectifs qui gagnent 8 points et du vélo qui gagne 6 points par rapport à la situation de l'enquête ménages déplacements.

- Le nombre de boucles et de déplacements supplémentaires transférés (par rapport au scénario HP 95) à l'issue des scénarios est peu important à la vue de ce que représentent les investissements en termes de croissance de l'offre en transports collectifs. A un doublement de l'offre en transports collectifs (scénario HP FER + V) n'est associée qu'une croissance de 25% des transferts par rapport au scénario HP 95.

En termes de durée des boucles transférées et d'évolution du budget-temps des déplacements journaliers, les améliorations successives du réseau de transports collectifs se traduisent par une relative stabilité de la durée moyenne de l'ensemble des boucles et une relative stabilité des budgets-temps de déplacements.

Cependant, derrière ces stabilités relatives, on observe des gains de temps et des pertes de temps. Alors que des transferts se font avec gain de temps, d'autres se réalisent avec perte de temps, puisque nous autorisons une marge de croissance du budget-temps de déplacements dans la procédure de transfert modal (règle 5, chapitre 1, section 4.2). Les gains ou les pertes moyens de temps restent relativement stables avec l'amélioration de l'offre en transports collectifs. Il en est de même sur les gains et les pertes moyens sur les budgets-temps moyens des individus dont au moins une boucle est transférée.

L'analyse des gains et des pertes de temps sur les durées des boucles permet surtout d'affirmer que l'usage de la voiture particulière comme mode de déplacements est majoritairement rationnel en termes de temps de déplacements. En effet, si des boucles gagnent du temps à être transférées, elles ne représentent qu'un faible nombre de l'ensemble des boucles soumises à transfert et respectant l'ensemble des contraintes de transfert (paragraphe 2.5). Pour 78% des boucles soumises à transfert et respectant l'ensemble des contraintes (voir note 5, page 59), l'usage de la voiture peut apparaître comme rationnel en termes de temps puisqu'il s'agit soit de boucles perdant du temps après transfert (31%), soit de boucles non transférées car ne respectant pas la marge de croissance du budget-temps de déplacements (47%).

3. Analyse spatiale des transferts

Cette section aborde l'analyse spatiale des transferts de chacun des cinq scénarios simulés. Nous analysons successivement :

- les distances des boucles transférées ;
- la répartition spatiale des déplacements des boucles transférées ;
- la répartition spatiale des véhicules * kilomètres des boucles transférés.

3.1. Distances des boucles transférées

Indépendamment des scénarios, la distance moyenne des boucles transférées (Tableau 25) est nettement plus faible que celle de l'ensemble du potentiel transférable. Mais, les améliorations de l'offre en transports collectifs, telle que la mise en service des 11 lignes fortes du Plan de Déplacements Urbains ou les «diamétrales» ferroviaires, permettent le transfert de boucles plus longues. La distance moyenne augmente de 1,85 kilomètres sur le scénario HP FER par rapport au scénario HP 95. L'augmentation des vitesses commerciales du réseau de bus n'a qu'un effet marginal sur l'évolution des distances des boucles transférées.

Tableau 25 : Distance moyenne des boucles transférées (BTT+30mn)

Distance en km (potentiel transférable = 11,58 km)	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Boucles non transférées	17,1	17,8	17,9	17,6	17,6
Boucles transférées	5,8	6,8	6,9	7,7	7,7
Dont marche à pied	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Dont transports collectifs	10,3	10,8	10,9	12,1	12,0
Dont vélo	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La répartition selon le mode des distances de déplacement de l'ensemble des boucles internes ou mixtes évolue avec la répartition des transferts sur les modes de déplacements « doux » (Tableau 26).

Les améliorations de l'offre en transports collectifs permettent le transfert sur les transports collectifs de boucles de distances plus longues. Elles permettent également d'accroître de façon non marginale la part des distances parcourues en transports collectifs sur l'ensemble des distances parcourues - tous modes confondus. Celle-ci passe de 2100 000 km (EM LYON 95) à 3664 000 km (scénario HP FER + V après transfert), soit une croissance de +74%.

D'autre part, la part des distances parcourues en voiture conducteur chute fortement avec les améliorations successives de l'offre en transports collectifs. Elle passe de 7 274 000 km (EM LYON 95) à 5 330 000 km (scénario HP FER + V après transfert), soit une baisse de près de un tiers.

Tableau 26 : Répartition selon le mode des distances parcourues (km) avant et après transfert

Mode (en milliers de km)	EM LYON 95	Scénarios				
		HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Marche à pied	1 092	1 112	1 097	1 096	1 095	1 095
Vélo	50	461	437	435	438	433
2 roues moteurs	101	101	101	101	101	101
Voiture passager	1 805	1 805	1 800	1 800	1 798	1 798
Voiture conducteur	7 274	6 069	5 668	5 618	5 350	5 330
Transports collectifs	2 100	2 874	3 319	3 373	3 640	3 664
Non renseignés	63	63	63	63	63	63
Total	12 485	12 485	12 485	12 485	12 485	12 485

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Quel que soit le scénario simulé, la distance moyenne des boucles transférées avec gain de temps est plus courte d'environ 1,5 kilomètres que celle des boucles transférées avec pertes de temps (Tableau 27). Malgré cet écart constant, l'amélioration de l'offre en transports collectifs accroît la distance moyenne des boucles « gagnants » et « perdants » du temps.

Tableau 27 : Distance moyenne de l'ensemble des boucles transférées avec perte ou gain de temps (BTT + 30mn)

Scénarios	Distance moyenne (km) des boucles avec "perte de temps"	Distance moyenne (km) des boucles avec "gain de temps"
HP 95	6,5	4,9
HP TCU	7,4	5,9
HP TCU + V	7,6	6,0
HP FER	8,2	6,9
HP FER + V	8,2	6,9

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La distance moyenne des boucles transférées sur les transports collectifs (Tableau 28) augmente que ce soit pour les boucles transférées avec gain de temps de 10,4km (scénario HP 95) à 12km (scénario HP FER + V) ou pour les boucles

transférées avec perte de temps de 10km (scénario HP 95) à 12km (scénario HP FER + V).

Tableau 28 : Distance moyenne des boucles transférées sur TC avec perte ou gain de temps (BTT + 30mn)

Scénarios	Distance moyenne (km) des boucles avec "perte de temps"	Distance moyenne (km) des boucles avec "gain de temps"
HP 95	10,4	10,0
HP TCU	11,0	10,4
HP TCU + V	11,2	10,4
HP FER	12,1	11,9
HP FER + V	12,0	12,0

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Afin d'analyser plus finement la différence de distance entre les boucles « gagnant » du temps et celles « perdant » du temps, nous avons examiné, sur le scénario HP 95, la distance moyenne des boucles transférées selon la répartition sur chacun des modes doux (Tableau 29).

Tableau 29 : Distances moyennes des boucles transférées selon le mode doux et selon le gain ou la perte de temps, pour le scénario HP 95 (BTT + 30min)

Boucles transférées avec gain de temps sur	Effectifs	Répartition des transferts	Distance moyenne des boucles, km
Marche à pied	5 637	7%	1,3
Transports collectifs	23 586	28%	10,0
Vélo	55 489	66%	3,0
TOTAL	84 712	100%	4,9

Boucles transférées avec perte de temps sur	Effectifs	Répartition des transferts	Distance moyenne des boucles, km
Marche à pied	7 886	6%	1,6
Transports collectifs	51 654	42%	10,4
Vélo	63 540	52%	3,8
TOTAL	123 080	100%	6,5

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Les boucles qui permettent un gain de temps lors du transfert sur les modes doux sont effectivement plus courtes de 1,6 km que les boucles transférées avec perte de temps. Cependant, lorsque nous regardons les distances moyennes selon le mode sur lequel les boucles sont transférées en distinguant toujours les gains et les pertes de temps, nous notons que :

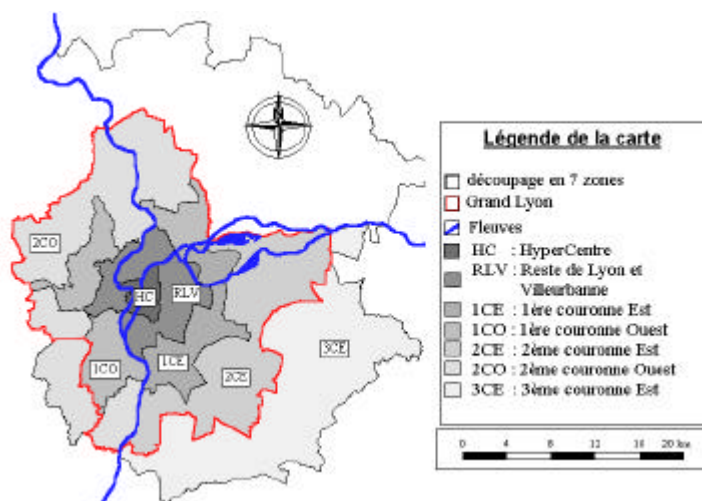
- les boucles qui permettent un gain de temps lors du transfert sur n'importe quel mode doux sont plus courtes que celles qui sont transférées sur le même mode doux avec perte de temps ;
- pour un mode doux donné, le différentiel de distance entre les boucles transférées sur ce mode avec gain de temps et celles transférées avec perte de temps est nettement inférieur au différentiel moyen de 1,6 km (300m pour la marche à pied, 400m pour les transports collectifs et 800m pour le vélo).

Cela s'explique par le fait que les boucles transférées avec un gain de temps sont principalement transférées sur le vélo (66% des transferts) et la marche à pied (7% des transferts). Les boucles transférées sur les transports collectifs ne représentent que 28% des boucles transférées avec gain de temps. La répartition est quelque peu différente pour les boucles transférées avec perte de temps pour lesquelles les transferts sur les transports collectifs sont plus importants (42%).

3.2. Répartition spatiale des déplacements transférés

L'analyse spatiale des transferts peut difficilement être menée au niveau de la boucle. Nous travaillerons donc au niveau des déplacements composant la boucle. Compte tenu des effectifs, nous retenons un découpage en sept zones qui combine une logique de couronnes avec la distinction entre l'Est et l'Ouest de l'agglomération (coupure du fleuve et différence sociologique assez importante, Figure 8).

Figure 8 : Périmètre de l'enquête ménages déplacements et découpage en 7 zones



Source : LET, d'après EM LYON 95

Analyse globale de la répartition spatiale des déplacements appartenant à des boucles transférées

La répartition spatiale des déplacements appartenant aux boucles transférées (Tableau 30) est assez logiquement différente de celle des déplacements appartenant aux boucles non transférées (Tableau 97, annexe 2.5). Pour les déplacements appartenant aux boucles transférées, le poids des déplacements internes à une zone (origine et destination appartenant à la même zone) est nettement accru par rapport aux déplacements appartenant au potentiel transférable. On retrouve là les transferts de faible distance sur le vélo et la marche à pied. Il en est de même des échanges entre les deux zones Hypercentre (HC) et Reste de Lyon et Villeurbanne (RLV). En revanche, le résultat est inverse pour l'ensemble des autres types de flux.

L'amélioration successive de l'offre en transports collectifs change la répartition spatiale des déplacements appartenant aux boucles transférées (Tableau 30). Les poids des déplacements appartenant à des flux internes à une zone ou entre les deux zones centrales, qui étaient très importants sur le scénario HP 95 diminuent respectivement de -10,9% et -7,7% sur le scénario HP FER + V. Ce sont les flux radiaux (avec l'Hypercentre ou le Reste de Lyon et Villeurbanne) qui proportionnellement profitent le plus des améliorations successives apportées à l'offre en transports collectifs (leurs poids augmente de +30,7% entre le scénario HP 95 et le scénario HP FER + V). Quant aux autres flux, les transferts sont négligeables malgré la réalisation des 11 lignes fortes du Plan de Déplacements Urbains, l'amélioration de l'offre ferroviaire et de l'intermodalité. Ces derniers pourcentages sont certes en croissance (certains doublent), mais restent faibles par rapport au nombre de déplacements concernés par ces flux.

L'amélioration de l'offre ferroviaire, grâce à la mise en place de diamétrales, augmente le poids de déplacements des boucles transférées pour les flux d'échanges et les flux radiaux (+60% sur ces flux pour le scénario HP FER + V).

Tableau 30 : Répartition spatiale des déplacements inclus dans les boucles transférées (Transfert BTT+ 30 mn)

Répartition spatiale des déplacements Effectifs redressés et [% en colonne]	Déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable	Déplacements inclus dans les boucles transférées				
		Scénarios				
		HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Interne à une zone	874 923 [43,0%]	308 292 [62,6%]	340 645 [58,7%]	343 740 [58,2%]	345 426 [56,0%]	346 491 [55,8%]
Echange entre HC et RLV	185 173 [10,1%]	78 061 [15,9%]	88 112 [15,2%]	89 759 [15,2%]	90 297 [14,6%]	91 218 [14,7%]
Flux radiaux (avec HC+RLV)	510 200 [30,1%]	89 054 [18,1%]	125 259 [21,6%]	129 268 [21,9%]	145 977 [23,5%]	147 973 [23,7%]
Echange entre les zones de l'Est (1CE, 2CE et 3CE)	101 522 [5,9%]	8 596 [1,7%]	12 837 [2,2%]	13 739 [2,3%]	18 146 [2,9%]	18 693 [3,0%]
Echange entre les zones de l'Ouest (1CO et 2CO)	69 488 [3,6%]	6 597 [1,3%]	10 599 [1,8%]	11 065 [1,9%]	13 119 [2,1%]	13 322 [2,1%]
Echange entre l'Est et l'Ouest	40 023 [2,4%]	1 296 [0,3%]	2 392 [0,4%]	2 160 [0,4%]	4 311 [0,7%]	4 138 [0,7%]
Reste (échanges avec des zones externes au périmètre)	85 147 [4,8%]	268 [0,1%]	835 [0,1%]	835 [0,1%]	835 [0,1%]	835 [0,1%]
Total	1 866 476 [100%]	492 164 [100%]	580 678 [100%]	590 566 [100%]	618 111 [100%]	622 670 [100%]

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

(Annexe 2.5 : répartition spatiale des déplacements inclus dans les boucles non transférées)

L'analyse du taux de transfert pour chaque type de flux amplifie le constat fait sur la répartition spatiale des déplacements inclus dans les boucles transférées (Tableau 31). Ce taux de transfert est calculé parmi l'ensemble des déplacements inclus dans les boucles appartenant au potentiel transférable pour chacun des types de flux étudiés. Ce taux de transfert est très différent selon le type de flux. Il est relativement important pour les flux internes à une zone ou entre les deux zones centrales. Il reste assez significatif pour les flux radiaux et devient négligeable pour les autres types de flux.

Les améliorations faites successivement sur l'offre en transports collectifs permettent cependant d'accroître fortement les taux de transfert sur les flux radiaux et sur l'ensemble des flux d'échanges. Le taux de transfert sur les flux radiaux augmente d'environ 66% entre le scénario HP 95 et le scénario HP FER.

Les flux d'échanges entre les zones de l'Est et entre les zones de l'Ouest augmentent également fortement (+116% et +102% entre le scénario HP 95 et le scénario HP FER), ainsi que les échanges entre l'Est et l'Ouest avec un taux de

transfert multiplié par trois⁵. Toutefois, si ces derniers taux de croissance sont très élevés, nous devons les relativiser. Le nombre de déplacements inclus dans les boucles transférées est faible sur ces échanges en comparaison avec les flux internes à une zone, les flux d'échanges entre les deux zones centrales ou les flux radiaux (effectifs dans le Tableau 30).

Tableau 31 : Taux de transfert des déplacements inclus dans les boucles transférées selon le type de flux (BTT + 30 min)

Taux de transfert par rapport au potentiel transférable	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Interne à une zone	35,2%	38,9%	39,3%	39,5%	39,6%
Echange entre HC et RLV	42,2%	47,6%	48,5%	48,8%	49,3%
Flux radiaux (avec HC+RLV)	17,5%	24,6%	25,3%	28,6%	29,0%
Echange entre les zones de l'Est (1CE, 2CE et 3CE)	8,5%	12,6%	13,5%	17,9%	18,4%
Echange entre les zones de l'Ouest (1CO et 2CO)	9,5%	15,3%	15,9%	18,9%	19,2%
Echange entre l'Est et l'Ouest	3,2%	6,0%	5,4%	10,8%	10,3%
Reste (échanges avec des zones externes au périmètre)	0,3%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La simulation des différents scénarios permet de faire croître les taux de transfert des déplacements sur les transports collectifs pour l'ensemble des flux observés (Tableau 32). Toutefois, le domaine de pertinence des transports collectifs concerne principalement les flux du centre et les flux radiaux (+5 points pour les flux internes à une zone, +8 points pour les flux entre Lyon et Villeurbanne, et +13 points pour les flux radiaux), même si les autres types de flux ne sont pas négligeables. La mise en œuvre des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains (scénario HP TCU) permet une croissance relativement élevée des flux radiaux et des flux d'échanges entre zones. Quant à la réalisation des « diamétrales » ferroviaires (scénario HP FER (+V)), elle permet le transfert de déplacements plus long concernant principalement les flux d'échanges entre les zones de l'Est, les flux d'échanges entre les zones de l'Ouest et les flux d'échanges entre l'Est et l'Ouest (taux de transfert multiplié en moyenne par 3,4 par rapport au scénario HP 95 et par 1,5 par rapport au scénario HP TCU).

⁵ Cette évolution s'explique principalement par le poids des déplacements transférés sur les transports collectifs (Tableau 32). Nous renvoyons en annexe 2.6, pour les taux de transferts des déplacements appartenant à des boucles transférées sur la marche ou le vélo, selon le type de flux.

Tableau 32 : Taux de transfert des déplacements inclus dans boucles transférées sur les transports collectifs selon le type de flux

Taux de transfert par rapport au potentiel transférable	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Interne à une zone	8,5%	12,9%	13,3%	13,3%	13,6%
Echange entre HC et RLV	22,7%	28,7%	29,5%	29,5%	30,2%
Flux radiaux (avec HC+RLV)	13,6%	21,6%	22,4%	25,6%	26,1%
Echange entre les zones de l'Est (1CE, 2CE et 3CE)	4,6%	8,9%	9,8%	14,5%	15,0%
Echange entre les zones de l'Ouest (1CO et 2CO)	3,9%	10,2%	11,3%	13,6%	13,9%
Echange entre l'Est et l'Ouest	3,0%	5,7%	5,1%	10,5%	10,1%
Reste (échanges avec des zones externes au périmètre)	0,2%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

De même que précédemment, si ces derniers taux de croissance sont très élevés, nous devons les relativiser. Le nombre déplacements inclus dans les boucles transférées sur les transports collectifs est faible sur ces échanges en comparaison avec les flux internes à une zone, les flux d'échanges entre les deux zones centrales ou les flux radiaux.

Analyse spécifique des déplacements internes à une zone et des déplacements radiaux

Nous précisons l'analyse concernant les déplacements internes à une zone (c'est-à-dire les déplacements commençant dans une zone et se terminant dans cette même zone) et les déplacements correspondant à des flux radiaux (flux d'échanges entre, l'Hypercentre et le Reste de Lyon et Villeurbanne d'une part, et les flux d'échange entre le Centre [Hypercentre et Reste de Lyon et Villeurbanne] et les autres zones périphériques) d'autre part.

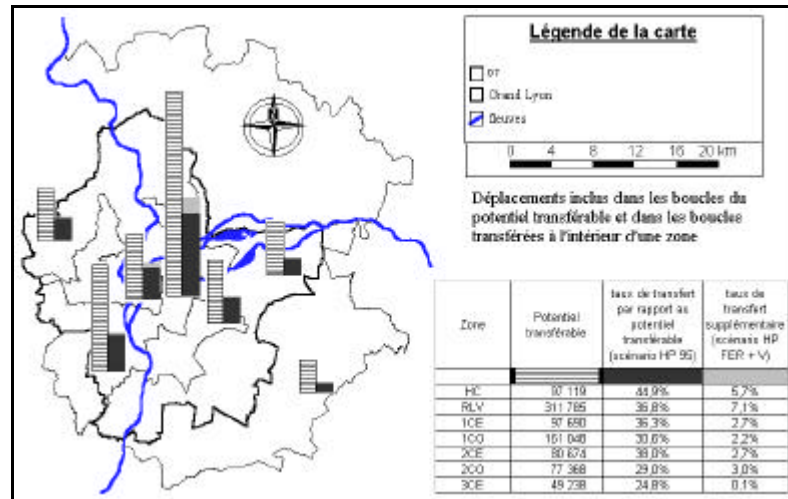
Ces types de flux représentent près de 84% des déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable. A l'issue de la simulation et de l'application de la procédure de transfert modal sur chacun des différents scénarios, les déplacements des boucles transférées appartenant à ces flux représentent 25% (scénario HP 95) à 33% (scénario HP FER + V) de l'ensemble des déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable. Ils représentent enfin, quasiment l'essentiel des déplacements des boucles transférées (entre 94% et 96% des transferts).

Nous analysons successivement les déplacements transférés correspondant à des flux internes à une zone et les déplacements transférés correspondant à des flux radiaux.

A. Déplacements transférés appartenant à des flux internes à une zone

Les déplacements transférés appartenant à des flux internes à une zone représentent entre 63% (scénario HP 95) et 56% (scénario HP FER + V) de l'ensemble des déplacements transférés.

Figure 9 : Déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable et dans les boucles transférées à l'intérieur d'une zone (BTT+30mn)



Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY), GEOCONCEPT

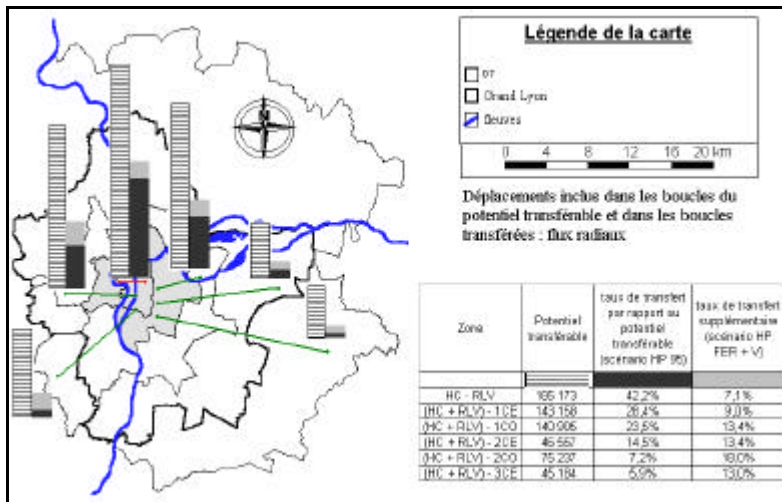
La représentation graphique (Figure 9) montre la distribution des déplacements du potentiel transférable interne à une zone (histogramme hachuré). La zone du « Reste de Lyon et Villeurbanne » représente près de 35% des déplacements internes à une zone du potentiel transférable.

L'amélioration successive de l'offre en transports collectifs permet une croissance relative du taux de transfert de ces déplacements (Figure 9). Sur le scénario le plus achevé (HP FER + V), les taux de transfert des déplacements augmentent de 2 à 7 points par rapport au scénario HP 95. Ce sont encore les zones centrales qui observent la croissance des taux de transfert la plus importante. Plus on s'éloigne des zones centrales, plus les effets de l'amélioration de l'offre en transports collectifs s'amenuisent quant aux nombres supplémentaires de déplacements internes à une zone qui sont transférés.

B. Déplacements transférés appartenant des flux radiaux

Les déplacements transférés appartenant à des flux radiaux représentent entre 34% (scénario HP 95) et 38% (scénario HP FER + V) de l'ensemble des déplacements transférés.

Figure 10 : Déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable et dans les boucles transférées appartenant à des flux radiaux (BTT+30mn)



Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY), GEOCONCEPT

L'amélioration de l'offre en transports collectifs permet de faire croître le nombre de déplacements supplémentaires appartenant à des flux radiaux de manière non négligeable (Figure 10). Sur le scénario HP FER + V, les taux de transfert supplémentaire par rapport au scénario HP 95 varient de 7% à 18%. De plus, ces taux de transfert sont d'autant plus élevés que l'on considère des flux radiaux de longue distance. Il s'agit essentiellement de l'amélioration de l'offre ferroviaire, par la réalisation des deux « diamétrales », qui permet le transfert de déplacements radiaux longs.

3.3. Impact et répartition spatiale sur les véhicules * kilomètres automobiles

Les boucles les plus longues étant moins fréquemment transférées sur les modes doux, le poids des boucles transférées exprimé en véhicules * kilomètres est plus faible que celui du nombre de déplacements transférés (Tableau 33). Sur le scénario HP 95, le taux de transfert n'est que de 16,5% des kilomètres parcourus au sein du potentiel transférable (24% de l'ensemble des déplacements automobiles au cours d'une journée ouvrable). Ce pourcentage reste faible au regard du taux de transfert des boucles qui est deux fois plus important.

L'amélioration de l'offre en transports collectifs se traduit par une croissance du nombre de déplacements voiture inclus dans les boucles transférées, et surtout par une croissance plus forte du nombre de véhicules * kilomètres concernés par le

transfert modal (Tableau 33). L'application de la procédure de transfert sur le scénario le plus complet (HP FER + V) se traduit par un taux de transfert passant de 16,5% (scénario HP 95) à 27,2%. Cela correspond à une croissance du taux de transfert de l'ordre de 65%.

Cette croissance du transfert des véhicules * kilomètres est plus forte que celle du transfert des boucles, car les améliorations de l'offre en transports collectifs favorisent un allongement de la distance moyenne des boucles transférées (Tableau 25).

Tableau 33 : Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles

(BTT = Budget-temps de transport)	Nombre de véhicules * kilomètres automobiles	Taux de transfert des véhicules * km inclus dans les boucles		Taux de transfert des boucles	
		Sur le potentiel transférable	Sur l'ensemble des déplacements automobiles	Sur le potentiel transférable	
Ensemble des déplacements automobiles	7 735 023				
Déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable	7 159 638	100,0%	92,6%	100,0%	
Déplacements des boucles respectant l'ensemble des contraintes	4 192 301	58,6%	54,2%	58,4%	
Transferts sur les scénarios (BTT+ 30mn)	HP 95	1 180 253	16,5%	15,3%	30,9%
	HP TCU	1 605 990	22,4%	20,8%	35,8%
	HP TCU + V	1 656 693	23,1%	21,4%	36,3%
	HP FER	1 924 548	26,9%	24,9%	38,1%
	HP FER + V	1 944 215	27,2%	25,1%	38,3%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Chacune des améliorations de l'offre de transports collectifs a un impact assez net sur la croissance du taux de transfert des véhicules * kilomètres (Tableau 34). La réalisation des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains (scénario HP TCU) participe à une croissance de 36% du taux de transfert. Si on rajoute l'amélioration de l'offre ferroviaire (scénario HP FER), le taux de transfert des véhicules * kilomètres augmente de 27,6%. La mise en site propre du réseau de surface de bus n'a, par contre, qu'un impact limité. Dès le scénario HP FER, nous avons obtenu l'essentiel de la croissance du taux de transfert des véhicules * kilomètres par rapport au scénario HP 95 (36% + 27,6% = 63,6%).

Les scénarios HP TCU et HP FER ont une grande efficacité en termes de transferts des véhicules * kilomètres. Ces scénarios permettent le transfert de déplacements de plus longue distance. La distance moyenne des transferts

augmente de 1 à 2 kilomètres (Tableau 25). Cette progression des distances des déplacements transférés a pour conséquence la croissance forte observée des véhicules * kilomètres transférés sur les transports collectifs, à comparer avec une croissance plus faible des déplacements transférés.

*Tableau 34 : Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles, pour les boucles transférées sur les transports collectifs*

	Transfert sur les transports collectifs (BTT+ 30mn)	Nombre de déplacements voiture inclus dans les boucles transférées	Nombre de véhicules * kilomètres automobiles	Taux de transfert des véhicules * kilomètres automobiles	
				Sur le potentiel transférable	Sur l'ensemble des déplacements automobiles
Scénarios	HP 95	180 277	755 924	10,6%	9,8%
	HP TCU	276 748	1 205 361	16,8%	15,6%
	HP TCU + V	287 341	1 258 610	17,6%	16,3%
	HP FER	311 455	1 523 175	21,3%	19,7%
	HP FER + V	318 493	1 547 645	21,6%	20,0%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Les résultats pour la marche et le vélo sont présentés en annexe (annexe 2.4).

Analyse globale de la répartition spatiale des véhicules*kilomètres des déplacements appartenant à des boucles transférées

Les véhicules * kilomètres des boucles du potentiel transférable sont majoritairement des véhicules * kilomètres appartenant à des flux radiaux (54% du potentiel transférable) et à des flux internes à une zone (22% du potentiel transférable) (Tableau 35).

L'amélioration successive de l'offre en transports collectifs affecte la répartition spatiale des véhicules * kilomètres appartenant à des boucles transférées. Sur le scénario HP 95, les flux internes à une zone et les flux radiaux sont les principaux types de flux concernés par les transferts des véhicules * kilomètres.

Les flux radiaux profitent le plus de l'amélioration de l'offre en transports collectifs (près de la moitié des véhicules * kilomètres sont transférés sur ce type de flux à l'issue du scénario HP FER + V). Par contre, les véhicules * kilomètres transférés sont limitées pour les autres types de flux, malgré une forte croissance de l'offre en transports collectifs. Sur le scénario le plus achevé (HP FER + V), ils ne représentent que 0,2% à 5% des véhicules * kilomètres transférés.

Ces constats se confirment lorsqu'on s'intéresse aux taux de transfert des véhicules * kilomètres par type de flux (Tableau 36). Le taux de transfert est calculé parmi l'ensemble des véhicules * kilomètres inclus dans les boucles

appartenant au potentiel transférable correspondant à chacun des types de flux étudiés.

Sur le scénario HP 95, nous obtenons les taux de transfert des véhicules * kilomètres les plus importants pour les flux internes à une zone (transfert de 28,5% des véhicules * kilomètres du potentiel transférable correspondant à ces flux) et les flux radiaux (41% pour les flux entre l'Hypercentre et le Reste de Lyon et Villeurbanne ; 13% pour les autres flux radiaux). L'amélioration de l'offre en transports collectifs permet de faire croître les taux de transfert sur chacun de ces types de flux (à l'issue du scénario HP FER + V, on a une croissance de 24% des transferts des véhicules * kilomètres des flux internes à une zone, de 21% pour les flux entre l'Hypercentre et le Reste de Lyon et Villeurbanne, et un doublement des transferts pour les autres flux radiaux). De même, nous notons une forte croissance des taux de transfert des véhicules * kilomètres sur les autres types de flux (par exemple, croissance de 177% sur les flux d'échanges entre les zones de l'Ouest). Cependant, nous devons rester vigilants quant à ces résultats, puisque ces flux représentent, en cumulé, au plus 10% des véhicules * kilomètres transférés et au plus 3% des véhicules * kilomètres du potentiel transférable (valeurs pour le scénario le plus achevé HP FER + V).

Tableau 35 : Répartition spatiale des véhicules * kilomètres des déplacements inclus dans les boucles transférées (BTT + 30 min)

Répartition spatiale des véhicules * kilomètres Effectifs redressés et % en colonne	Véhicules * kilomètres des boucles du potentiel transférable	Véhicules * kilomètres des boucles transférées				
		Scénarios				
		HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Interne à une zone	1 569 319 [22%]	448 020 [38%]	533 693 [33%]	543 869 [33%]	551 274 [29%]	554 130 [29%]
Echange entre HC et RLV	511 671 [7%]	208 150 [18%]	241 829 [15%]	247 807 [15%]	248 149 [13%]	251 061 [13%]
Flux radiaux (avec HC+RLV)	3 387 337 [47%]	454 411 [39%]	705 858 [44%]	736 052 [44%]	921 163 [48%]	931 757 [48%]
Echange entre les zones de l'Est (1CE, 2CE et 3CE)	621 691 [9%]	36 145 [3%]	58 104 [4%]	63 814 [4%]	91 240 [5%]	94 400 [5%]
Echange entre les zones de l'Ouest (1CO et 2CO)	339 287 [5%]	20 698 [2%]	40 363 [3%]	42 298 [3%]	55 536 [3%]	57 318 [3%]
Echange entre l'Est et l'Ouest	450 900 [6%]	11 914 [1%]	22 026 [1%]	18 736 [1%]	53 070 [3%]	51 431 [3%]
Reste (échanges avec des zones externes au périmètre)	279 432 [4%]	915 [0,1%]	4 118 [0,3%]	4 118 [0,2%]	4 118 [0,2%]	4 118 [0,2%]
Total	7 159 638 [100%]	1 180 253 [100%]	1 605 990 [100%]	1 656 693 [100%]	1 924 548 [100%]	1 944 215 [100%]

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

(Annexe 2.5 pour la répartition spatiale des déplacements des boucles non transférées)

Tableau 36 : Taux de transfert des véhicules * kilomètres selon le type de flux (BTT + 30min)

Taux de transfert par rapport au potentiel transférable	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Interne à une zone	28,5%	34,0%	34,7%	35,1%	35,3%
Echange entre HC et RLV	40,7%	47,3%	48,4%	48,5%	49,1%
Flux radiaux (avec HC+RLV)	13,4%	20,8%	21,7%	27,2%	27,5%
Echange entre les zones de l'Est (1CE, 2CE et 3CE)	5,8%	9,3%	10,3%	14,7%	15,2%
Echange entre les zones de l'Ouest (1CO et 2CO)	6,1%	11,9%	12,5%	16,4%	16,9%
Echange entre l'Est et l'Ouest	2,6%	4,9%	4,2%	11,8%	11,4%
Reste (échanges avec des zones externes au périmètre)	0,3%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Analyse spécifique des véhicules * kilomètres des déplacements se réalisant à l'intérieur d'une zone et des flux radiaux

Les déplacements internes à une zone et les flux radiaux représentent 76% des véhicules * kilomètres du potentiel transférable. A l'issue de la simulation et de l'application de la procédure de transfert modal sur chacun des différents scénarios, les véhicules * kilomètres transférés appartenant à ces flux représentent de 16% (scénario HP 95) à 24% (scénario HP FER + V) de l'ensemble des véhicules * kilomètres du potentiel transférable. Ils représentent enfin, quasiment l'essentiel des véhicules * kilomètres transférés à l'issue des différents scénarios (entre 89% et 94% des transferts).

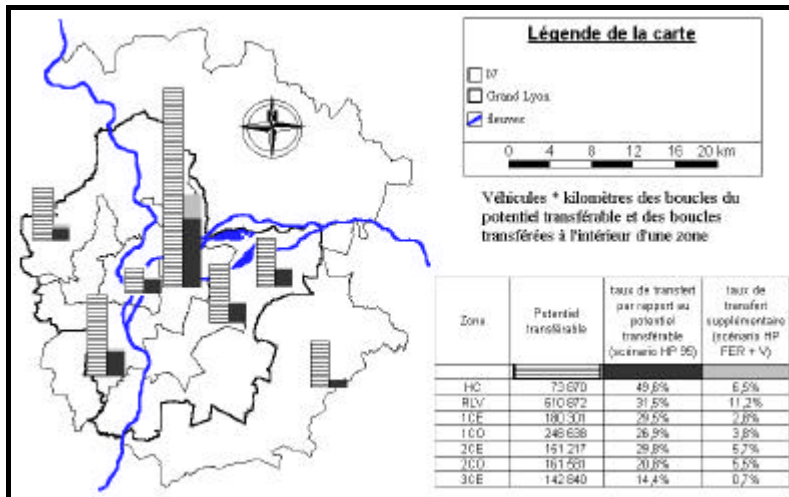
Nous analysons successivement les déplacements transférés correspondant à des flux internes à une zone et les déplacements transférés correspondant à des flux radiaux.

A. Véhicules * kilomètres transférés des déplacements internes à une zone

Les véhicules * kilomètres transférés appartenant à des flux internes à une zone représentent entre 38% (scénario HP 95) et 29% (scénario HP FER + V) de l'ensemble des véhicules * kilomètres transférés. Ils représentent encore entre 6% et 8% de l'ensemble des véhicules * kilomètres du potentiel transférable, et entre 29% et 35% des véhicules * kilomètres du potentiel transférable qui sont internes à une zone.

Comme pour les déplacements internes à une zone, nous observons (Figure 11) une concentration des véhicules * kilomètres du potentiel transférable des flux internes à une zone (histogramme hachuré) sur la zone du « Reste de Lyon et Villeurbanne » (40% des véhicules * kilomètres des déplacements internes à une zone appartenant au potentiel transférable).

Figure 11 : Véhicules * kilomètres des boucles du potentiel transférable et des boucles transférées à l'intérieur d'une zone (BTT+30mn)



Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY), GEOCONCEPT

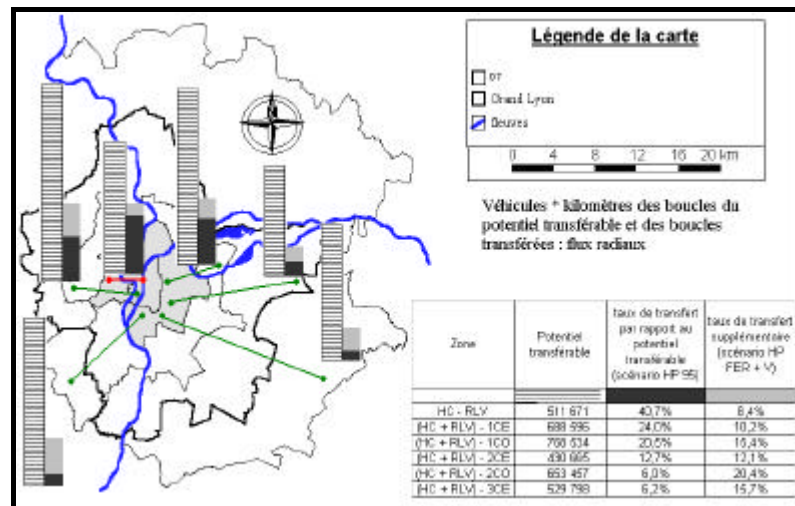
L'amélioration successive de l'offre en transports collectifs permet une légère croissance du taux de transfert des véhicules * kilomètres sur les flux internes (Figure 11). Comme dans le cas de l'analyse spatiale des déplacements, à l'issue du scénario HP FER + V, ce sont les zones centrales qui ont les taux de transfert supplémentaire par rapport au scénario HP 95 les plus importants. Ce qui est normal, puisque c'est sur ces zones que l'offre est déjà la plus développée et surtout améliorée pour ces types de flux.

B. Véhicules * kilomètres transférés des déplacements correspondant à des flux radiaux

Les véhicules * kilomètres transférés appartenant à des flux radiaux représentent entre 56% (scénario HP 95) et 60% (scénario HP FER + V) de l'ensemble des véhicules * kilomètres transférés. Ils représentent encore entre 9% et 16% de l'ensemble des véhicules * kilomètres du potentiel transférable, et entre 18% et 32% des véhicules * kilomètres du potentiel transférable qui appartiennent à des flux radiaux.

L'amélioration de l'offre en transports collectifs permet de faire croître de manière non négligeable les taux de transfert des véhicules * kilomètres des flux radiaux (Figure 12). Sur le scénario HP FER + V, la croissance est d'autant plus forte que l'on s'intéresse à des flux radiaux de longue distance. La mise en place des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains, la réalisation de deux «diamétrales» et l'augmentation des vitesses commerciales du réseau de bus permet le transfert de déplacements plus longs, ce qui se traduit par une économie importante des véhicules * kilomètres automobiles sur les flux entre le Centre (Lyon et Villeurbanne) et les zones périphériques (deuxièmes couronnes, notamment).

Figure 12 : Véhicules * kilomètres des boucles transférables et transférées appartenant à des flux radiaux (BTT+30mn)



Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY), GEOCONCEPT

3.4. Synthèse de la section sur l'analyse spatiale des déplacements et des véhicules * km

Le premier scénario HP 95 avec une offre de transports collectifs inchangée par rapport à la situation de 1995 (à l'exception de la généralisation sur la journée de la période de pointe du soir) permet de tirer les enseignements suivants :

- La distance moyenne des boucles transférées (5,8 km) est très faible par rapport à celle des boucles non transférées (17,1 km). La distinction des modes doux de transfert montre que les boucles transférées sur la marche à pied ou le vélo sont très courtes (respectivement 1,5 km et 3,4 km) contre des distances relativement plus importantes pour les transferts sur les transports collectifs (de l'ordre de 10 km) ;

- Les boucles transférées avec un « gain de temps » sont plus courtes (d'environ 1,6 km) que celles transférées avec une « perte de temps ». La répartition modale des boucles transférées suivant les gains ou pertes de temps montre que les transferts avec gain de temps correspondent principalement à des boucles de courtes distances majoritairement transférées sur le vélo ou la marche à pied ;
- En termes de véhicules * kilomètres, le scénario HP 95 se caractérise par un taux de transfert relativement faible (16,5%) au regard du taux de transfert des boucles qui est deux fois plus important, puisqu'il s'agit essentiellement des boucles de petites distances qui sont transférées ;
- La majorité des déplacements et des véhicules * kilomètres transférés appartiennent à des flux internes à une zone (63% des déplacements et 38% des véhicules * kilomètres transférés) ou à des flux d'échanges radiaux entre le Centre (Lyon et Villeurbanne) et les zones périphériques (34% des déplacements et 57% des véhicules * kilomètres transférés). Ces mêmes types de flux correspondent également aux flux pour lesquels les taux de transfert des déplacements et des véhicules * kilomètres par rapport au potentiel transférable sont les plus importants.

On retrouve ici un résultat qui devrait être une évidence pour tous, à savoir que la marche à pied et le vélo sont des modes alternatifs à la voiture pertinents sur des déplacements courts et internes à une zone.

L'analyse spatiale des transferts à l'issue des différents scénarios simulés précise les zones de pertinence des transports collectifs par rapport à chacun des scénarios :

- L'augmentation successive de l'offre en transports collectifs permet le transfert de boucles de plus longues distances (de 10 km sur le scénario HP 95 à 12 km sur le scénario HP FER + V). Sur ce dernier scénario, près du tiers des distances sont économisées sur la voiture et les distances parcourues en transports collectifs croissent de trois quarts par rapport à la situation de l'enquête ménages déplacements de 1995 ;
- Si les scénarios HP TCU et HP FER ont un impact limité en termes de croissance des déplacements transférés, ce n'est pas le cas en termes de croissance des véhicules * kilomètres transférés. En effet, il s'agit de déplacements de plus longue distance. De ce fait, la croissance des véhicules * kilomètres transférés est relativement forte sur ces scénarios (croissance d'environ 64% des véhicules * kilomètres transférés entre les scénarios HP 95 et HP FER, contre une croissance de 25% des déplacements transférés entre les mêmes scénarios) ;
- L'amélioration de l'offre en transports collectifs accroît davantage le nombre de déplacements et les véhicules * kilomètres transférés sur les flux radiaux, que

sur les flux internes à une zone. Les autres types de flux représentent une part minime des transferts, et ce, malgré une croissance forte de l'offre en transports collectifs ;

Les flux radiaux correspondent aux flux sur lesquels les transferts se réalisent vers les transports collectifs. Mais, chacune des actions mises en œuvre contribue au renforcement de la pertinence des transports collectifs comme alternative modale à la voiture.

La mise en place des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains (scénario HP TCU) participe à une croissance soutenue des véhicules * kilomètres transférés sur les transports collectifs pour des flux radiaux relativement longs.

La mise en œuvre des deux « diamétrales ferroviaires » (scénario HP FER) favorise les transferts des déplacements radiaux très long ou des déplacements diamétraux sur l'agglomération.

Par contre, la simulation de vitesses commerciales maximales pour les réseaux de bus n'a que peu d'effet sur les transferts.

4. Analyse des boucles soumises à transfert et non transférées

Nous présentons brièvement les résultats relatifs aux boucles du potentiel transférable qui ont été effectivement soumises à la procédure de transfert, mais qui ne sont pas transférées.

4.1. Caractéristiques des boucles soumises à la procédure de transfert et non transférées

Le nombre de boucles soumises à transfert et non transférées est relativement élevé, puisqu'il représente plus de 20% des boucles du potentiel transférable, quel que soit le scénario simulé (Tableau 37).

Les améliorations de l'offre en transports collectifs tendent à faire diminuer le nombre de boucles en échec. Si 27,5% des boucles du potentiel transférable soumises à transfert sont en échec sur le scénario HP 95, seulement 20,1% sont en échec sur le scénario HP FER + V.

Tableau 37 : Caractéristiques des boucles soumises à la procédure et non transférées

Scénarios	Nombre de boucles	% du potentiel transférable (boucle interne ou mixte en VP)
HP 95	185 234	27,5%
HP TCU	152 214	22,7%
HP TCU + V	148 636	22,1%
HP FER	136 763	20,3%
HP FER + V	135 132	20,1%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Scénarios	Boucles respectant la contrainte sur le mode		
	Marche à pied	Transports collectifs	Vélo
HP 95	421	185 077	9 988
HP TCU	421	151 942	8 880
HP TCU + V	368	148 365	8 647
HP FER	480	136 606	8 622
HP FER + V	368	134 861	8 773

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Scénarios	Mode présentant le temps minimum	
	Transports collectifs	Vélo
HP 95	176 224	9 010
HP TCU	145 010	7 204
HP TCU + V	141 750	6 886
HP FER	129 546	7 217
HP FER + V	128 262	6 870

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Même si les boucles sont en échec, notons qu'indépendamment du scénario simulé, la contrainte de disponibilité de l'offre en transports collectifs est respectée par la quasi-totalité d'entre elles (Tableau 37, seconde partie). Par exemple, sur le scénario HP 95, 185 077 boucles en échec respectent cette contrainte sur les 185 234 boucles en échec. Par contre, la contrainte de distance relative aux deux autres modes est rarement respectée.

Les améliorations de l'offre en transports collectifs ne changent en rien ces constats, si ce n'est que le nombre de boucles en échec diminue.

4.2. Durées des boucles en échec

Si les boucles ne sont pas transférées, c'est que la durée sur le mode doux le plus rapide est trop grande comparativement à la voiture. Nous examinons la différence entre la durée obtenue pour le mode doux le plus rapide parmi les modes satisfaisant aux contraintes et la durée de la boucle telle qu'elle a été déclarée dans l'enquête ménages déplacements. Le mode doux considéré est dans la plupart des cas le transport collectif.

La différence de durée est particulièrement importante. Quel que soit le scénario simulé, le premier décile est déjà entre 26 minutes (scénario HP 95) et 16 minutes (scénario HP FER + V) de plus que la durée déclarée dans l'enquête ménages déplacements (Tableau 38). Ce résultat s'explique par le fait que les boucles dont la durée n'était pas trop supérieure à la durée déclarée ont pour une bonne part été transférées compte tenu de la marge de croissance de 30 minutes qui a été retenue pour le budget temps de déplacements quotidien. De plus, la durée augmente très rapidement pour les déciles suivants. Dès le deuxième décile, la durée est supérieure à 30 minutes sur l'ensemble des scénarios.

Tableau 38 : Distribution de la différence entre la durée du mode doux le plus rapide et la durée de la boucle déclarée au cours de l'enquête ménages

Durée en minutes	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
1e décile	25,9	20,5	20,8	17,4	16,5
2e décile	36,5	31,9	31,9	30,7	30,4
3e décile	44,2	37,6	37,3	34,5	34,2
4e décile	52,2	44,1	44,1	39,9	39,6
5e décile	62,1	52,0	52,4	45,5	45,3
6e décile	73,0	60,1	60,9	52,0	52,0
7e décile	89,7	70,0	70,8	59,1	59,3
8e décile	112,6	86,5	88,1	71,0	70,2
9e décile	159,4	114,8	116,4	97,3	97,3
Durée maximale	782,7	395,3	474,6	323,9	323,9

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Sur le scénario HP 95, près de 70% des boucles en échec ont des durées déclarées supérieures à 30 minutes, avec presque 43% d'entre elles situées entre 30 minutes et 1 heure (Tableau 39).

Par la simulation des scénarios HP TCU et HP FER, le nombre de boucles en échec de longue durée diminue fortement. Sur le scénario HP TCU, la baisse concerne principalement les boucles de durée comprise entre 30 et 45 minutes et

celles de durée supérieure à 1 heure (baisse moyenne de 20% par rapport au scénario HP 95). L'amélioration de l'offre ferroviaire (scénario HP FER) accentue cette tendance pour les boucles de durée supérieure à 45 minutes (baisse de 28% à 36% des boucles en échec par rapport au scénario HP 95).

Par contre, l'impact de l'augmentation de la vitesse commerciale des lignes de bus (scénarios HP TCU + V ou HP FER + V) est plus limité.

Tableau 39 : Répartition des boucles en échec par classe de durée (BTT + 30 mn)

Durée déclarée en VP des boucles en échec	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
000-020 mn	23 062	19 706	19 536	19 053	18 472
021-030 mn	32 176	27 608	26 714	24 793	24 572
031-045 mn	38 358	30 853	30 622	29 543	29 277
046-060 mn	40 843	34 177	33 101	29 414	29 189
061-075 mn	20 295	16 002	15 929	14 220	14 096
076-090 mn	13 190	10 302	9 917	8 599	8 491
> 90 mn	17 310	13 566	12 817	11 140	11 035
Total	185 234	152 214	148 636	136 763	135 132

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La mise en place des 11 lignes fortes du Plan de Déplacements Urbains et l'amélioration de l'offre ferroviaire avec la simulation des scénarios HP FER (+V) permettent des gains de temps assez considérables. Mais, ils ne sont pas suffisants pour obtenir des différences de durée suffisamment faibles dès les premiers déciles. Même avec une amélioration considérable du système de transports collectifs, l'accroissement du nombre de déplacements automobiles transférés sur les modes doux pour ces boucles reste donc limité.

4.3. Budgets-temps des individus dont au moins une boucle est en échec

Afin de rendre compte de l'évolution des budgets-temps des individus dont au moins une boucle n'est pas transférée, nous définissons le « budget-temps fictif ». *Le « budget-temps fictif » est le budget-temps obtenu si toutes les boucles des individus dont au moins une boucle n'est pas transférée étaient forcées sur le mode doux le plus rapide.*

De l'analyse précédente, il en découle que, quel que soit le scénario simulé, le budget-temps fictif obtenu se situe bien au-delà de la marge de croissance autorisée sur le budget-temps déclarée des individus dont au moins une boucle est en échec. Les écarts relatifs avec le budget-temps déclaré sont considérables (Figure 13 et Figure 14).

Les différentes améliorations apportées à l'offre en transports collectifs montrent des résultats intéressants. Sur le scénario final HP FER + V, les écarts entre le budget-temps déclaré des individus et leur budget-temps fictif sont fortement atténués, en comparaison avec le scénario HP 95. Mais, les budgets-temps fictifs sont toujours bien au-delà de la marge de croissance de 30 minutes (Figure 23 et Figure 24 en annexe 2.7).

La mise en place des 11 lignes fortes du Plan de Déplacements Urbains, l'introduction de l'offre ferroviaire et son amélioration, ainsi que l'augmentation de la vitesse commerciale des lignes de bus permettent de limiter la croissance du budget-temps fictif des individus dont tout ou partie des boucles ne sont pas transférées. Mais cela n'est pas suffisant pour concurrencer les temps de déplacements effectués en voiture particulière, dès lors qu'on respecte le programme d'activités des individus.

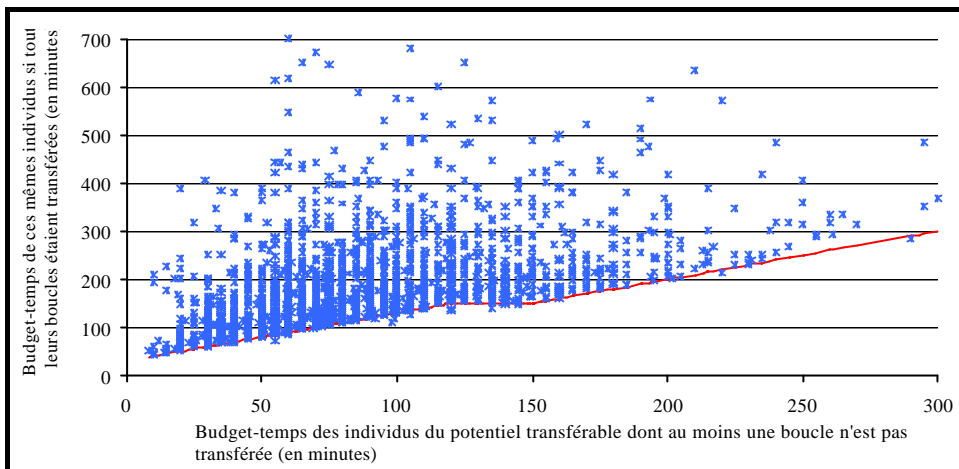
Commentaires sur les figures 13 et 14

L'axe des abscisses représente le budget-temps des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable mais n'est pas transférée. C'est le budget-temps déclaré de ces individus dans l'enquête ménages déplacements.

Sur la Figure 13, l'axe des ordonnées représente le budget-temps fictif de ces mêmes individus, si toutes leurs boucles appartenant au potentiel transférable étaient transférées sur un des trois modes doux. Le nouveau budget-temps est calculé à partir des temps nécessaires avec le mode doux le plus rapide.

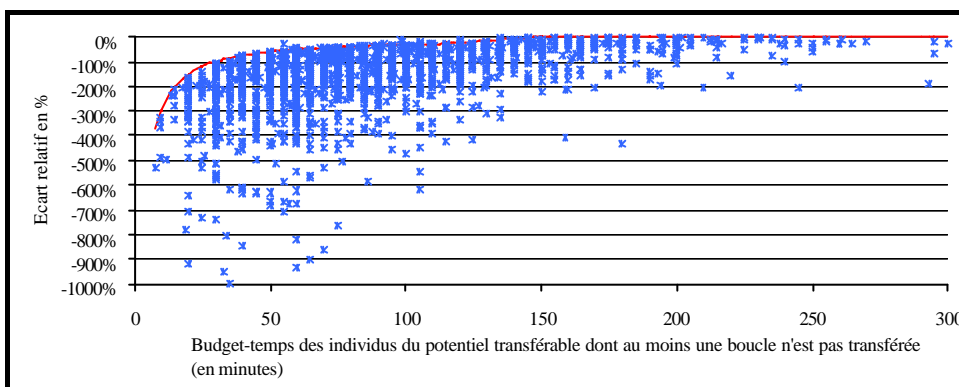
Sur la Figure 14, l'axe des ordonnées représente l'écart relatif entre le budget-temps déclaré par les individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable mais n'est pas transférée, et le budget-temps fictif obtenu si toutes les boucles du potentiel transférable de ces mêmes individus étaient transférées.

Figure 13 : Budget-temps des individus du potentiel transférable dont une boucle au moins n'a pas été transférée avant et après transfert forcé sur le mode doux le plus rapide (scénario HP 95)



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Figure 14 : Distribution des écarts relatifs entre le budget-temps des individus dont au moins une boucle n'est pas transférée et le budget-temps obtenu sur le mode doux le plus rapide pour ces mêmes individus (scénario HP 95)



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

(La courbe correspond à la marge de croissance autorisée sur les budgets-temps des individus ; c'est-à-dire, Si $BTT+30 \leq 149$ min alors $BTT+30$, sinon $MAX(BTT, 149)$)

4.4. Synthèse sur les boucles soumises à transfert et non transférées

Les boucles du potentiel transférable soumises à transfert et non transférées représentent entre 27% (scénario HP 95) et 20% (scénario HP FER + V) des boucles du potentiel transférable.

Les raisons de l'échec des transferts ne se situent pas dans le respect des contraintes d'au moins un des modes doux de déplacements. En effet, la quasi-totalité de ces boucles respectent au moins la contrainte de disponibilité de l'offre en transports collectifs.

Ces boucles ne sont pas transférées parce que la durée sur le mode doux le plus rapide est trop grande comparativement à la durée déclarée de la boucle en voiture particulière. De ce fait, le budget-temps qui serait obtenu si l'on transférait toutes les boucles du potentiel transférable sur le mode doux le plus rapide serait bien au-delà de la marge de croissance autorisée.

De plus, les améliorations de l'offre en transports collectifs ne sont pas suffisantes pour concurrencer les temps des déplacements en voiture particulière, dès lors qu'on respecte le programme d'activités des individus.

L'usage de la voiture particulière apparaît donc rationnel relativement au temps de déplacements pour les individus dont au moins une boucle soumise à transfert n'est pas transférée.

5. Réintroduction des boucles avec achats ou accompagnements

Les boucles du potentiel transférable sont soumises à la procédure de transfert vers l'un des modes «doux» (marche à pied, vélo ou transports collectifs) *si et seulement si* :

- aucun des déplacements des boucles n'est motivé par des achats exceptionnels ou hebdomadaires, activités pour lesquelles la voiture est considérée comme indispensable (règle A) ;
- ces boucles comportent au plus deux déplacements pour accompagnement et un autre motif, avec comme condition que la(les) personne(s) accompagnée(s) ait(aient) entre 13 ans et 59 ans (règle B).

Ces contraintes conduisent à exclure un tiers des boucles du potentiel transférable, soit 213 782 boucles (Tableau 10, chapitre 1). Près des deux tiers de ces boucles ont des déplacements pour motif « accompagnement ».

Or, 91% de ces boucles respectent au moins une contrainte sur un des trois modes doux (Tableau 40). L'offre en transports collectifs est présente pour 90% de ces boucles. Seulement 19 322 (soit 9% d'entre elles) ne respectent aucune des contraintes relatives à un mode « doux ».

Tableau 40 : Répartition des boucles du potentiel transférable non soumises à transfert en fonction des motifs et des contraintes sur les modes doux

	Nombre de boucles (effectifs redressés)	dont			Aucune contrainte n'est respectée
		Respect de la contrainte sur la marche à pied	Respect de la contrainte sur le vélo	Présence de l'offre en transports collectifs	
Achat	63 343	4 835	18 383	57 765	5 449
Accompagnement	137 064	21 068	67 622	123 079	12 097
Achats et accompagnement	13 375	111	1 237	11 600	1 776
TOTAL	213 782	26 013	87 242	192 444	19 322

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La réintroduction des boucles ayant des motifs de déplacements d'« achats » ou d'« accompagnements » vise à pousser à son maximum la logique de cette étude afin de déterminer la « borne supérieure » des déplacements en voiture particulière pouvant être transférés sur la base des règles définies dans le chapitre 1.

5.1. Impact sur le potentiel transférable

La réintroduction dans la procédure des boucles exclues pour les motifs « achats exceptionnels ou hebdomadaires » et « accompagnements » concerne 213 782 boucles. Comme pour toute autre boucle, les déplacements des passagers « accompagnés » identifiés dans ces boucles sont transférés sur le même mode que celui affecté au conducteur.

Les boucles du potentiel transférable respectant l'ensemble des contraintes de la procédure de transfert (cf. définition note n°4, page 59), passent de 58% à 87%, avec la prise en considération de ces motifs de déplacements.

Tableau 41 : Effectifs soumis à la procédure de transfert modal

	Nombre de boucles		Nombre de déplacements inclus dans les boucles		Nombre de déplacements en voiture conducteur	
	Effectif	% par rapport au potentiel transférable	Effectif	% par rapport aux déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture
Potentiel Transférable	672 896	100%	1 866 476	100%	1 766 250	89,7%
Boucles respectant l'ensemble des contraintes	585 534	87%	1 599 911	85,7%	1 514 047	76,9%

Source : LET, d'après EM LYON 95

5.2. Nombre de boucles supplémentaires transférées

Les motifs de déplacements « achats » et « accompagnements » ont un véritable impact sur le volume des transferts, même s'ils relèvent plus de politiques annexes à celles de l'amélioration de l'offre en transports collectifs. Ainsi, la levée des restrictions sur ces motifs de déplacements fait croître fortement les taux de transfert des déplacements automobiles vers les modes « doux » (Tableau 42).

Sur le scénario HP 95, le taux de transfert des boucles s'élève à 46% du potentiel transférable (40% pour les déplacements inclus dans les boucles). Environ un tiers des transferts (boucles ou déplacements inclus dans ces boucles) sont obtenus par la seule prise en compte des motifs « achats » et « accompagnements ». Les deux tiers restant des transferts correspondent à ceux obtenus dans le cas de la restriction des motifs de déplacements.

Sur le scénario le plus complet HP FER + V, 56% des boucles (50% des déplacements inclus dans les boucles) du potentiel transférable sont transférées. Comme dans l'analyse précédente, l'essentiel du transfert est effectué dès le scénario HP 95 (45,6%), l'amélioration de l'offre en transports collectifs conduisant au mieux (sur le scénario HP FER + V) à un taux de transfert de 55,5%.

Tableau 42 : Analyse des transferts après la prise en compte des motifs d'achats et d'accompagnements (BTT + 30mn)

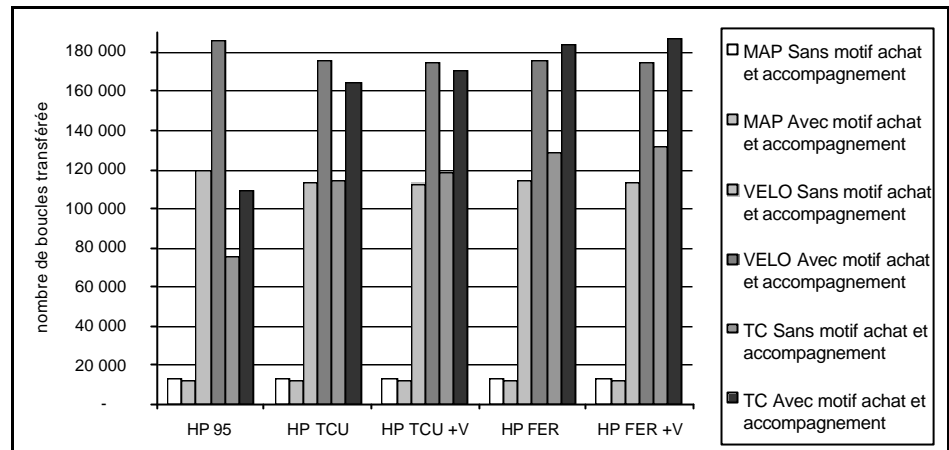
Effectifs transférés et [% du potentiel transférable]	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Nombre de boucles	307 096	352 065	356 576	371 402	373 637
	[45,6%]	[52,3%]	[53,0%]	[55,2%]	[55,5%]
Nombre de déplacements inclus dans les boucles	752 597	880 245	894 810	929 388	937 634
	[40,3%]	[47,2%]	[47,9%]	[49,8%]	[50,2%]
Nombre de déplacements voiture inclus dans les boucles	714 413	834 690	840 442	882 338	890 206
	[40,6%]	[47,3%]	[47,6%]	[50,0%]	[50,4%]

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Lorsqu'on s'intéresse à la répartition modale des boucles transférées sans et avec la restriction sur les motifs de déplacements « achats » et « accompagnements » (Figure 15), on note que :

- le transfert des boucles supplémentaires se réalise essentiellement sur le vélo et les transports collectifs ;
- le nombre de boucles transférées sur le vélo croît en moyenne, quel que soit le scénario, de 55% par rapport à l'analyse avec les contraintes sur les motifs achats et accompagnements. Globalement, le nombre de déplacements transférés sur le vélo croît de 60% ;
- le nombre de boucles transférées sur les transports collectifs croît en moyenne, quel que soit le scénario, de 44% par rapport à l'analyse avec les contraintes sur les motifs achats et accompagnements. Le nombre de déplacements transférés sur les transports collectifs croît de 50%.

Figure 15 : Répartition modale des boucles transférées (avant et après la prise en compte des motifs d'« achats » et d'« accompagnements »)



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La répartition modale des déplacements transférés avant et après la prise en compte des motifs de déplacements d'« achats » et d'« accompagnements » est décrite dans l'annexe 2.9.

5.3. Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles

L'impact des motifs de déplacements « achats » et « accompagnements » est également important sur les véhicules * kilomètres des boucles transférées (Tableau 43). Le volume des véhicules * kilomètres respectant l'ensemble des contraintes de transfert représente environ 85% des véhicules * kilomètres automobiles du potentiel transférable.

Le taux de transfert des véhicules * kilomètres passe ainsi de 15,3% sur le scénario HP 95 à 25,1% sur le scénario HP FER + V. La réintroduction des boucles ayant pour motif de déplacements « achats » ou « accompagnements » fait croître les taux de transfert des véhicules * kilomètres de 7,7 points (sur le scénario HP 95) à 11,8 points (sur le scénario HP FER + V).

Parmi l'ensemble des véhicules * kilomètres transférés, près du quart d'entre eux sont obtenus, indépendamment du scénario, par la seule prise en compte des motifs « achats » et « accompagnements ». Cette part est plus faible que celle obtenue pour les boucles transférées. La différence s'explique par le fait que les boucles transférées pour « achats » ou « accompagnements » sont en moyenne de plus courtes distances (4,8 km) par rapport à celles transférées sans la prise en compte de ces motifs (5,8 km). Il s'agit notamment des boucles ayant pour motif

« accompagnements » qui ont des distances beaucoup plus faibles (en moyenne 3,2 km) par rapport aux boucles ayant pour motif « achats ».

Tableau 43 : Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles (transfert BTT + 30mn)

(BTT= Budget-temps de transports)	Nombre de déplacements en voiture conducteur inclus dans les boucles	Nombre de véhicules * kilomètres automobiles	Taux de transfert des véhicules * kilomètres automobiles		
			Sur le potentiel transférable	Sur l'ensemble des déplacements automobiles	
Ensemble des déplacements	1 841 358	7 735 023		100%	
Boucles du potentiel transférable = boucles soumises à transfert (uniquement dans cette section)	1 678 656	7 159 638	100%	92,6%	
Boucles respectant l'ensemble des contraintes	1 514 047	6 065 437	84,7%	78,4%	
Scénarios	HP 95	714 413	1 649 592	23,0%	21,3%
	HP TCU	834 690	2 219 319	31,0%	28,7%
	HP TCU + V	840 442	2 288 671	32,0%	29,6%
	HP FER	882 338	2 609 825	36,5%	33,7%
	HP FER + V	890 206	2 639 428	36,9%	34,1%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La prise en compte des motifs « achats » et « accompagnements » entraîne une croissance forte des transferts sur les transports collectifs (Tableau 42 et Figure 15). Près des trois quarts des véhicules * kilomètres supplémentaires transférés (scénario HP FER + V), par la prise en compte de l'ensemble des motifs de déplacements, se réalisent sur les transports collectifs (Tableau 44). Le reste des véhicules * kilomètres supplémentaires transférés le sont sur le vélo.

Tableau 44 : Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles pour les boucles transférées sur les transports collectifs (BTT + 30mn)

Transfert sur les transports collectifs	Nombre de déplacements voiture conducteur inclus dans les boucles	Nombre de véhicules * kilomètres automobiles	Taux de transfert		
			Sur le potentiel transférable	Sur l'ensemble des déplacements automobiles	
Scénarios	HP 95	273 403	1 039 324	14,5%	13,4%
	HP TCU	418 493	1 652 018	23,1%	21,4%
	HP TCU + V	434 904	1 726 342	24,1%	22,3%
	HP FER	465 443	2 042 982	28,5%	26,4%
	HP FER + V	476 810	2 079 345	29,0%	26,9%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Les véhicules * kilomètres transférés sur les transports collectifs représentent entre 14,5% (scénario HP 95) et 29% (scénario HP FER + V) des véhicules * kilomètres du potentiel transférable.

La réintroduction des motifs « d'achats » et « d'accompagnements » dans la procédure de transfert modal n'est pas pris en compte dans le chapitre suivant.

5.4. Synthèse sur la prise en compte des motifs de déplacements « achats » et « accompagnements »

La restriction sur les motifs de déplacements « achats » et « accompagnements » (chapitre 1), conduisait à exclure de la procédure de transfert un tiers des boucles du potentiel transférable.

La réintroduction des boucles ayant pour motifs de déplacements « achats exceptionnels ou hebdomadaires » ou « accompagnements » (Règles A et B) a été faite dans l'idée de pousser à son maximum la logique de cette étude. L'objectif est de déterminer la « borne supérieure » des déplacements en voiture particulière pouvant être transférés sur les modes doux de déplacements.

Ces motifs de déplacements « achats » ou « accompagnements » ont un véritable impact sur le volume des déplacements transférés. Les taux de transfert des déplacements sont alors compris entre 40,3% (scénario HP 95) et 50,2% (scénario HP FER + V), alors qu'ils sont entre 26,4% (scénario HP 95) et 33,4% (scénario HP FER + V) sans la prise en compte de ces motifs de déplacements. Indépendamment du scénario simulé, près du tiers des transferts sont obtenus par la seule prise en compte de ces motifs de déplacements.

Ces nouveaux transferts se réalisent principalement sur le vélo (croissance du nombre de déplacements transférés de 60%, indépendamment du scénario) et sur

les transports collectifs (croissance du nombre de déplacements transférés de 50%).

Ces motifs de déplacements ont également un impact non négligeable en termes de véhicules * kilomètres transférés. Les taux de transfert des déplacements sont alors compris entre 23% (scénario HP 95) et 36,9% (scénario HP FER + V). Un quart du total des véhicules * kilomètres transférés s'obtient uniquement par la prise en compte des motifs de déplacements pour « achats » et « accompagnements ». Les boucles transférées ayant ces motifs de déplacements sont en moyenne de distance plus courte (4,8km) que celles transférées avec la restriction sur les « achats » et les « accompagnements » (5,8km).

Enfin, l'amélioration de l'offre en transports collectifs par la simulation des différents scénarios n'a que très peu d'incidence sur les volumes de transferts. La majorité des transferts supplémentaires obtenus par la levée des restrictions sur les motifs de déplacements se réalisent dès le scénario HP 95.

On voit à la lecture de ces résultats l'intérêt qu'il y aurait à prendre en compte en compte les déplacements ayant pour motifs « achats » et « accompagnements » pour approcher une borne maximale des transferts. Toutefois, ce n'est pas le volume maximum de transferts que nous cherchons à appréhender, mais une enveloppe la plus réaliste possible, compte tenu de nos hypothèses. C'est pourquoi les déplacements ayant pour motifs « achats » et « accompagnements » ne sont pas pris en compte dans la partie suivante (évaluation).

6. Conclusion

La procédure de transfert modal proposée par l'INRETS (Massot et al., 2001) est centrée sur les performances relatives de la voiture particulière et des modes doux de déplacements en termes de vitesse. Appliquée à différents scénarios d'offre en transport, elle permet de mesurer et de hiérarchiser la contribution de chacune des améliorations de l'offre en transports collectifs sur la réduction de l'usage de la voiture particulière et les transferts sur la marche à pied, le vélo ou les transports collectifs.

Pour l'agglomération lyonnaise, l'analyse a été faite sur cinq scénarios d'offre en transports collectifs. Le premier scénario simulé (HP 95) représente l'offre en transports collectifs telle qu'elle existe à la date de l'enquête ménages déplacements de 1995, à l'exception de la généralisation sur la journée de la période de pointe du soir. Quatre scénarios d'offre croissante en transports collectifs lui succèdent. Ces scénarios intègrent des actions du Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération lyonnaise (11 axes forts), l'introduction, puis l'amélioration forte de l'offre ferroviaire (« diamétrales

ferroviaires »), la connexion et la complémentarité des différents réseaux de transports collectifs et enfin l'augmentation de la vitesse commerciale du réseau de bus. Les simulations successives de ces différents scénarios mènent à un doublement de l'offre en transports collectifs (scénario HP FER + V) par rapport au premier scénario HP 95.

La première itération considère l'offre actuelle (HP95) sans marge de croissance du budget-temps quotidien de déplacement. Cette première itération permet de tester la rationalité de l'utilisation de la voiture en termes de temps de déplacements. 14% des boucles du potentiel transférable et 12% des déplacements qui le composent gagneraient à être transférés sur les modes doux en termes de temps de transport. Toutefois, ces déplacements ne concernent que 11% des déplacements automobiles réalisés par les résidents de l'enquête ménages déplacements. L'usage de la voiture apparaît donc rationnel en termes de temps pour la grande majorité des déplacements automobiles (89%)⁶.

Les itérations suivantes visent à accroître le taux de transfert sur les modes doux en cassant dans un premier temps la contrainte sur le budget temps de déplacements quotidien en autorisant une croissance de ce budget d'au plus 30 minutes, puis dans un second temps en améliorant progressivement l'offre de transports collectifs.

Dès le scénario HP 95, l'essentiel des transferts modaux est obtenu. Les améliorations successives de l'offre en transports collectifs ne contribuent qu'à une faible croissance des transferts. Le scénario HP95 permet le transfert de 31% des boucles et de 26% des déplacements du potentiel transférable. Le transfert n'est plus que de 24% des déplacements automobiles comme conducteur réalisés un jour de semaine par les résidents du périmètre de l'enquête ménages déplacements. Le taux de transfert diminue encore à 15% des véhicules * kilomètres automobiles. Parmi les modes doux, le vélo s'affirme sur le scénario HP 95 comme le principal mode sur lequel sont transférés les déplacements. Les transferts sur les transports collectifs sont plus limités.

La mise en œuvre des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains (scénarios HP TCU(+V)) permet une légère croissance des transferts avec 36% des boucles et 32% des déplacements appartenant au potentiel transférable. L'accroissement est plus soutenu en ce qui concerne les véhicules * kilomètres avec un taux de transfert de 21%, du fait d'un allongement de la distance des boucles transférées grâce à ce scénario. Ces nouveaux déplacements transférés se concentrent principalement entre le centre (Lyon et Villeurbanne) et les premières couronnes (1^{ère} couronne Est et 1^{ère} couronne Ouest) de l'agglomération. Ainsi, la pertinence des 11 axes forts de transports collectifs du Plan de Déplacements Urbains,

⁶ Et 94,4% des véhicules * kilomètres automobiles parcourus par les résidents du périmètre de l'enquête ménages déplacements au sein du même périmètre

comme alternative à la voiture particulière, correspond prioritairement à des boucles de longues distances et à des flux radiaux entre le centre et les premières couronnes de l'agglomération lyonnaise.

La mise en œuvre des « diamétrales ferroviaires » (scénarios HP FER(+V)) permet une croissance encore plus limitée des transferts avec 38% des boucles et 33% des déplacements appartenant au potentiel transférable. L'accroissement est en revanche beaucoup plus soutenu en ce qui concerne les véhicules * kilomètres avec un taux de transfert de 25%. Les boucles transférées grâce à l'amélioration du réseau ferroviaire ont en moyenne une distance beaucoup plus grande que les précédentes. Ces nouveaux déplacements transférés concernent principalement les flux radiaux entre le Centre (Lyon et Villeurbanne) et les couronnes extérieures de l'agglomération (2^{èmes} couronnes Est et Ouest, 3^{ème} couronne Est). Ainsi, la pertinence des « diamétrales ferroviaires », comme alternative à la voiture particulière, correspond à des boucles de « très longues » distance et à des flux radiaux entre le Centre et les couronnes extérieures de l'agglomération lyonnaise.

La distance moyenne des boucles transférées (5,8 km sur le scénario HP 95 et 7,7 km sur le scénario HP FER + V) est plus courte que celle des boucles non transférées (17,1 km sur le scénario HP 95 et 17,6 km sur le scénario HP FER + V). La distance moyenne des boucles transférées sur la marche à pied (1,5 km) ou sur le vélo (3,4 km) est encore plus courte. De plus, les véhicules * kilomètres appartenant à des boucles transférées sur ces deux modes « doux » appartiennent principalement à des flux internes à une zone (93% des transferts sur la marche à pied et 67% des transferts sur le vélo). On retrouve tout simplement que la pertinence du vélo et de la marche à pied comme alternative à la voiture particulière est limitée aux boucles de courtes distances.

Par contre, la distance moyenne des boucles transférées sur les transports collectifs est plus importante (10,3 km sur le scénario HP 95) que celle de l'ensemble des boucles transférées. De manière générale, la pertinence des transports collectifs comme alternative à la voiture particulière correspond aux boucles de plus longues distances. De plus, avec l'amélioration successive de l'offre, la distance moyenne des boucles transférées sur les transports collectifs augmente : elle passe de 10,3 km sur le scénario HP 95 à 12 km sur le scénario le plus complet HP FER + V).

Pour les boucles non transférées sur chacun des scénarios, le différentiel de temps entre la durée de ces boucles déclarée dans l'enquête ménages déplacements et la durée du mode « doux » le plus rapide est très élevé. L'amélioration successive de l'offre en transports collectifs permet de faire décroître ce différentiel de temps. Cependant, dès lors qu'on respecte le programme d'activités des individus, l'offre en transports collectifs proposée dans les différents scénarios n'est pas suffisante pour concurrencer les temps de déplacements en voiture particulière. Même une très forte croissance du budget-temps de déplacements que l'on peut assimiler à

une politique généralisée de limitation de la vitesse automobile ne semble pas à même de réduire drastiquement l'usage de la voiture. Pour nuancer ce constat, il est important de rappeler que nous raisonnons toutes choses égales par ailleurs. Notamment, nous considérons les localisations de l'habitat et des activités inchangées, ce qui ne serait évidemment pas acceptable dans une approche comportementale (Wiel, 1999).

A l'issue du scénario le plus complet HP FER + V, la réalisation de la procédure de transfert modal des déplacements automobiles vers les modes doux concerne : 23% des déplacements en voiture particulière et 27% des véhicules * kilomètres des boucles du potentiel transférable. La part des déplacements assurés en voiture particulière diminue de 55% à 41%, alors que celle des transports collectifs s'accroît de 12% à 20% et celle du vélo de 0,7% à 7%.

Malgré les transferts, la durée des boucles transférées et des budgets-temps de déplacements journaliers des individus reste relativement stable indépendamment du scénario considéré.

Cependant, derrière cette relative stabilité, se cachent des situations avec gains de temps ou pertes de temps. Si le transfert de certaines boucles conduit à un gain de temps, Ces boucles ne représentent qu'un faible part de l'ensemble des boucles soumises à transfert et respectant l'ensemble des contraintes de transfert. L'analyse de ces gains et pertes de temps sur les transferts permet d'affirmer que l'usage de la voiture particulière comme mode de déplacement reste majoritairement rationnel en termes de temps de déplacements.

La réintroduction des motifs de déplacements « achats » et « accompagnements » dans la procédure permet à 45,6% des boucles du potentiel transférable d'être transférées sur le scénario HP 95. Sur le scénario HP FER + V, ce sont 55,5% des boucles du potentiel transférable qui sont transférées. Cela représente en moyenne une croissance de 15 points des taux de transferts par rapport à la situation sans la prise en compte de ces motifs de déplacements.

De plus, la prise en compte de ces motifs de déplacements permet un taux de transfert de 23% (scénario HP 95) à 36,9% (scénario HP FER + V) des véhicules * kilomètres. Cela représente une croissance moyenne de 9 points des taux de transfert des véhicules * kilomètres par rapport à la situation sans la prise en compte de ces motifs. Enfin, les boucles « achats » et accompagnements » transférées sont en moyenne de plus courte distance (4,8km) que celles transférées avec la restriction sur les « achats » et « accompagnements » (5,8km).

Les principaux résultats obtenus pour chacun des scénarios en termes d'évolution des transferts des véhicules * kilomètres sont présenté dans le tableau suivant (Tableau 45).

Tableau 45 : Synthèse des principaux résultats obtenus en termes de véhicules * kilomètres

	Nombre de déplacements voiture (conducteur ou passager) inclus dans les boucles (distance>0)	Nombre de véhicules * kilomètres			
		Effectif	% sur potentiel transférable	% sur l'ensemble des déplacements automobiles	
Ensemble des déplacements automobiles	1 841 358	7 735 023			
Potentiel transférable (boucles internes ou mixtes en VP)	1 678 656	7 159 638	100%	92,6%	
Boucles respectant l'ensemble des contraintes	952 187	4 192 301	58,6%	54,2%	
Boucles respectant l'ensemble des contraintes avec la levée des contraintes de motifs « achats » et « accompagnements »	1 514 047	6 065 437	84,7%	78,4%	
Scénario HP 95, BTT constant	217 643				
Transfert BTT + 30 min					
Scénario HP 95	avec règles A et B (*)	466 278	1 180 253	16,5%	15,3%
	+ « achats » et « accompagnements »	714 413	1 649 592	23,0%	21,3%
Scénario HP TCU	avec règles A et B (*)	549 732	1 605 990	22,4%	20,8%
	+ « achats » et « accompagnements »	834 690	2 219 319	31,0%	28,7%
Scénario HP TCU + V	avec règles A et B (*)	559 172	1 656 693	23,1%	21,4%
	+ « achats » et « accompagnements »	840 442	2 288 671	32,0%	29,6%
Scénario HP FER	avec règles A et B (*)	585 678	1 924 548	26,9%	24,9%
	+ « achats » et « accompagnements »	882 338	2 609 825	36,5%	33,7%
Scénario HP FER + V	avec règles A et B (*)	590 237	1 944 215	27,2%	25,1%
	+ « achats » et « accompagnements »	890 206	2 639 428	36,9%	34,1%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

(*) Les règles A et B excluent de la procédure de transfert les boucles comportant certains achats ou accompagnements.

Dans le chapitre suivant, nous ne tiendrons pas compte du retour sur les hypothèses concernant les motifs « achats » et « accompagnements ».

Chapitre 3.

**Eléments d'évaluation économique, sociale et
environnementale des scénarios de réduction de
l'usage de la voiture en zone dense lyonnaise**

1. Introduction

Ce chapitre aborde différents éléments d'évaluation. Ils ont pour but de caractériser des enjeux précis en termes de développement durable. Ils concernent les différentes dimensions du triptyque du développement durable, à savoir, l'efficacité économique, le respect de l'environnement et l'équité sociale.

Comme pour le calcul du potentiel transférable et l'estimation des boucles et déplacements transférés au chapitre précédent, les éléments d'évaluation présentés ici sont réalisés sur la base de ces calculs précédents et toutes choses égales par ailleurs. Ainsi, comme dans Pari 21 (Massot et al., 2001) d'éventuels progrès technologiques ne sont pas pris en considération.

Dans les sections suivantes, nous menons l'analyse de ces « indicateurs » d'évaluation selon les trois dimensions suivantes :

- respect de l'environnement : à partir des transferts modaux, nous estimons les enjeux environnementaux – notamment sur la pollution atmosphérique et la consommation énergétique ;
- efficacité économique : nous estimons les enjeux en termes de coûts de fonctionnement et d'investissement du système de transports urbains pour la collectivité. Cette estimation est faite relativement au marché des déplacements et à partir des évolutions modales sur la zone dense lyonnaise ;
- équité sociale : ce dernier point est relatif à des indicateurs qui mettent en perspective une estimation des coûts privés de la mobilité individuelle pour ceux qui transfèrent tout ou partie de leur mobilité et une estimation des budgets-temps. Parmi les individus concernés par les transferts, nous examinons la répartition de ceux qui gagnent et de ceux qui perdent en temps et/ou en argent, selon certaines variables socio-économiques des individus.

L'analyse qui suit est redevable pour partie aux travaux de l'INRETS (Gallez, 2000) et du LET (Nicolas et al, 2002) dont nous avons repris certaines hypothèses et méthodes de calcul.

2. Enjeux environnementaux des scénarios d'offre en transports collectifs

Dans cette section, nous présentons une évaluation sommaire des impacts environnementaux des transferts modaux simulés à l'aide des différents scénarios. Pour cela, nous utilisons le concept et la méthodologie du «Budget – Energie – Emissions - Déplacements» ou «Budget Energie Environnement des Déplacements», développés par l'INRETS (Gallez et al., 1996). Le Budget Energie Environnement des Déplacements permet de réaliser des analyses, des diagnostics et des simulations des consommations énergétiques et des émissions des polluants dues à la mobilité urbaine, à partir d'enquête ménages déplacements. Les travaux réalisés par l'INRETS (PARI 21) s'appuient également sur cette méthodologie (Massot et al., 2001).

2.1. Méthodologie

La méthodologie du Budget Energie Environnement des Déplacements (B.E.E.D.) vise, à partir des déplacements d'une enquête ménages déplacements à estimer les consommations d'énergie et les émissions de polluants (dont le dioxyde de carbone) pour les déplacements des résidents sur le périmètre de l'enquête et pour une journée ouvrable banalisée (Gallez, Hivert, 1998).

Appliquée à partir de la «demande» que constitue l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise, cette méthodologie peut être utilisée dans le cadre de notre recherche simulant une modification importante de l'utilisation des modes de transport liée aux améliorations successives de l'offre de transports collectifs.

La comparaison des résultats obtenus en fonction des scénarios d'amélioration de l'offre en transports collectifs permet d'estimer l'impact sur l'environnement, pour chacun de ces scénarios, d'une réduction de la place de la voiture en ville.

Afin de réaliser les évaluations, nous faisons les hypothèses suivantes et nous utilisons les données complémentaires présentées ci-dessous.

A. Hypothèses

Concernant l'offre en transports collectifs :

- nous supposons les normes et matériels roulants inchangés, quels que soit les scénarios envisagés. Les facteurs d'émissions relatifs aux bus correspondent, sous les hypothèses de vitesse et de taux de remplissage moyen précisées ci-

dessous, aux estimations retenues dans les travaux du LET (Nicolas et al., 2001) menés sur l'agglomération lyonnaise ;

- bien que les vitesses du réseau de bus des transports collectifs urbains soient sensiblement augmentées dans certains scénarios d'offre, nous supposons que les équations décrivant leurs émissions unitaires restent inchangées. La vitesse moyenne retenue restera inchangée sur l'ensemble des scénarios (égale à 17 km/h) (LET, SEMALY) ;
- même si les scénarios d'offres incluent des prolongements de lignes, des améliorations du niveau de service (fréquence ...), le taux de remplissage moyen des véhicules de transports collectifs est supposé constant (égal à 13,6) (LET, SEMALY). Cela implique une constance des émissions et consommations par voyageurs * kilomètres quel que soit le scénario considéré ;
- enfin, nous négligeons les évaporations dues au refroidissement des véhicules après usage ainsi que celles qui sont dues aux variations de température ambiante : seules les évaporations en marche ont été prises en compte, au niveau désagrégé de chaque déplacement réalisé en automobile.

Certaines hypothèses conduisent à une surestimation des émissions comme l'hypothèse d'une vitesse moyenne constante pour les bus. A l'inverse, d'autres conduisent à une sous estimation, comme la dernière hypothèse. L'incidence de la troisième hypothèse, sur le taux de remplissage, est plus délicate à cerner. D'un côté, la croissance de la demande accroît le taux de remplissage. Mais d'un autre côté, les fréquences de certaines lignes sont accrues et les lignes les plus chargées du centre de l'agglomération ou radiales sont remplacées par des transports en commun en site propre. On peut toutefois penser que les hypothèses ont plutôt tendance à sous estimer les gains environnementaux, conduisant à une évaluation prudente des gains.

B. Données

Deux sources d'informations et de données sont exploitées :

- les données issues de l'application de la procédure de transfert modal à chacun des cinq scénarios d'offre en transports collectifs simulés (scénarios HP 95, HP TCU (+V), HP FER (+V)).
- les travaux du LET (Nicolas et al., 2001) relatifs à l'évaluation du Budget Energie Environnement des Déplacements sur les données de l'enquête ménages déplacements de 1994-1995. Ce premier Budget Energie Environnement des Déplacements donne un ordre de grandeur des émissions et consommations énergétiques sur le périmètre de notre étude et sert de base pour analyser les économies réalisées suite aux transferts modaux (ci-dessous, point D) ;

C. Déplacements pris en compte dans l'analyse du Budget Energie Environnement des Déplacements

Nous prenons en compte dans l'analyse du Budget Energie Environnement des Déplacements, l'ensemble des déplacements inclus dans les boucles internes ou mixtes (Tableau 46) de l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise. Ce périmètre d'analyse contient 92% des déplacements enquêtés dans l'enquête ménages déplacements.

Nous nous limitons à ces déplacements, car les données de distance relatives aux déplacements inclus dans les boucles externes ne sont pas disponibles dans l'enquête ménages déplacements. L'omission de ces déplacements n'a aucune incidence sur les scénarios simulés, car ils sont inclus dans les boucles externes qui sont exclues du potentiel transférable (par conséquent, elles ne sont pas concernées par les transferts).

Tableau 46 : Déplacements pris en considération pour l'évaluation du Budget Energie Environnement des Déplacements

Effectifs redressés	Nombre de déplacements inclus dans les boucles	Nombre de personnes
Ensemble des déplacements	4 659 777	1 078 306
Boucles internes ou mixtes	4 277 695	

Source : LET, d'après EM LYON 95

D. Méthodologie pour le calcul des émissions et consommations des transports collectifs sur l'enquête ménages déplacements 1995

Pour évaluer les émissions de polluants et les consommations d'énergie des transports collectifs, nous avons posé les hypothèses supplémentaires suivantes :

1. les économies de consommation d'énergie et d'émissions de polluant proviennent des déplacements automobiles transférés sur les modes doux. Les déplacements transférés vers la marche à pied et le vélo ne consomment pas d'énergie et n'émettent pas de polluants.
2. les émissions de polluants et la consommation d'énergie des transports collectifs ne concernent que le réseau de bus de surface. Les métros, les tramways et les trolleybus, ainsi que les trains n'émettent aucun polluant. De plus, nous supposons que leur consommation énergétique est négligeable. Cette hypothèse est acceptable puisque nous considérons, comme dans les travaux du LET (Nicolas et al., 2001), l'énergie d'origine pétrolière ;

En revanche, les transferts sur les bus conduisent à des émissions de polluants et à une consommation d'énergie. Toutefois, la procédure de transfert ne permet pas de distinguer, pour chacun des déplacements transférés sur les transports collectifs, si le transfert s'effectue sur le bus, le métro, le tramway

ou les trains. Pour cette raison, nous estimons une consommation moyenne pour l'ensemble des transports collectifs quel que soit le mode de transports collectifs. Cette estimation moyenne est reprise des travaux du LET (Nicolas et al., 2001).

Nous retenons les émissions polluantes et la consommation d'énergie par voyageurs * kilomètres des transports collectifs suivantes (Nicolas et al., 2001) :

CO ₂	58,81 g/voy*km
CO	0,45 g/voy*km
COV	0,12 g/voy*km
NOX	0,95 g/voy*km
Particules fines	0,05 g/voy*km
Consommation	19,11 gep/voy*km

Source : LET, d'après Nicolas et al. (2001)

E. Méthodologie pour l'évaluation des économies d'émissions et consommations énergétiques suite aux transferts modaux sur un scénario

Le gain de consommation d'énergie s'estime par différence entre la consommation en voiture particulière évitée par les transferts et la surconsommation des transferts sur les transports collectifs. La surconsommation d'énergie des transports collectifs est estimée à partir des voyageurs * kilomètres effectués par les individus transférés. Les gains d'émission de polluants sont obtenus de la même manière.

Cela conduit à la formule suivante pour les gains d'émissions de polluants (nous avons la même formule pour les gains de consommation d'énergie) :

Soit :

- $E_X(VP)(tr)$ l'émission totale du polluant X avant transfert des déplacements en voiture qui sont transférés à l'issue d'un scénario ;
- $E_X(TC)(av tr)$ l'émission totale du polluant X avant transfert des déplacements en transports collectifs inclus dans les boucles internes ou mixtes de l'enquête ménages déplacements ;
- $Voy*km(TC)(av tr)$ le nombre total de voyageurs * kilomètres effectués, avant transfert, en transports collectifs à partir des déplacements inclus dans les boucles internes ou mixtes de l'enquête ménages déplacements ;
- $Voy*km(TC)(tr)$ le nombre de voyageurs * kilomètres transférés sur les transports collectifs à l'issue d'un scénario.

L'économie réalisée sur le polluant X à l'issue d'un scénario est :

$$\Delta E_X = E_X(VP)(tr) - E_X(TC)(av tr) \times \frac{Voy * km(TC)(tr)}{Voy * km(TC)(av tr)}$$

Source : LET

2.2. Données de cadrage : le Budget Energie Environnement des Déplacements sur l'ensemble des déplacements inclus dans les boucles internes ou mixtes de l'enquête ménages déplacements

Le bilan global effectué sur le périmètre d'étude retenu (Tableau 47) montre une consommation globale d'énergie de 902 tonnes équivalent pétrole (TEP) pour l'ensemble des modes de transports polluants. Les émissions, quant à elles, sont de 2570 tonnes de dioxyde de carbone (CO₂), 190 tonnes de monoxyde de carbone (CO), 27 tonnes de composés organiques volatiles, 16 tonnes d'oxydes azotés et 1,2 tonnes de particules fines. Ces estimations faites montrent l'importance de la consommation d'énergie et une quantité non négligeable de polluants émis par les 4,3 millions de déplacements réalisés quotidiennement sur le territoire d'étude.

Tableau 47 : Budget Energie Environnement des Déplacements de l'agglomération lyonnaise un jour moyen de la semaine

<p>En 1995, l'agglomération lyonnaise compte 1 078 306 individus qui réalisent 4,3 millions de déplacements quotidiens inclus dans les boucles internes ou mixtes qui engendrent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 12,5 millions de km ; - une consommation de 902 tonnes -équivalent-pétrole (TEP) d'énergie ; 	<p>et une émission de</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 570 tonnes de CO₂ ; - 190 tonnes de CO ; - 27 tonnes de COV ; - 16 tonnes de NO_x ; - 1,2 tonnes de particules fines (PM).
--	---

Sources : LET, d'après EM LYON 95 et Nicolas et al., 2001

La répartition selon le mode des émissions de polluants et de la consommation d'énergie sur une journée montre le poids prédominant de la voiture parmi l'ensemble des modes motorisés. Avec 54% des déplacements (inclus dans les boucles internes ou mixtes), la voiture réalise plus de 70% des kilomètres parcourus sur une journée ouvrable. Ces déplacements automobiles consomment environ 93% de l'énergie utilisée sur la journée. Enfin, ils émettent la quasi-totalité des différents polluants atmosphériques (entre 82% des oxydes azotés (NO_x) et 99% du monoxyde de carbone (CO) et plus de 92% du dioxyde de carbone(CO₂)).

Très loin derrière, les déplacements en transports collectifs contribuent au reste des émissions de polluants et de la consommation d'énergie. Avec environ 18% de la distance totale parcourue sur une journée ouvrable, les transports collectifs ne consomment que 6,5% de l'énergie totale dépensée sur cette journée. Ils

émettent 7% des émissions totales de dioxyde de carbone sur la journée et 0,7% à 1,5% des émissions d'oxydes de carbone (CO et COV). Par contre, ils émettent plus de particules fines (13% des émissions totales sur la journée) et plus d'oxydes azotés (NO_x) (18% des émissions totales sur la journée). Cela s'explique par le fait que les moteurs diesels des bus émettent nettement plus de particules fines et d'oxydes azotés que les moteurs à essence.

Enfin, les deux roues motorisées qui réalisent moins de 1% de la distance totale parcourue sur une journée ouvrable ne participent qu'à un niveau très limité aux émissions de polluants (moins de 1% en moyenne) si ce n'est pour les émissions de composés organiques volatiles (3% de l'émission totale de ce polluant sur une journée par l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes).

Tableau 48 : Répartition selon le mode des émissions et consommations des déplacements inclus dans les boucles internes ou mixtes sur EM LYON 95

	Effectif	Distance (km)	Consommation énergétique	Emissions				
				CO ₂	CO	COV	NO _x	PM
Moyenne par déplacement	1	2,92	210,9 gep	600,8 g	44,4 g	6,25 g	3,76 g	0,27 g
TOTAL	4,28 M	12 485M	902 TEP	2 570 t	189,8 t	26,7 t	16,1 t	1,17 t
<i>Répartition selon le mode (effectif et % en colonne)</i>								
Marche à pied	1 341 M 31,3%	1 092 M 8,7%	NEANT					
Bicyclette	26 M 0,6%	50 M 0,4%	NEANT					
2 roues motorisées	24 M 0,6%	101 M 0,8%	2,3 TEP 0,3%	2,5 t 0,1%	1,4 t 0,7%	0,8 t 3,2%	0,002 t 0,02%	0 t 0%
Voiture	2 293 M 53,6%	8 953 M 71,7%	841 TEP 93,2%	2 386 t 92,8%	187 t 98,6%	25,4 t 95,4%	13,2 t 82,3%	1,02 t 86,9%
Transports collectifs	576 M 13,5%	2 225 M 17,8%	59 TEP 6,5%	182 t 7,1%	1,3 t 0,7%	0,39 t 1,5%	2,9 t 17,7%	0,15 t 13,1%

Sources : LET, d'après EM LYON 95 et Nicolas et al., 2001

Ce premier bilan constitue la base à partir de laquelle sont évalués les « gains » de consommation d'énergie ou d'émissions de polluants sur chacun des scénarios.

La section suivante présente les résultats des évaluations des économies d'énergie et de polluants, à l'issue des transferts, pour l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes de l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise. Les résultats relatifs au bilan individuel sont renvoyés en annexe 3.1.

2.3. Evolution des émissions de polluants et de la consommation d'énergie dues au transfert modal sur le scénario HP 95

Le scénario HP 95 représente le système de transports collectifs (hors offre ferroviaire) en service en 1995 avec une amélioration nette en considérant un niveau de service homogène sur l'ensemble de la journée égal à celui de la période de pointe du soir (16 heures 30 – 19 heures).

Sur ce scénario, parmi les 1 141 754 déplacements en voiture des boucles soumises à transfert, 467 961 sont des déplacements appartenant à des boucles transférées (Tableau 49). Ces déplacements consomment près de 140 tonnes-équivalent-pétrole d'énergie. Cela représente près de 16% de l'énergie consommée sur une journée ouvrable par l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes en voiture particulière. Les émissions des polluants correspondant à ces déplacements varient entre 377 tonnes de dioxyde de carbone (CO₂) et 0,15 tonnes de particules fines (PM). Cela représente, sur l'ensemble de la journée, en moyenne 15% des émissions de polluants des déplacements des boucles internes ou mixtes en voiture particulière.

Tableau 49 : Emissions de polluants et consommation d'énergie des déplacements en voiture des boucles soumises à transfert, avant transfert (scénario HP 95)

		Effectifs	Distance Milliers de km	Consommation TEP	CO ₂	CO	COV	NO _x	PM
		Tonnes							
Déplacements en voiture des	Boucles soumises à transfert et non transférées	673 793	3 811	445,2	1 282,7	88,3	11,92	7,16	0,62
	Boucles transférées	467 961	1 183	140,1	377,2	41,2	5,81	2,01	0,15
TOTAL		1 141 754	4 994	585,4	1 659,9	129,5	17,73	9,16	0,77

Sources : LET, d'après EM LYON 95 et Nicolas et al., 2001

Les déplacements transférés sur les transports collectifs consomment quotidiennement 20,1 tonnes-équivalent-pétrole, et émettent entre 61,8 tonnes de dioxyde de carbone et 0,05 tonnes de particules fines (Tableau 50).

Tableau 50 : Emissions de polluants et consommation d'énergie des déplacements en voiture des boucles transférées(scénario HP 95)

Déplacements en voiture des boucles transférées sur	Effectifs	Distance Milliers de km	Consommation TEP	CO ₂	CO	COV	NO _x	PM
				Tonnes				
Transports collectifs	180 277	757,1	20,1	61,8	0,45	0,14	0,97	0,05

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et Nicolas et al., 2001

L'économie de consommation d'énergie s'obtient en déduisant la consommation des déplacements transférés sur les transports collectifs (Tableau 50) de celle économisée par les véhicules * kilomètres supprimés en voiture (Tableau 49). Soit 140,1-20,1 = 120 tonnes-équivalent-pétrole. Cela représente une baisse de 85% de consommation d'énergie pour ces déplacements transférés (Tableau 51).

Tableau 51 : Economie des émissions de polluants et de la consommation d'énergie à l'issue des transferts modaux sur le scénario HP 95

% par rapport aux volumes observés avant transfert, pour les déplacements en voiture des boucles transférées	Consommation	CO ₂	CO	COV	NO _x	PM
	TEP	Tonnes				
	120,07	315,38	40,70	5,67	1,04	0,10
85,7%	83,6%	98,9%	97,7%	51,6%	65,2%	

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et Nicolas et al., 2001

Sur le périmètre d'étude retenu, l'impact environnemental des économies de consommation d'énergie et d'émissions de polluants pour le scénario HP 95 pour un jour ouvrable est présenté dans le Tableau 52.

Tableau 52 : Evolution du Budget Energie Environnement des Déplacements avant – après transfert sur l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes sur le scénario HP 95 (BTT+30mn)

	Ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes		Gain
	Avant transfert	Après transfert	
Consommation (TEP)	902,3	782,2	13,3%
CO ₂ (tonnes)	2 570,1	2 254,7	12,3%
CO (tonnes)	189,8	149,1	21,4%
COV (tonnes)	26,7	21,0	21,2%
NO _x (tonnes)	16,1	15,1	6,4%
PM (tonnes)	1,17	1,07	8,4%

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et Nicolas et al., 2001

Ces résultats montrent que les transferts obtenus sur le scénario HP 95 contribuent à une amélioration de la « qualité de l'air » qui n'est pas négligeable.

Les évolutions du bilan énergie – émissions sur une journée ouvrable montrent que les gains d'énergie sont de l'ordre de 13% et que les gains d'émission de dioxyde de carbone (CO₂) sont de l'ordre de 12%. Les émissions des autres composés organiques volatiles (CO et COV) baissent de 21%. Enfin, les chutes d'émissions des oxydes azotés (NO_x) et des particules fines (PM) sont moins importantes (6% et 8%).

Ces économies d'émissions de polluants et de consommation d'énergie restent cependant du même ordre de grandeur que le taux de transfert des véhicules * kilomètres sur l'ensemble des déplacements automobiles (15,3%, section 3.3).

Nous présentons maintenant l'impact sur l'environnement des transferts obtenus sur le scénario d'offre en transports collectifs le plus complet, le scénario HP FER + V.

2.4. Evolution des émissions de polluants et de la consommation d'énergie dues au transfert modal sur le scénario HP FER + V

L'ensemble des résultats des évolutions des émissions de polluants et de la consommation d'énergie dues au transfert modal sur le scénario HP FER + V sont obtenus avec la même méthodologie. De ce fait, afin d'alléger la lecture, nous renvoyons le détail de l'analyse en annexe 3.2. Nous ne présentons que les résultats finaux relatifs à l'évolution du Budget Energie Environnement des Déplacements (Tableau 53).

Les transferts obtenus sur le scénario HP FER + V contribuent à une amélioration de la « qualité de l'air » qui n'est pas négligeable (Tableau 53).

Les évolutions du bilan énergie – émissions sur une journée ouvrable montrent que les gains d'énergie sont de l'ordre de 19% et que les gains d'émission de dioxyde de carbone (CO₂) sont de l'ordre de 18%. Les émissions des autres composés organiques volatiles (CO et COV) baissent de 30%. Enfin, les chutes d'émissions des oxydes azotés (NO_x) et des particules fines (PM) sont moins importantes (7% et 13%).

Tableau 53 : Evolution du Budget Energie Environnement des Déplacements avant – après transfert sur l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes sur le scénario HP FER + V (BTT+30mn)

	Ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes			Gain obtenu à l'issue des transferts du scénario HP 95	Gain obtenu à l'issue des transferts du scénario HP FER + V	Différences entre le scénario HP FER+V et le scénario HP 95
	Avant transfert	Après transfert (scénario HP 95)	Après transfert (scénario HP FER + V)			
Consommation (TEP)	902,3	782,2	730,6	13,3%	19,0%	5,7 points
CO2 (tonnes)	2 570,1	2 254,7	2 112,0	12,3%	17,8%	5,5 points
CO (tonnes)	189,8	149,1	133,2	21,4%	29,8%	8,4 points
COV (tonnes)	26,7	21,0	18,9	21,2%	29,0%	7,8 points
NO _x (tonnes)	16,1	15,1	14,9	6,4%	7,4%	1 point
PM (tonnes)	1,17	1,07	1,02	8,4%	12,5%	4,1 points

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et Nicolas et al., 2001

Néanmoins, comme le montre le Tableau 53, même si les transferts à l'issue du scénario le plus complet conduisent à une amélioration de l'environnement, l'essentiel (en moyenne les deux tiers) des économies de consommation d'énergie et d'émissions de polluants sont obtenus dès le scénario HP 95. L'amélioration de l'offre en transports collectifs conduit à des économies supplémentaires de 6 points pour la consommation d'énergie et de 1 à 8 points pour les émissions de polluants. L'impact du scénario le plus complet n'est pas négligeable. Cela s'explique par le fait que ce scénario HP FER + V a un impact important en termes de transfert des véhicules * kilomètres. Il permet le transfert de déplacements de plus longue distance. De ce fait, la croissance des voyageurs * kilomètres transférés est relativement importante par rapport au scénario HP 95, même si la majorité des transferts sont obtenus dès ce scénario HP 95. Cela se caractérise donc par une croissance relativement importante des économies d'émissions de polluant et de consommation d'énergie.

2.5. Contribution au bilan total : les «secteurs » qui génèrent les meilleurs gains

Cette section a pour objet d'apporter une brève analyse des économies obtenues à l'issue des transferts modaux sur un scénario, en fonction des caractéristiques spatiales des déplacements et des motifs principaux des boucles transférées.

Nous traitons uniquement des consommations d'énergie pour ne pas alourdir l'exposé. Nous présentons les résultats pour le scénario le plus complet HP FER + V.

Répartition des économies de consommation d'énergie et d'émissions de polluants en fonction du motif principal de la boucle transférée

L'analyse montre, sur le scénario HP FER + V, la répartition des consommations d'énergie et des émissions de polluants des déplacements inclus dans les boucles transférées en fonction du motif principal de la boucle, avant transfert (Tableau 54) et après transfert (Tableau 55).

Les déplacements en voiture dont le motif principal des boucles est «travail / école » représentent 60% des déplacements inclus dans les boucles transférées (Tableau 54). Ces déplacements, lorsqu'ils sont réalisés en voiture, consomment les deux tiers de l'énergie et émettent en moyenne deux tiers des émissions de polluants de l'ensemble des déplacements transférés.

Les déplacements en voiture inclus dans les boucles dont le motif principal est « loisirs » ou « achats / services » représentent 35% des déplacements inclus dans les boucles transférées. Ils consomment presque le tiers de l'énergie et produisent entre 27% et 29% des émissions de l'ensemble des déplacements transférés.

Tableau 54 : Consommation d'énergie et émissions de polluants AVANT transfert selon le motif principal des boucles transférées (scénario HP FER + V)

Motif principal de la boucle transférée	Déplacements en voiture inclus dans les boucles transférées	Consommation (TEP)	Emissions (tonnes)				
			CO ₂	CO	COV	NO _x	PM
Accompagnements	6 147	1,9	5,1	0,4	0,05	0,02	0,003
Achats / Services	105 219	27,5	76,2	6,8	1,0	0,4	0,03
Autres	23 774	6,9	18,5	2,0	0,3	0,1	0,01
Loisirs	101 508	34,2	95,4	9,1	1,2	0,5	0,03
Travail / Ecole	356 781	142,4	389,5	39,2	5,5	2,1	0,2
Total	593 429	212,9	584,8	57,5	8,04	3,19	0,25

Sources : LET, d'après EM LYON 95 et Nicolas et al., 2001

Après transfert, ces déplacements ne consomment qu'entre 20% (motif de la boucle «travail / école») et 16% (motif de la boucle «achat / service») de l'énergie qu'ils consommaient quand ils étaient effectués en voiture particulière (Tableau 55). Les déplacements dont le motif principal de la boucle est «travail / école» ont les économies de consommation d'énergie par déplacement les plus importantes. Après transfert modal : 317 grammes-équivalent-pétrole (gep) par déplacement sont économisés pour ce motif de la boucle (seulement 220 gep par déplacement sont économisés pour le motif principal de la boucle «loisir»). Cela s'explique par le fait que les boucles dont le motif principal est «travail / école» sont de plus longue distance que les autres boucles. Malgré cela, ces déplacements ont tout de même, après transfert, les consommations par déplacement les plus élevées : 81 gep par déplacement sont consommés. Pour les autres motifs principaux, les consommations d'énergie sont comprises entre 64 gep par déplacement (motif «loisirs») et 41 gep par déplacement (motif «achats / services»).

Tableau 55 : Consommation d'énergie et émissions de polluants APRES transfert selon le motif principal des boucles transférées (scénario HP FER + V)

Motif principal de la boucle transférée	Déplacements en voiture inclus dans les boucles transférées	Consommation (TEP)	Emissions (tonnes)				
			CO ₂	CO	COV	NO _x	PM
Accompagnements	6 147	0,3	0,9	0,01	0,002	0,014	0,001
Achats/ Services	105 219	4,3	13,2	0,1	0,03	0,2	0,01
Autres	23 774	1,1	3,3	0,02	0,01	0,05	0,003
Loisirs	101 508	6,5	20,0	0,1	0,04	0,3	0,02
Travail / Ecole	356 781	29,0	89,3	0,7	0,2	1,4	0,1
Total	593 429	41,2	126,7	0,93	0,28	1,99	0,11

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et Nicolas et al., 2001

Localisation résidentielle des individus et participation à la réduction des nuisances atmosphériques

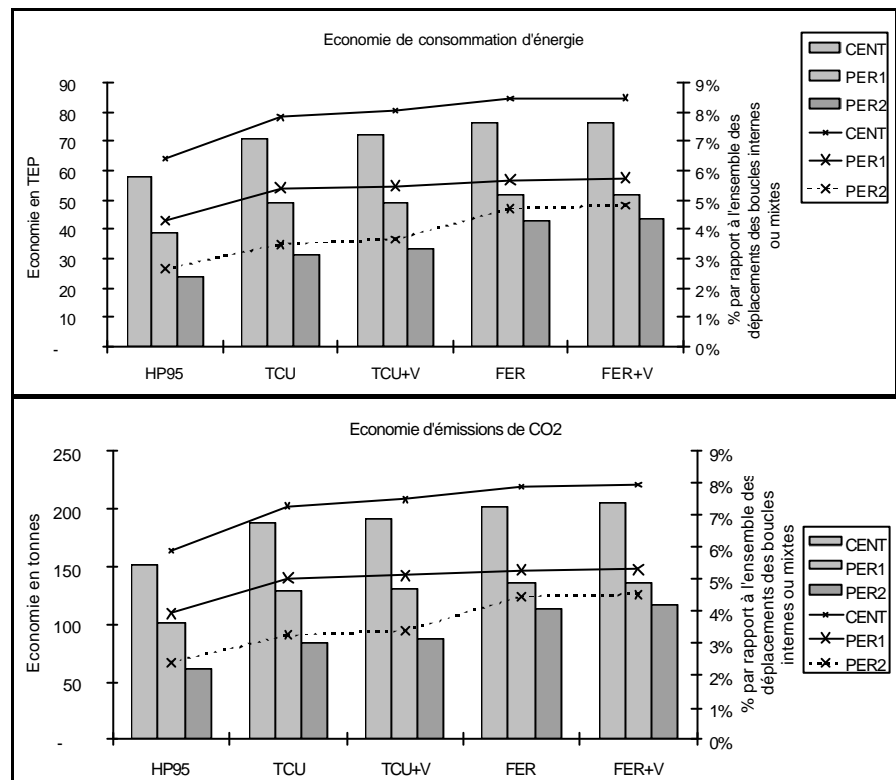
Nous présentons notre analyse en segmentant les gains selon le secteur de résidence des individus dont au moins une boucle est transférée. Pour simplifier l'analyse, nous regroupons les zones précédemment définies (Figure 8) en trois secteurs :

- Centre (hypercentre + reste de Lyon-Villeurbanne) ;
- 1^{ère} périphérie (1^{ère} couronne Est + 1^{ère} couronne Ouest) ;
- 2^{ème} périphérie (2^{ème} couronne Est + 2^{ème} couronne Ouest + 3^{ème} couronne Est).

La Figure 16 présente l'évolution des économies de consommations d'énergie et d'émission de dioxyde de carbone à la suite de la simulation et de l'application de la procédure de transfert modal à chacun des scénarios simulés (les figures pour les autres polluants atmosphériques sont étudiés en annexe 3.3).

Près de la moitié des émissions et consommations sont économisées dans le centre (Lyon et Villeurbanne). Avec l'amélioration de l'offre en transports collectifs simulée à travers les différents scénarios, les gains environnementaux sont croissants. Mais quelles que soient les émissions de polluants ou la consommation, la part des gains croît plus vite en périphérie de l'agglomération lyonnaise et notamment en seconde couronne. Cela provient d'une forte croissance des véhicules * kilomètres transférés sur les flux radiaux et les flux d'échanges entre les zones périphériques due à la mise en œuvre des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains et des « diamétrales ferroviaires ». Ces améliorations permettent le transfert de déplacements de plus longue distance.

Figure 16: Evolution des économies de consommations et d'énergie suivant les secteurs géographiques de l'agglomération lyonnaise



Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et (Nicolas et al., 2001)

2.6. Synthèse de la section sur l'impact environnemental des transferts

Pour mener les éléments d'évaluation sur la dimension environnementale, nous utilisons le concept et la méthodologie du «Budget Energie Environnement des Déplacements» développé par l'INRETS (Gallez et al., 1996). Il permet de mesurer les volumes de consommations d'énergie et les volumes d'émissions de polluants atmosphériques (dioxyde de carbone, composés organiques volatiles, oxydes carbonés, oxydes azotés et particules fines) sur la base des déplacements de l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise.

En 1995, quotidiennement, près de 4,3 millions de déplacements inclus dans des boucles internes ou mixtes sont réalisés. Ces déplacements sont à l'origine d'une consommation d'énergie de 902 tonnes équivalent pétrole et d'émissions polluantes allant de 2570 tonnes pour le dioxyde de carbone à 1,2 tonnes de particules fines. Ces consommations et émissions quotidiennes sont quasi-exclusivement provoquées par l'usage de la voiture particulière (entre 85% et 98% suivant les différents polluants).

Les transferts obtenus dès le scénario HP 95 pourraient permettre d'améliorer de façon non négligeable la qualité environnementale de l'agglomération lyonnaise. Ils permettent d'obtenir une baisse de près de 13% de la consommation journalière d'énergie sur l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes – par rapport à la situation de l'enquête ménages déplacements. Les émissions de polluants diminuent également fortement (-20% pour les composés organiques, -12% pour le dioxyde de carbone). Les économies de consommation et d'émissions de polluants sont aussi importantes, puisque la majorité des transferts sont obtenus sur ce scénario.

Les transferts obtenus à l'issue d'un doublement de l'offre en transports collectifs (scénario HP FER + V) contribuent à accroître ces économies d'émissions de polluants et de consommation d'énergie de façon plus limitée mais non négligeable. Ils permettent une baisse supplémentaire de 6 points de la consommation d'énergie sur le périmètre d'étude, par rapport au scénario HP 95. Les transferts vers les modes doux contribuent également à une baisse supplémentaire de 8 points des émissions de composés organiques et de 5,5 points du dioxyde de carbone par rapport au scénario HP 95.

Ces économies sont pour près de 60% réalisées sur les déplacements ayant pour motifs principalement « travail / école » et, secondairement, pour près de 35% sur les déplacements ayant pour motifs « achat quotidien / services » ou « loisirs ».

Ces économies sont relativement limitées par rapport aux taux de transfert des boucles et déplacements ou encore des véhicules * kilomètre. Ainsi, si ces économies ne sont pas marginales, elles restent tout de même faibles au regard de

l'importance des investissements de transports collectifs qui se traduisent par un doublement de l'offre dans le scénario le plus achevé.

3. Estimation des coûts des transferts modaux pour la collectivité

Cette section aborde une évaluation sommaire de l'efficacité économique pour la collectivité des transferts modaux de l'automobile vers les modes doux prévus à l'issue des différents scénarios. Nous analysons successivement les trois dimensions suivantes :

- les coûts pour la collectivité associés aux dépenses de fonctionnement de la voirie ;
- les coûts pour la collectivité associés aux dépenses de fonctionnement du réseau de transports collectifs ;
- le montant des investissements que représente chacun des scénarios d'offre en transports collectifs.

Afin d'être cohérent avec les éléments d'évaluation des impacts sur l'environnement (section 2), les évaluations sont réalisées sur le même périmètre d'analyse, soit l'ensemble des déplacements inclus dans les boucles internes ou mixtes de l'enquête ménages déplacements de 1995.

3.1. Coûts de fonctionnement des déplacements en voiture particulière

Pour donner un ordre de grandeur des coûts de fonctionnement pour la collectivité des différents réseaux de transports, nous ne prenons en considération, comme dans l'étude menée sur l'agglomération parisienne (Massot et al., 2001) que l'estimation des coûts monétaires directs, à l'exclusion des coûts sociaux. Les externalités environnementales, précédemment évaluées (émissions des polluants et du dioxyde de carbone) ne sont pas monétarisées, ni prises en compte dans cette section.

Les coûts de fonctionnement des différentes collectivités locales liés aux déplacements automobiles sur le territoire de l'enquête ménages déplacements de 1995 de l'agglomération lyonnaise sont fournis par les travaux du LET (Nicolas et al., 2001). Néanmoins, ces coûts prennent en compte l'ensemble des déplacements, y compris les trafics de transit, les courses en taxi, les trafics professionnels en dehors des ménages, les déplacements dus au transport de marchandises (Tableau 56).

Tableau 56 : Détail des coûts de fonctionnement, pour la collectivité, associés aux déplacements automobiles sur le territoire de l'enquête ménages déplacements de 1995

Coût annuel en millions d'euros 95	Fonctionnement TTC	Dont TVA
Grand Lyon	32,93	2,7
Conseil Général du Rhône	2,97	0,24
Conseil Général de l'Ain	0,15	0,02
DDE 69	9,15	0,75
DDE 01	0,38	0,06
TOTAL	45,58	3,77

Source : LET, d'après Nicolas et al., 2001

L'enquête ménages déplacements ne permet d'identifier que la part des distances routières parcourues réalisée par les résidents sur le territoire de l'enquête. Selon J.-P. Nicolas et al. (2001), ces résidents n'effectuent que 50% des distances parcourues sur le territoire. Pour rendre compte des coûts de fonctionnement pour la collectivité de la voirie imputables aux déplacements automobiles des résidents de l'aire de l'enquête ménages déplacements, nous ne considérerons que 50% des dépenses publiques en matière de voirie (dépenses présentées dans le Tableau 56).

Le coût annuel de fonctionnement, pour la collectivité, s'élève donc à 22,79 millions d'euros 95 (hors taxes) par an.

Pour estimer le coût unitaire par véhicule * kilomètre de fonctionnement de la voirie pour la collectivité, nous faisons les hypothèses suivantes :

- les coûts de fonctionnement présentés sont des coûts annuels. Pour estimer les coûts un jour moyen de la semaine à partir des coûts annuels, on utilise un coefficient de 300. Ce coefficient tient compte d'un usage de la voiture particulière plus faible le week-end ;
- on suppose qu'il y a une proportionnalité des coûts aux véhicules * kilomètres ;
- d'autre part, on suppose que tous les véhicules, y compris les véhicules lourds, engendrent les mêmes coûts. Cette dernière hypothèse est très forte, mais on ne dispose pas de données précises pour identifier les seuls coûts liés à la circulation des véhicules particuliers.

De ce fait, nous obtenons le coût unitaire par véhicule * kilomètre de fonctionnement de la voirie pour la collectivité. Il est estimé à 0,009 euros 95 par véhicules * kilomètres hors taxe (HT). En appliquant ce coût unitaire aux véhicules * kilomètres voiture conducteur des déplacements inclus dans les

boucles internes ou mixtes, le coût de fonctionnement par an, pour la collectivité, est de l'ordre de 19,2 millions d'euros 95.

Suite aux transferts modaux, les réductions de véhicules * kilomètres automobiles engendrent une baisse du coût total de fonctionnement de 3,1 millions d'euros 95 par an (scénario HP 95) à 5,2 millions d'euros 95 par an (scénario HP FER + V) (Tableau 57).

Tableau 57 : Estimation des coûts de fonctionnement des déplacements automobiles associés aux transferts modaux (BTT+30mn)

En (millions d'euros95) HT par an		Fonctionnement		Variation
		Avant transfert	Après transfert	
Scénarios	HP 95	19,2	16,1	- 16%
	HP TCU		14,9	- 22%
	HP TCU + V		14,8	- 23%
	HP FER		14,1	- 27%
	HP FER + V		14,0	- 27%

Sources : LET, d'après EM LYON 95, Nicolas et al., 2001 et logiciel TERESE (SEMALY)

3.2. Les coûts de fonctionnement des déplacements en transports collectifs

L'évaluation des coûts de fonctionnement pour la collectivité des transports collectifs sur chacun des scénarios est faite dans un premier temps à partir :

- de l'estimation des coûts unitaires par place * kilomètre offerte des différents réseaux de transports collectifs (bus, métro, train SNCF et tramway) ;
- de l'estimation des places * kilomètres offertes simulées dans chacun des scénarios.

Nous utilisons deux approches pour estimer les coûts de fonctionnement des transports collectifs pour la collectivité :

- l'évaluation du coût unitaire moyen par place * kilomètre offerte, pour chaque scénario. Les places * kilomètres offertes sur chacun des scénarios sont simulées par le logiciel TERESE de la SEMALY ;
- l'évaluation du coût unitaire par voyageur * kilomètre. Elle est menée à partir des usages tels qu'ils sont déclarés dans l'enquête ménages déplacements de 1995, et des usages des transports collectifs obtenus à l'issue des transferts modaux.

Estimation du coût annuel de fonctionnement de l'offre en transports collectifs pour chaque scénario

Cette évaluation nécessite une reconstitution des coûts totaux de fonctionnement propre à chaque scénario, qui en raison des données dont nous disposons sur l'offre, est une estimation annuelle. Cette reconstitution est bâtie en appliquant les coûts unitaires de fonctionnement estimés à la place * kilomètre offerte pour chaque type de réseau. Ces coûts unitaires ont été établis par la SEMALY pour 1995, à partir d'estimation des coûts unitaires sur les réseaux de provinces. Contrairement aux travaux sur l'agglomération parisienne (Massot et al., 2001, p139), nous ne prenons pas comme hypothèse l'égalité du coût unitaire pour le tramway et le du réseau de bus. Estimé à 5,49 euros 95 par rame * kilomètre sur les réseaux de province, le coût unitaire du tramway s'établit à 0,0274 euros 95 / PKO (avec une capacité d'une rame de tramway estimée à 200 places). Ce coût unitaire est inférieur à celui du bus (Tableau 58).

Tableau 58 : Coût de fonctionnement unitaire par type de réseau de transports collectifs en 1995

Coûts de fonctionnement unitaire (euros 95/PKO)	Métro	Trains SNCF	Bus	Tramway
	0,0243	0,0305	0,0457	0,0274

Source : d'après estimation SEMALY

Dans deux scénarios, une augmentation des vitesses commerciales du réseau de bus est simulée explicitement. Cette vitesse joue directement sur les coûts de fonctionnement des bus, parce que les temps de conduite devraient diminuer. Toutefois, faute de données suffisamment précises, nous limitons la prise en compte de cette vitesse commerciale à la réduction des coûts de personnels. De plus, nous considérons que ces coûts sont directement proportionnels à la vitesse (hypothèse comparable au travaux sur l'agglomération parisienne (Massot et al., 2001).

Les données de la Société Lyonnaise des Transports en Commun (SLTC, 2000) indiquent que les coûts de fonctionnement du personnel constituent environ 37% des coûts de fonctionnement des bus. Dans les scénarios d'offre HP TCU +V et HP FER + V, l'augmentation de la vitesse commerciale des bus simulée est de l'ordre de 35%. Sous ces conditions, le coût unitaire de fonctionnement du réseau de bus s'établit à 0,0351 euros 95 / PKO. Cela représente une baisse du coût unitaire de l'offre bus d'environ 23% (Tableau 59).

Tableau 59 : Coût de fonctionnement unitaire du réseau autobus

Coût de fonctionnement unitaire (euros 95/PKO)	Sans prise en compte des vitesses	Avec prise en compte des vitesses
	0,0457	0,0351

Source : LET d'après estimation SEMALY et données SLTC, 2000

Le nombre de places * kilomètres offertes pour chacun des scénarios est consigné dans le Tableau 60 (ce tableau reprend les données de la Figure 6).

Tableau 60 : Evolution de l'offre de transports propre à chaque scénario

PKO annuelles en millions	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Métro	2 391		2 797		2 797
Train SNCF	NEANT		887		2 589
Bus	4 881		4 092		3 988
Tramway (axes forts du P.D.U.)	NEANT		4 836		4 551
Total	7 272		12 612		13 925
Taux de croissance par rapport au scénario HP 95	/		73,4%		91,5%

Source : LET, d'après le logiciel TERESE (SEMALY)

L'augmentation relative des coût totaux de fonctionnement est assez importante (Tableau 61). Les coûts de fonctionnement des transports collectifs, pour la collectivité sont, sur le scénario HP 95, de l'ordre de 282 millions d'euros 95 par an. Entre le scénario HP 95 et le scénario HP FER + V, le coût total de fonctionnement croît de plus de 46% pour une croissance de 91% du nombre de places * kilomètres offertes. Dès le scénario HP TCU la croissance est de l'ordre de 47% par rapport au scénario HP 95. Les coûts de fonctionnement des transports collectifs, pour la collectivité sont, sur le scénario HP TCU, de l'ordre de 415 millions d'euros 95 par an. Pour le scénario HP FER, la croissance est de l'ordre de 61%. L'augmentation de la vitesse commerciale du réseau de bus (scénarios HP TCU + V et HP FER + V) fait diminuer légèrement les coûts totaux de fonctionnement par rapport aux scénarios HP TCU et HP FER (la baisse est de l'ordre de 10%).

Tableau 61 : Estimation du coût annuel de fonctionnement de l'offre de transport collectif pour chaque scénario

Annuels en millions de euros95 (HT)	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Métro	58,3	68,2	68,2	68,2	68,2
TER	-	27,0	27,0	78,9	78,9
Bus	223,2	187,1	142,8	182,4	139,1
Tramway	-	132,7	132,7	124,9	124,9
TOTAL	281,5	415,1	370,7	454,4	411,2

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY) et SLTC (2000)

Evaluation de l'évolution des coûts unitaires de fonctionnement par place * kilomètre offerte à l'issue de chacun des scénarios

Sur la base des résultats précédents, nous obtenons une évaluation de l'évolution des coûts unitaires de fonctionnement par place * kilomètre offerte, à l'issue de chacun des scénarios (Tableau 62).

Malgré une hausse des coûts annuels de fonctionnement, pour la collectivité, des réseaux de transports collectifs, les coûts unitaires à la place * kilomètre offerte diminuent avec la simulation successive des différents scénarios. Le coût unitaire de fonctionnement est de 0,0387 euros 95 / PKO sur le scénario HP 95 et de 0,0296 euros 95 / PKO sur le scénario HP FER + V. Cela représente une baisse de 24%. Si ces coûts unitaires diminuent c'est, d'une part, parce que les améliorations portent principalement sur les techniques de transports collectifs les moins coûteuses en coûts de fonctionnement (Tableau 58). D'autre part, la simulation de l'augmentation des vitesses commerciales des bus (scénarios HP TCU + V et HP FER + V) contribue également à une baisse des coûts unitaires de fonctionnement à la place * kilomètre offerte.

L'amélioration de l'offre en transports collectifs (hors mise en site propre du réseau de bus) permet une diminution de 15% à 16% du coût unitaire de fonctionnement des transports collectifs. L'augmentation des vitesses commerciales des bus (mise en site propre), quant à elle seule, permet une diminution supplémentaire de 10 points du coût unitaire de fonctionnement des transports collectifs.

Tableau 62 : Estimation du coût unitaire de fonctionnement de chaque scénario et variation relative du coût unitaire de chaque scénario par rapport au scénario HP 95

	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
PKO Annuelles (en millions)	7 272	12 612	12 612	13 925	13 925
	/	+ 73,4%	+ 73,4%	+ 91,5%	+ 91,5%
Coûts totaux annuels de fonctionnement (en millions d'euros 95 HT)	281,5	415,1	370,7	454,4	411,2
	/	+ 47,4%	+ 31,7%	+ 61,4%	+ 46,0%
Coûts unitaires (euros 95 / PKO)	0,0387	0,0329	0,0294	0,0326	0,0296
	/	- 14,9%	- 24%	-15,8%	-23,5%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY) et SLTC (2000)

Estimation de l'évolution du coût unitaire de fonctionnement par voyageur * kilomètre réalisé en transports collectifs pour chacun des scénarios

A partir des résultats précédents, nous évaluons les coûts unitaires par voyageur * kilomètre réalisés en transports collectifs à l'issue des transferts modaux sur chacun des scénarios.

Pour cela, dans un premier temps, nous estimons le coût journalier de fonctionnement pour la collectivité de l'offre programmée. Cette estimation est faite en divisant les coûts annuels de fonctionnement par le coefficient 300 (Tableau 63). Ce coefficient permet de passer d'un jour moyen de la semaine à l'année, compte tenu d'une offre en transports collectifs plus faible le week-end. Dans un second temps, nous évaluons le nombre total de voyageurs * kilomètres en transports collectifs. Ce volume comprend les voyageurs * kilomètres déjà réalisés en transports collectifs sur le périmètre constitué des déplacements inclus dans les boucles internes ou mixtes et le nombre de voyageurs * kilomètres transférés sur les transports collectifs à l'issue d'un scénario.

Nous obtenons alors un ordre de grandeur des coûts unitaires de fonctionnement par voyageurs * kilomètre un jour ouvrable (Tableau 63). Sur le scénario HP 95, ce coût s'établit à 0,33 euros 95 / voy*km.

Les coûts unitaires pour la collectivité relatifs aux autres scénarios croissent en « dent de scie » par rapport au scénario HP 95. Sur les scénarios HP TCU et HP FER, le coût unitaire passe à 0,42 euros 95 / voy*km. Cela représente une croissance de 28% par rapport au scénario HP 95. Sur les scénarios où est simulée l'augmentation des vitesses commerciales du réseau de bus (HP TCU + V et HP FER + V), les coûts unitaires sont légèrement plus faibles que sur les deux scénarios précédant (HP TCU et HP FER). Cependant, sur le scénario HP FER + V, nous avons un coût unitaire supérieur de 15% (0,37 euros 95 / voy*km) à celui du scénario HP 95.

Cette croissance globale des coûts unitaires s'explique par une croissance nettement moins rapide du nombre de voyageurs * kilomètres total à l'issue des transferts modaux par rapport à la croissance de l'offre en transports collectifs.

La baisse des coûts unitaires sur les scénarios HP TCU + V et HP FER + V est principalement expliquée par une baisse des coûts de fonctionnement du réseau de bus mis en site propre (Tableau 62). Alors que les coûts de fonctionnement du réseau de bus diminuent (chute de l'ordre de 24%) sur ces scénarios, le nombre de voyageurs * kilomètres transférés évolue peu par rapport aux scénarios HP TCU et HP FER.

Tableau 63 : Estimation des coûts unitaires de fonctionnement pour la collectivité des transports collectifs et variation relative du coût unitaire de chaque scénario par rapport au scénario HP 95

En euros 95 / voyageurs * kilomètres	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Coûts annuels de fonctionnement en millions d'euros 95 (HT)	282	415	371	454	411
Coûts journaliers de fonctionnement en milliers d'euros 95 (HT)	938	1 384	1 236	1 515	1 371
Nombre de voyageurs * kilomètres en transports collectifs (en milliers)	2 874	3 319	3 373	3 640	3 664
Coûts unitaires (euros 95 / voy*km)	0,33	0,42	0,37	0,42	0,37
	/	+27,8%	+12,3%	+27,6%	+14,7%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY) et SLCT (2000)

3.3. Evaluation du montant des investissements de chacun des scénarios

Nous présentons, maintenant, un ordre de grandeur de l'effort financier que représentent les investissements de l'offre en transports collectifs simulée dans chacun des scénarios. Pour évaluer le montant des investissements par réseau de transports collectifs, nous nous basons sur les montants des investissements de l'ensemble des réseaux de province (Tableau 64, GART, 2001) :

Tableau 64 : Coûts moyens de l'investissement par kilomètre retenus pour les différents réseaux de transports collectifs

Type de réseaux de transports collectifs	Montant des investissements en millions d'euros 95 / km
Axes forts type tramway	14,94
Site propre bus	4,04
Métro	60,98

Source : LET, d'après données GART 2001

N'ayant pas un grand nombre de réalisations de projet, dans le cas du tram-train (ce qui correspond aux «diamétrales ferroviaires» simulées dans les scénarios HP FER (+ V)), nous nous sommes basés sur un ordre de grandeur des montants d'investissements (Tableau 65) estimés pour la réalisation du tram-train à Mulhouse (SITRAM, 2002) et des données du GART (2001). Nous avons alors retenu, comme coût moyen des investissements par kilomètre pour la réalisation d'un axe de type «tram-train» un montant de l'ordre de 10 millions d'euros 95 par kilomètre.

Tableau 65 : Coûts moyens de l'investissement par kilomètre pour la réalisation d'un tram-train

Projet	Longueur (km)	Coût total (millions d'euros)	Coût par kilomètre (millions d'euros 95 par km)
Allemagne	18	189	9,5
Mulhouse	36	450	11,3

Sources : GART, 2001, SITRAM, 2002

(http://www.sitram.net/html_fr/tram_train/partie_peri_urbaine.htm#)

La simulation sous le logiciel TERESE de la SEMALY nous permet d'obtenir la longueur de chacun des réseaux de transports collectifs pour chacun des scénarios (Tableau 66).

Tableau 66 : Longueurs des réseaux de transports collectifs simulés dans chacun des scénarios

Longueur des réseaux en km	Scénarios		
	HP 95	HP TCU (+V)	HP FER (+V)
Axes forts de types tramway	NEANT	151,8	143,6
Train TER	NEANT	121,6	159,3
Métro	24,2	33,9	33,9
Bus	729,1	725,0	719,8
TOTAL	753,3	759,0	753,8

Source : LET, d'après le logiciel TERESE

Le montant des investissements est évalué par rapport au scénario HP 95. Sur ce scénario, aucun investissement d'offre en transports collectifs n'est fait par rapport à la situation de la date de l'enquête ménages déplacements.

Nous estimons, sur la base du Tableau 66, les variations de longueurs des différents réseaux dues aux différents scénarios, ainsi qu'un ordre de grandeur des investissements que nécessiterait la réalisation de chacun des scénarios. Le tableau ci-dessous présente les principaux résultats relatifs aux scénarios HP TCU et HP FER (Tableau 67).

Les coûts d'investissements du scénario HP TCU correspondent essentiellement à la réalisation des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains (Figure 3). Les coûts d'investissements du scénario HP FER sont légèrement plus importants. Cela est dû à l'amélioration de l'offre de transports ferroviaires avec la réalisation de «deux diamétrales» de type tram-train (Figure 5). Les coûts d'investissements de ces scénarios sont relativement élevés : 2,2 à 3,2 milliards d'euros 95.

Tableau 67 : Montants des investissements des scénarios HP TCU et HP FER

Coûts en Millions l'euros 95	Investissements du scénario HP TCU		Investissements du scénario HP FER	
	Longueur (km)	Coûts	Longueur (km)	Coûts
Axes forts	152	2 268	144	2 145
Train TER	NEANT	/	38	377
Métro	10	596	10	596
Bus	NEANT	/	NEANT	/
TOTAL	162	2 864	191	3 117

Source : LET, d'après EM LYON 95, CERTU et logiciel TERESE (SEMALY)

La simulation dans les scénarios HP TCU + V et HP FER + V, de la mise en site propre intégral du réseau de bus se traduit par un surcoût sur l'ensemble des deux scénarios précédents. Pour évaluer ce surcoût d'investissement, nous prenons en compte l'ensemble de la longueur du réseau de bus simulé dans les scénarios correspondants, à laquelle nous avons appliqué le coût unitaire précédemment identifié (Tableau 64). Nous considérons que ce coût de 4,04 millions d'euros 95/km est un coût moyen. Les coûts de réalisation d'un site propre sont très variables suivant les différents projets et les différentes agglomérations (variation entre 2,6 millions d'euros 95/km et environ 12,2 millions d'euros 95/km).

Tableau 68 : Montants des investissements des scénarios HP TCU+V et HP FER+V

Coûts en Millions l'euros 95	Investissements du scénario HP TCU + V		Investissements du scénario HP FER + V	
	Longueur (km)	Coûts	Longueur (km)	Coûts
Axes forts	152	2 268	144	2 145
Train TER	NEANT	/	38	377
Métro	10	596	10	596
Bus	725	2 929	720	2 908
TOTAL	887	5 793	911	6 025

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La mise en site propre intégrale du réseau de bus se traduit par une croissance nette des montants d'investissements sur les scénarios HP TCU + V (par rapport au scénario HP TCU) et HP FER + V (par rapport au scénario HP FER) (Tableau 68). Les montants d'investissements sont alors au total de 5,8 à 6 milliards d'euros 95. Il s'agit d'une estimation haute des investissements dans le sens où nous avons considéré la réalisation d'infrastructures de site propre sur la totalité de la longueur du réseau de bus de l'agglomération. Il est fort possible que les montants d'investissement soient moins importants sur une partie du réseau. En

effet, augmenter la vitesse commerciale du réseau de bus peut se traduire simplement par un système de priorité aux feux de circulation pour les bus. D'autre part, il existe déjà des couloirs réservés aux bus, que nous n'avons pas déduit de nos estimations.

3.4. Synthèse de l'estimation des coûts des différents scénarios pour la collectivité

Les coûts pour la collectivité peuvent être divisés en trois groupes :

- les coûts associés aux dépenses de fonctionnement de la voirie ;
- les coûts associés aux dépenses de fonctionnement des réseaux de transports collectifs ;
- le montant des investissements en transports collectifs pour chacun des scénarios.

Le coût de fonctionnement du réseau de transports collectifs correspondant au scénario HP 95 est estimé à environ 282 millions d'euros 95 par an. La mise en œuvre du scénario le plus complet (HP FER + V) entraîne un surcoût de fonctionnement (par rapport au scénario HP 95) qui se répartit de la manière suivante suivant les différents réseaux de transports collectifs :

- 10 millions d'euros 95 par an, pour le métro (dus notamment aux quelques prolongements de lignes) ;
- 79 millions d'euros 95 par an pour le fer. Cela correspond à la mise en œuvre de « diamétrales ferroviaires » et d'un cadencement de l'ensemble des lignes ferroviaires ;
- 125 millions d'euros 95 par an pour le « tramway ». Cela correspond à la mise en œuvre des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains.

Néanmoins, la mise en œuvre de ces améliorations de l'offre en transports collectifs entraîne une restructuration du réseau de surface de bus, qui conduit à une économie de coût de fonctionnement de l'ordre de 84 millions d'euros par an (par rapport au scénario HP 95). Le surcoût (par rapport au scénario HP 95) du fonctionnement global de l'offre en transports collectifs du scénario HP FER + V s'élève à environ 130 millions d'euros par an.

La réalisation du scénario HP FER + V se traduirait par un investissement total de l'ordre de 6 milliards d'euros 95 dont :

- 2 milliards d'euros 95 correspondraient aux 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains ;
- 600 millions d'euros 95 pour les prolongements de métro ;
- 380 millions d'euros 95 pour les « diamétrales ferroviaires » ;

– et 2,9 milliards d'euros 95 pour la mise en site propre intégrale du réseau de bus.

Toutefois, ce dernier chiffre est une estimation haute dans la mesure où la mise en site propre pourrait conduire à des montants d'investissement plus faibles s'ils se limitaient à la priorité aux intersections afin d'augmenter la vitesse commerciale des bus dans les zones congestionnées). En outre, nous n'avons pas pris en compte les couloirs réservés au bus déjà existant en 1995. Toutefois, sans la mise en site propre du réseau de bus, le montant d'investissement reste élevé : de l'ordre de 3 milliards d'euros 95 (scénario HP FER).

Les transferts vers les modes doux permettraient, par rapport à la situation de l'enquête ménages déplacements de 1995, une réduction pour la collectivité des coûts de fonctionnement des déplacements en voiture d'environ 17 393 euros 95 un jour ouvrable (estimation haute sur le scénario HP FER + V). Annuellement, ces réductions de coûts peuvent être estimées à environ 5 millions d'euros 95. Cette somme reste relativement faible à la vue des montants d'investissement et des surcoûts de fonctionnement de l'offre en transports collectifs des scénarios.

4. Qui perd, qui gagne en temps et/ou en argent ?

Nous présentons maintenant les principaux résultats relatifs aux individus concernés par les transferts modaux sur chaque scénario. Nous les caractérisons à l'aune de deux indicateurs que sont les budgets-temps individuels journaliers des déplacements et les coûts monétaires journaliers de la mobilité. Les transferts obtenus à l'issue de chacun des scénarios révèlent des situations individuelles bien distinctes. Alors que pour certains individus, le transfert modal est favorable en termes de temps et d'argent, ce n'est pas le cas pour d'autres.

Nous abordons successivement :

- l'identification des gagnants et des perdants en temps. Pour cela, nous nous basons sur le budget-temps déplacements des individus sur la journée ;
- l'identification des gagnants et des perdants en argent. Nous reconstruisons les coûts journalier de l'usage de la voiture (carburant et stationnement) à l'aide des travaux de l'INRETS (Gallez, 2000) et du LET (Nicolas et al., 2001) ;
- l'identification des différentes situations gagnants et/ou perdants au croisement des deux indicateurs « temps » et « argent ».

4.1. Nombre d'individus concernés par le transfert d'au moins une de leur boucle de déplacements

1 050 198 individus réalisent au moins une boucle (quel que soit le mode et le type de boucles) dans l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise de 1995 (Tableau 69). Parmi ces individus, seulement 435 575 ont réalisé une boucle appartenant au potentiel transférable (boucle interne ou mixte en voiture particulière).

Tableau 69 : Individus dont au moins une boucle est transférée (BTT + 30 min)

Individus :		Nombre d'individus	% par rapport au potentiel transférable	% par rapport au nombre total d'individus réalisant au moins une boucle
Réalissant au moins une boucle (quel que soit le mode et le type de boucles)		1 050 198		100%
Dont au moins une boucle est interne ou mixte en voiture particulière (potentiel transférable)		435 575	100%	41,5%
Dont au moins une boucle est transférée	HP 95	167 585	38,5%	16,0%
	HP TCU	192 811	44,3%	18,4%
	HP TCU + V	195 028	44,8%	18,6%
	HP FER	205 468	47,2%	19,6%
	HP FER + V	206 419	47,4%	19,7%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

L'application de la procédure de transfert modal sur le scénario HP 95 permet à quelques 167 600 individus de transférer au moins une de leur boucle réalisée auparavant en voiture. Cela représente 39% des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable, et 16% de l'ensemble des individus réalisant au moins une boucle. Ces taux de transferts sont relativement élevés dès le premier scénario et concernent une part non négligeable de la population lyonnaise.

Les améliorations successives de l'offre en transports collectifs font croître le nombre d'individus dont au moins une boucle est transférée. Le taux de transfert (par rapport au potentiel transférable) passe de 39% (scénario HP 95) à 47% (scénario HP FER + V). Sur ce dernier scénario, un individu sur cinq, qui réalise au moins une boucle est concerné par un transfert d'au moins une de ces boucles automobiles. Ces croissances restent faibles par rapport à l'augmentation relative de l'offre simulée dans les scénarios (Tableau 13).

La structure des déplacements permet de préciser l'identification des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable (Tableau 70). La majorité de ces individus (60%) n'effectue qu'une seule boucle interne ou mixte en voiture particulière. Ils ne sont que 30% à en effectuer deux. Peu d'individus (10%) réalisent un nombre élevé (au moins 3) de boucles internes ou mixtes en voiture particulière.

Tableau 70 : Répartition des individus selon le nombre de boucles appartenant au potentiel transférable (BTT + 30mn)

Nombre de boucles appartenant au potentiel transférable	Répartition des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable
1	59,8%
2	29,8%
≥ 3	10,3%
TOTAL	100%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Tableau 71 : Répartition des individus selon le nombre de boucles transférées sur chaque scénario (BTT + 30 min)

Nombre et pourcentage en colonne d'individus du potentiel transférable dont au moins X boucles sont transférées :	Scénarios					Variation entre les scénarios HP 95 et HP FER + V
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V	
X = 0	267 990	242 765	240 547	230 108	229 157	- 14,5%
	61,5%	55,7%	55,2%	52,8%	52,6%	
X = 1	131 381	149 901	150 811	159 844	160 169	+ 21,9%
	30,2%	34,4%	34,6%	36,7%	36,8%	
X = 2	32 201	37 875	39 129	40 452	41 024	+ 27,4%
	7,4%	8,7%	9,0%	9,3%	9,4%	
X = 3 et plus	4 003	5 034	5 088	5 171	5 225	+ 30,5%
	0,9%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

L'analyse de la répartition des individus (dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable) selon le nombre de boucles transférées nous donne des renseignements complémentaires (Tableau 71) (annexe 0 pour le détail de chaque scénario) :

- la mise en œuvre des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains dans le scénario HP TCU permet surtout d'accroître le taux d'individus dont une seule boucle est transférée. Près de 34% des individus ont une seule boucle transférée contre 30% sur le scénario HP 95. Cela correspond à une croissance de 4 points ;

- l'amélioration de l'offre ferroviaire par la réalisation du scénario HP FER permet de consolider cette tendance. Contre 30% dans le scénario HP 95, presque 37% des individus ont une seule boucle qui est transférée. L'augmentation des vitesses commerciales des lignes de bus contribue de manière moindre à cette tendance (croissance de 0,2 points) et indépendamment des scénarios simulés, le pourcentage d'individus ayant plus de deux boucles transférées reste stable. C'est-à-dire que l'amélioration de l'offre en transports collectifs ne change quasi-rien.

En bref, la majorité des individus dont tout ou partie de leur mobilité fait l'objet des transferts ont une seule boucle en voiture particulière qui est transférée sur les modes « doux ». L'amélioration de l'offre en transports collectifs permet d'accroître le nombre d'individus dont au moins deux boucles sont transférées (+27,4% et +30,5% de croissance entre les scénarios HP 95 et HP FER + V).

4.2. Evolution des budgets-temps individuels : qui perd, qui gagne ?

Si, indépendamment du scénario simulé, le budget-temps moyen de déplacement journalier est stable avant et après transfert, cette stabilité moyenne cache des individus perdant et des individus gagnant en temps.

En moyenne, à l'issue du scénario HP FER + V,

- 40% des individus transférés gagnent du temps à se transférer sur un mode doux, ce qui représente un individu sur cinq du potentiel transférable (boucle interne ou mixte en voiture particulière). Ce gain de temps est de l'ordre de 20 minutes, soit une baisse relative moyenne de 20,5% de leur budget-temps journalier (Tableau 72).
- 60% des individus transférés perdent du temps à se transférer sur un mode doux. Ils représentent 28% des individus du potentiel transférable. Ces 124 000 individus, en fonction d'une préférence pour le temps de déplacements, n'auraient aucune raison de laisser leur voiture. D'autant plus que ces derniers perdent en moyenne 14 minutes, soit une hausse relative de 22% de leur budget-temps.
- Comme pour l'agglomération parisienne (Massot et al., 2001), les transferts modaux ont tendance à lisser les disparités individuelles en termes de budget-temps. Les budgets-temps moyens des individus gagnant et perdant du temps sont identiques après transfert, contre 33 minutes d'écart avant transfert.

Tableau 72 : Evaluation du budget-temps journalier avant et après transfert des individus concernés par le transfert d'au moins une boucle est transférée

Scénario HP FER + V	Effectifs et % en colonne		Budget-temps journalier moyen des individus (en minutes)		Gain/perte moyen (en minutes)
			Avant Transfert	Après Transfert	
Individus avec « gain de temps »	82 457	40%	97	77	20
Individus avec « perte de temps »	123 962	60%	63	77	14
Ensemble des individus dont au moins une boucle transférée	206 419	100%	77	77	0

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Sur le scénario HP 95, la répartition de l'ensemble des individus transférés selon leur classe de budget-temps de déplacements journalier avant transfert (Tableau 73) montre que la majorité des individus dont au moins une boucle est transférée (69%) ont un budget-temps journalier inférieur 90 minutes :

- 39% des individus ont un budget-temps journalier inférieur à 1 heure ;
- 30% des individus ont un budget-temps compris entre 1 heure et 1 heure 30 ;
- 17% des individus ont un budget-temps compris entre 1 heure 30 et 2 heures ;
- 14% des individus ont un budget-temps supérieur à 2 heures.

L'amélioration de l'offre en transports collectifs permet d'accroître le nombre d'individus dont au moins une boucle est transférée dans chacune des classes de budget-temps considérées. (Tableau 73). La répartition précédente des individus dans chacune des classes reste relativement stable quel que soit le scénario simulé.

Tableau 73 : Répartition des individus dont au moins une boucle est transférée selon leur classe de budget-temps transport moyen journalier (BTT + 30mn)

Classe de budget-temps avant transfert (en minutes)	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
BTT < 40	34 054	36 252	36 658	37 070	37 715
40 ≤ BTT < 60	30 909	34 391	34 362	35 908	35 903
60 ≤ BTT < 90	50 145	58 807	59 314	62 550	62 789
90 ≤ BTT < 120	29 523	35 184	36 023	38 796	38 969
120 ≤ BTT < 180	17 301	21 491	21 925	23 733	23 894
180 ≤ BTT	5 651	6 686	6 746	7 410	7 149
Ensemble	167 585	192 811	195 028	205 468	206 419

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La simulation des quatre scénarios n'apporte que peu de modifications sur les répartitions selon la classe de budget-temps des individus gagnant et perdant du temps en étant transférés sur les modes doux (Tableau 74 et Tableau 75 et figures de l'annexe 0). Les analyses montrent que :

- les individus transférés gagnant du temps sont plus nombreux, en part relative, parmi les « gros » budgets-temps. Ils représentent deux tiers des individus transférés ayant un budget-temps compris entre 2 heures et 3 heures, et la totalité de ceux dont le budget-temps est supérieur à 3 heures ;
- à l'opposé, et toujours en part relative, les individus transférés perdant du temps représentent deux tiers de ceux dont le budget-temps est compris entre 40 minutes et 2h ; et plus de trois quarts de ceux dont le budget-temps est inférieur à 40 minutes⁷.
- la mise en œuvre du scénario HP TCU fait légèrement évoluer à la hausse le nombre d'individus transférés gagnant du temps par rapport au scénario HP 95, pour les classes de budget-temps supérieur à 1 heure (hausse de 2 à 6 points). Pour les scénarios suivants, la part des individus transférés et gagnant du temps selon les différentes classes de budget-temps n'évolue pas par rapport au scénario HP TCU.

Tableau 74 : Répartition des individus dont au moins une boucle est transférée « gagnants » du temps selon leur classe de budget-temps (BTT+30 min)

Classe de budget-temps avant transfert (en minutes)	(% par rapport à l'ensemble des individus transférés pour la même classe de budget-temps)				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
BTT < 40	21%	22%	22%	21%	21%
40 ≤ BTT < 60	32%	30%	30%	29%	29%
60 ≤ BTT < 90	35%	39%	38%	37%	38%
90 ≤ BTT < 120	35%	41%	42%	42%	44%
120 ≤ BTT < 180	67%	69%	68%	69%	68%
180 ≤ BTT	100%	100%	100%	100%	100%
Ensemble des individus gagnant du temps	37%	40%	40%	40%	40%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

⁷ Ce résultat découle de l'hypothèse sur la marge de croissance des budgets-temps (section 4.2 du chapitre 1). Ces individus transférés dont le budget-temps journalier est relativement faible, exploitent les 30 minutes de croissance autorisée sur leur budget-temps pour effectuer les déplacements sur un mode doux. L'évolution du budget-temps avant / après transfert de ces individus est d'autant plus forte que le budget-temps déclaré de l'individu dans l'enquête ménages déplacements est faible (annexe 3.3.2.). Par exemple, la croissance du budget-temps déclaré des individus se déplaçant moins de 40 minutes est d'au plus de 75% (40 minutes + 30 minutes).

Tableau 75 : Répartition des individus dont au moins une boucle est transférée « perdants » du temps selon leur classe de budget-temps (BTT + 30 min)

Classe de budget-temps avant transfert (en minutes)	(% par rapport à l'ensemble des individus transférés pour la même classe de budget-temps)				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
BTT < 40	79%	78%	78%	79%	79%
40 ≤ BTT < 60	68%	70%	70%	71%	71%
60 ≤ BTT < 90	65%	61%	62%	63%	62%
90 ≤ BTT < 120	65%	59%	58%	58%	56%
120 ≤ BTT < 180	33%	31%	32%	31%	32%
180 ≤ BTT	NEANT				
Ensemble des individus perdant du temps	63%	60%	60%	60%	60%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

4.3. Evolution des coûts journaliers d'usage de la mobilité : qui perd, qui gagne ?

La définition que nous retenons du coût de la mobilité est identique à celle des travaux sur l'agglomération parisienne : « le coût de la mobilité des individus est égal à la somme du coût journalier de l'usage de la voiture et du coût éventuel de l'usage des transports collectifs » (Massot et al., 2001).

Eléments constitutifs du coût journalier de la mobilité individuelle

Afin d'être cohérent avec les travaux sur l'agglomération parisienne, nous utilisons la même méthodologie et les mêmes hypothèses pour estimer le coût de la mobilité journalière des déplacements automobiles avant transfert. Pour cela, nous ne prenons en compte dans le coût que les dépenses liées au carburant nécessaire pour réaliser les déplacements journaliers et les dépenses éventuelles de stationnement.

Ce coût ne représente pas le coût total de la mobilité supporté par les individus, ne prenant pas en compte les coûts fixes, comme sur Pari21 (Massot et al., 2001, p148).

A. Prise en compte des consommations de carburants et du stationnement

Le coût de la mobilité journalière est la part variable du coût de la voiture. Il prend en compte :

- la consommation de carburant utilisé pour chaque déplacement effectué en voiture particulière. Ce coût est issu des travaux du LET (Nicolas et al., 2001), dans lesquels les coûts de la consommation de carburant ont été estimés pour l'ensemble des déplacements de l'agglomération lyonnaise à

partir d'une part de la distance de déplacement (calculée à l'aide du modèle d'affectation DAVIS par le CETE de Lyon) et d'autre part d'un coût kilométrique dépendant du type de voiture et de carburant utilisé ;

- les données sur le stationnement payant disponible dans le fichier de l'enquête ménages déplacements. Seul le stationnement payant sur voirie et espaces publics ou sur parkings publics a été pris en compte. De plus, ce coût n'a pas été pris en compte lorsque l'individu est abonné pour sa place de stationnement payant. Deux raisons expliquent ce choix. D'une part, l'enquête ne fournit dans ce cas que le montant de l'abonnement et non pas le coût au déplacement. D'autre part, nous ne pouvons pas savoir si le report sur les modes doux pour le déplacement considéré conduirait ou non à un désabonnement. Nous estimons donc un coût du stationnement par défaut. Toutefois, le stationnement payant étant limité à l'échelle de l'agglomération lyonnaise, la sous-estimation est faible.

Enfin, les coûts d'usage ou de stationnement ne sont pas considérés lorsqu'ils sont payés ou remboursés (en totalité ou partiellement) par l'entreprise.

B. Prise en compte d'un titre de transports collectifs dans le coût de la mobilité

Dans les travaux de l'INRETS (Massot et al., 2001), le coût journalier d'un abonnement aux transports collectifs a été pris en compte dans le coût de la mobilité en voiture particulière. Ce coût n'est pas pris en compte systématiquement, mais seulement pour tous les conducteurs automobiles possédant un abonnement mensuel au réseau de transports publics, qu'ils aient ou non réalisé un déplacement en transports collectifs parmi l'ensemble de leurs déplacements recensés dans l'enquête ménages déplacements.

Dans le cas de l'agglomération lyonnaise, nous n'avons aucun renseignement concernant le titre de transports collectifs dans l'enquête ménages déplacements de 1995. D'autre part, parmi les individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable, seulement 5% d'entre eux ont effectué au moins un déplacement en transports collectifs.

Enfin, nous n'avons pas d'information sur le caractère régulier ou non des déplacements transférés. De ce fait, nous ne pouvons pas savoir si l'abonnement aux transports collectifs sera plus intéressant que le ticket par carnet (il faut faire au minimum deux déplacements par jour de semaine pour que l'abonnement soit compétitif vis-à-vis des tickets en carnet). Il nous a donc semblé préférable de conserver la structure tarifaire existant en 1995 au sein du réseau lyonnais. Le prix d'un déplacement est calculé à partir des recettes commerciales de la Société Lyonnaise des Transports en Commun (SLTC) et du nombre de déplacements réalisés en transports collectifs. Le prix moyen ainsi obtenu tient compte de l'ensemble de la tarification des transports collectifs existante en 1995. Le coût

moyen d'un déplacement en transports collectifs en 1995 pour l'usager est de 0,633 euros 95 (hors taxes). En considérant que le poids des abonnements reste constant nous surestimons probablement un peu le coût des transports collectifs pour les usagers

Coût de la mobilité des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable, avant transfert

Le coût journalier moyen de la mobilité des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable s'établit à 1,89 euros 95 (en prenant en compte le coût journalier du titre de transports collectifs) (Tableau 76).

Tableau 76 : Coût journalier moyen de la mobilité des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable (soit 435 575 individus)

Zone de résidence des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable	Coût journalier de la mobilité (en euros 95)				TOTAL (hors coût journalier des transports collectifs)
	Coût moyen de la consommation de carburant	Coût moyen du stationnement	Coût moyen des transports collectifs	TOTAL	
Centre	1,62	0,09	0,09	1,80	1,71
1 ^{ère} couronne	1,66	0,07	0,05	1,79	1,73
2 ^{ème} couronne	2,02	0,05	0,06	2,13	2,07
ENSEMBLE	1,74	0,08	0,07	1,89	1,82

Sources : LET, d'après EM LYON 95, SLTC et Nicolas et al., 2001

Par la suite, nous ne prenons en compte dans le calcul du coût de la mobilité que le coût du stationnement et le coût du carburant. Le coût journalier de la mobilité des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable est alors de l'ordre de 1,82 euros 95.

Méthodologie d'évaluation du coût individuel de la mobilité après transfert d'au moins une boucle du potentiel transférable sur les modes doux

Pour établir le coût individuel de la mobilité journalière après transfert d'au moins une boucle de déplacements vers les modes doux, nous posons les hypothèses suivantes :

- H1 : lorsqu'une boucle est transférée sur la marche à pied ou le vélo, le coût correspondant à cette boucle est nul ;
- H2 : la tarification entre les différents opérateurs de transports collectifs, SNCF et SLTC, est unique ;

- *H3* : lorsqu'une boucle est transférée sur les transports collectifs, nous appliquons le prix moyen d'un déplacement en transports collectifs à chacun des déplacements de cette boucle. Ce coût moyen est estimé à 0,633 euros 95 ;
- *H4* : le prix moyen du déplacement en transports collectifs reste constant entre les situations avant et après transfert.

Le coût de la mobilité de tout individu dont au moins une boucle de déplacements est transférée est, après transfert :

- nul si l'intégralité de la mobilité de l'individu est transférée sur la marche à pied ou le vélo ;
- dans toutes les autres configurations de transfert, il est égal à la somme du coût des déplacements en voiture particulière non transférés et du coût correspondant aux déplacements transférés sur les transports collectifs.

Coût journalier moyen de la mobilité des individus dont au moins une boucle est transférée sur le scénario HP FER + V

Le coût journalier de la mobilité des individus dont au moins une boucle est transférée est estimé à 1,64 euros 95 avant transfert, et à 1,54 euros 95 après transfert sur le scénario le plus complet HP FER + V (Tableau 77). Cela représente une diminution de 0,1 euros par jour, soit 6%. Cette diminution s'explique principalement par le poids des déplacements transférés sur la marche et le vélo qui sont d'un coût nul, car les boucles transférées sur les transports collectifs sont en moyenne beaucoup plus coûteuse

Pour 44% des individus dont au moins une boucle est transférée, le transfert s'effectue entièrement sur la marche et le vélo. Le coût de la mobilité transférée est nul après transfert. Les gains observés de ces 91 000 individus sont de 0,64 euros 95 par jour, ce qui représente 51% du coût de la mobilité quotidienne de ces individus.

56% des individus ont au moins une boucle transférée sur le scénario HP FER + V. Le coût moyen de la mobilité individuelle s'établit pour un individu de ce groupe à 1,93 euros 95 avant transfert modal, contre 2,27 euros 95 après transfert. Cela représente une croissance de 18% du coût journalier de la mobilité individuelle chez ce groupe d'individus.

Tableau 77 : Coût monétaire journalier de la mobilité des individus dont au moins une boucle est transférée (scénario HP FER + V, BTT+30mn)

Coût de la mobilité des individus pour lesquels les transferts s'effectuent	Effectifs	Coût de la mobilité en euros 95	
		Avant Transfert	Après Transfert
Entièrement sur le vélo ou la marche à pied	90 896	1,27	0,62
Au moins sur les transports collectifs	115 524	1,93	2,27
Ensemble	206 419	1,64	1,54

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY) et (Nicolas et al., 2001)

Si certains individus dont au moins une boucle est transférée voient le coût journalier de leur mobilité diminuer après transfert modal, d'autres observent une croissance de ce coût journalier (Tableau 78).

Tableau 78 : Coût journalier de la mobilité : qui perd, qui gagne ? (scénario HP FER + V, BTT+30mn, en euros 95)

Effectifs		Individus avec au moins une boucle transférée		Ensemble
		Avec « gain monétaire »	Avec « perte monétaire »	
		129 349 [63%]	77 070 [37%]	206 419
Coût moyen journalier de la mobilité	Avant transfert	1,71	1,02	1,64
	Après transfert	1,52	2,43	1,54

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY) et (Nicolas et al., 2001)

Sur le scénario HP FER + V, 63% des individus dont au moins une boucle est transférée verraient le coût journalier de leur mobilité diminuer s'ils se transféraient sur un mode « doux ». Le gain monétaire de ces individus est en moyenne de 0,69 euros 95 par jour. Cela se caractérise, pour chacun de ces individus, par un coût journalier de la mobilité qui diminue de 40% par rapport à ce qu'il était avant transfert.

Pour 37% des individus perdant de l'argent en transférant tout ou partie de leur mobilité, la perte moyenne est de 0,91 euros 95. La perte relative est de 91% par rapport à la situation de ces individus avant transfert. Cette perte relative est d'autant plus importante que le coût journalier avant transfert de ces individus est plus bas que celui de ceux qui gagneraient à être transférés.

4.4. Synthèse de la faisabilité individuelle : au croisement des budgets-temps et des coûts journaliers de la mobilité

En croisant les évolutions des budgets-temps de déplacements et des coûts moyens journaliers de la mobilité des individus dont au moins une boucle est transférée sur le scénario HP FER + V, nous distinguons quatre groupes d'individus :

- Les « Gagnants ». Sur l'ensemble des individus concernés par le transfert de tout ou partie de leur mobilité, seulement 26% d'entre eux (soit 12% des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable) gagnent en temps et argent à être transférés. Ces 53 500 individus peuvent donc être considérés comme les « grands gagnants » de la procédure de transfert modal. Les gains observés en temps de déplacements et en argent ne sont pas négligeables. Pour ces individus, le coût journalier de la mobilité est divisé par deux après transfert, et leur budget-temps de déplacements journalier diminue de 21% ;
- Les « Perdants ». 23% des individus concernés par le transfert de tout ou partie de leur mobilité (11% des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable) peuvent être considérés comme les « grands perdants » de la procédure de transfert modal. Ces 48 000 individus perdraient aussi bien en temps qu'en argent à être transférés. Le coût journalier de leur mobilité augmente de 55% après transfert modal. Leur coût moyen de déplacements avant transfert (1,51 euros 95) se situe légèrement en deçà de la moyenne de l'ensemble des individus concernés par les transferts (1,64 euros 95). Leur budget-temps journalier de déplacements croît de 23% ;
- Gagnant en temps, mais perdant en argent. 29 000 individus, soit 14% des individus concernés par les transferts (7% des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable) gagnent en temps et perdent en argent à être transférés. Le coût moyen de leur mobilité s'accroît de 68% en passant de 1,53 euros 95 (avant transfert) à 2,57 euros 95 (après transfert). Leur budget-temps journalier diminue de 22 minutes, soit une baisse relative de 19%. Les gains de temps ne sont pas négligeables, d'autant plus que le budget-temps de déplacements de ces individus, avant transfert, est relativement plus important que celui de l'ensemble des individus concernés par les transferts (+ 36 minutes). Les déplacements de ces individus sont relativement longs et les transferts se font principalement sur les transports collectifs ;
- Gagnant en argent, mais perdant en temps. Enfin, 75 900 individus, soit 37% des individus concernés par les transferts (17% des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable) perdent en temps et gagnent en argent à être transférés. Les pertes de temps sont de 21%. Le coût

journalier de leur mobilité diminue de 37%. Le budget-temps de ces individus, avant transfert, est nettement plus faible que celui de la moyenne de l'ensemble des individus concernés par les transferts (-17 minutes). Les déplacements de ces individus sont relativement courts, et les transferts se font principalement sur la marche à pied et le vélo (ce qui explique une forte chute du coût journalier moyen de leur mobilité).

Tableau 79 : Evaluation des perdants et des gagnants en temps et/ou en argent (scénario HP FER + V, BTT+30mn)

Individus (Coût journalier de la mobilité en euros 95)	Effectif % en colonne	Coût de la mobilité		Budget-temps	
		Avant transfert	Après transfert	Avant transfert	Après transfert
"gagnant en temps et argent"	53 460 [26%]	1,70	0,93	1h88 min	1h09 min
"perdant en temps et argent"	48 073 [23%]	1,51	2,34	1h10 min	1h26 min
"gagnant en temps et perdant en argent"	28 997 [14%]	1,53	2,57	1h53 min	1h10 min
"perdant en temps et gagnant en argent"	75 889 [37%]	1,71	1,08	59 min	1h12 min
Ensemble	206 419 [100%]	1,64	1,54	1h17 min	1h71 min

Individus	Effectif	Variation du coût journalier de la mobilité	Variation du budget-temps
"gagnant en temps et argent"	53 460	-45%	-21%
"perdant en temps et argent"	48 073	+55%	+23%
"gagnant en temps et perdant en argent"	28 997	+68%	-20%
"perdant en temps et gagnant en argent"	75 889	-37%	+21%
Ensemble	206 419	-6%	1%

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY) et (Nicolas et al., 2001)

4.5. Différenciation des transferts selon les caractéristiques socio-démographiques des individus

L'objet de cette section est de donner un aperçu des principales différenciations des transferts à l'issue d'un scénario en fonction de caractéristiques socio-démographiques des individus. Nous analysons la répartition des individus concernés par les transferts en distinguant les femmes et les hommes (Tableau 80) ou le statut des individus (Tableau 82).

Différenciation selon le sexe

La distinction selon le sexe des individus montre un nombre plus important d'hommes aussi bien dans le potentiel transférable (58% d'hommes contre 42% de femmes) que parmi les individus dont au moins une boucle est transférée (57% des individus sont des hommes) (Tableau 80). Malgré le sureffectif des hommes par rapport aux femmes parmi l'ensemble des boucles transférées, il n'y a aucune différence entre les taux de transfert de la mobilité des femmes et des hommes. Il est de l'ordre de 38-39% sur le scénario HP 95 et de 47-48% sur le scénario HP FER + V.

Tableau 80 : Répartition des individus dont au moins une boucle est transférée selon leur sexe (BTT + 30mn)

% par rapport au potentiel transférable		Individus dont au moins une boucle est transférée		
		Femme	Homme	TOTAL
Individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable		183 881 [100%]	251 694 [100%]	435 575 [100%]
Transferts sur le scénario	HP 95	72 243 [39%]	95 341 [38%]	167 585 [38%]
	HP TCU	82 297 [45%]	110 514 [44%]	192 811 [44%]
	HP TCU + V	83 151 [45%]	111 877 [44%]	195 028 [45%]
	HP FER	86 958 [47%]	118 510 [47%]	205 468 [47%]
	HP FER + V	87 594 [48%]	118 826 [47%]	206 419 [47%]

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

C'est la répartition modale des déplacements transférés qui laisse entrevoir une différence entre la mobilité des femmes et des hommes concernés par les transferts (Tableau 81).

Sur le scénario HP 95, le vélo est le principal mode « doux » sur lequel se font les transferts (près de 55% des déplacements inclus dans les boucles transférées). Les femmes sont plus concernées par les transferts sur ce mode (58% des déplacements transférés, contre 52% pour les hommes). Les hommes sont plus captifs des transports collectifs, avec 43% des déplacements transférés sur ce mode.

A l'issue du scénario HP TCU, ce sont les transports collectifs qui deviennent le principal mode « doux » sur lequel se font les transferts (51% des déplacements sont transférés sur les transports collectifs). L'amélioration de l'offre en transports collectifs de ce scénario profite aussi bien aux femmes qu'aux hommes : 53% des déplacements transférés se font sur les transports collectifs pour les hommes et 47% pour les femmes. Cependant, il y a autant de déplacements transférés sur le vélo que sur les transports collectifs pour les femmes.

L'amélioration de l'offre du réseau ferroviaire (scénario HP FER) augmente la part des transferts sur les transports collectifs aussi bien chez les hommes que les femmes. Les transports collectifs restent toujours le mode doux principal des transferts. Mais, le vélo reste une alternative forte de report modal de manière plus marquée chez les femmes que chez les hommes.

Tableau 81 : Répartition modale des déplacements transférés selon le sexe des individus (BTT + 30 mn)

Part modale des déplacements transférés sur TC/ Vélo / MAP	Scénarios				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Homme	43/ 52/ 4	53/ 43/ 4	55/ 41/ 4	57/ 40/ 4	57/ 39/ 4
Femme	35/ 58/ 8	47/ 46/ 7	48/ 46/ 6	49/ 45/ 6	50/ 44/ 6
Total	40/ 55/ 5	51/ 44/ 5	52/ 43/ 5	54/ 42/ 5	54/ 41/ 5

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Statut des individus

72% des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable (Tableau 82) sont des « actifs ». Les autres profils (retraités, personnes au foyer, chômeurs ou étudiants), tous confondus, représentent le reste des individus dont au moins une boucle est dans le potentiel transférable (28%). La répartition reste inchangée quand on s'intéresse aux individus dont au moins une boucle est transférée, et ceci, indépendamment du scénario simulé. D'autre part, les hommes actifs représentent 58% de l'ensemble des actifs concernés par les transferts de tout ou partie de leur mobilité (42% sont des femmes actives). Enfin, parmi l'ensemble des autres profils, ce sont les retraités qui se distinguent en représentant 11% de l'ensemble des individus du potentiel transférable ou dont au moins une boucle est transférée.

Les améliorations de l'offre en transports collectifs permettent d'accroître le nombre d'individus concernés par les transferts, quel que soit le statut. Les nombres de retraités, d'étudiants ou de chômeurs concernés par les transferts augmentent de 10 à 12 points entre les scénarios HP 95 et HP FER + V. La croissance n'est que de 9 points pour le nombre d'actifs hommes ou femmes. Enfin, l'amélioration de l'offre en transports collectifs ne permet qu'une croissance faible du nombre de personnes au foyer concernées par les transferts.

A l'issue du scénario le plus complet HP FER + V, ce sont presque la moitié des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable qui est transférée, à quelques nuances près selon le statut (entre 35% des personnes au foyer, 46% des hommes actifs, 49% des femmes actives, 52% des retraités et 56% des étudiants dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable).

Tableau 82 : Répartition des individus dont au moins une boucle est transférée selon leur position dans le cycle de vie (BTT + 30mn)

% par rapport au potentiel transférable	Individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable	Individus dont au moins une boucle est transférée pour le scénario				
		HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Homme actif	185 827	69 040	78 817	80 002	84 685	85 177
	100%	37%	42%	43%	46%	46%
Femme active	131 415	52 726	60 654	61 433	64 022	64 554
	100%	40%	46%	47%	49%	49%
Personne au foyer	20 655	6 615	6 967	6 893	7 140	7 140
	100%	32%	34%	33%	35%	35%
Etudiant	21 477	9 455	11 119	11 088	12 081	11 943
	100%	44%	52%	52%	56%	56%
Retraité, inactif	50 752	20 878	24 864	24 988	26 558	26 478
	100%	41%	49%	49%	52%	52%
Chômeur	22 726	8 871	10 388	10 624	10 982	11 127
	100%	39%	46%	47%	48%	49%
Total	435 575	167 585	192 811	195 028	205 468	206 419
	100%	38%	44%	45%	47%	47%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

La répartition modale des déplacements transférés selon le statut confirme, pour partie, les résultats obtenus en distinguant les femmes et les hommes transférés (Tableau 83). La répartition modale est relativement peu différente entre les femmes et les hommes actifs, ce n'est que le vélo reste une alternative forte pour les femmes actives.

Indépendamment du scénario simulé, la part modale des déplacements transférés sur les transports collectifs est nettement plus importante chez les hommes inactifs que chez les hommes actifs. Si la situation est inversée pour les femmes, il faut noter que, sur le scénario HP 95, les répartitions modales des déplacements transférés sont quasi-identiques chez les femmes actives et les femmes inactives. L'amélioration de l'offre en transports collectifs va contribuer à différencier ce résultat. La part des déplacements transférés sur le vélo diminue moins rapidement chez les femmes inactives, que chez les femmes actives. Le vélo reste un mode «doux» sur lequel sont transférés autant de déplacements que sur les transports collectifs pour les femmes inactives du scénario HP FER + V.

Les hommes et femmes inactifs se distinguent donc par une répartition modale différente de leurs déplacements transférés, quel que soit le scénario simulé. Les transports collectifs sont le mode «doux» principal des hommes inactifs, alors que cela reste le vélo pour les femmes inactives.

Tableau 83 : Répartition modale des déplacements transférés selon la position des individus dans le cycle de vie (BTT + 30mn)

Part modale des déplacements transférés sur TC/ Vélo / MAP	Individus avec transfert				
	HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Homme actif	41 / 55 / 4	52 / 45 / 3	53 / 44 / 3	56 / 42 / 3	56 / 41 / 3
Femme active	35 / 58 / 6	49 / 46 / 5	49 / 45 / 5	50 / 45 / 5	52 / 43 / 5
Homme inactif	48 / 44 / 8	59 / 35 / 6	60 / 34 / 6	60 / 34 / 6	61 / 33 / 6
Femme inactive	34 / 55 / 11	42 / 48 / 10	42 / 47 / 10	45 / 45 / 10	45 / 45 / 10

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

4.6. Synthèse qui perd ? qui gagne ?

Alors que les transferts laissent relativement *stables les budgets-temps moyens des déplacements* (et ce quel que soit le scénario simulé), les transferts contribuent à *une légère diminution du coût de la mobilité* (-6% pour l'ensemble des individus dont au moins une boucle est transférée sur le scénario HP FER + V). La croissance du coût de la mobilité après transfert est tributaire du coût affecté aux déplacements transférés sur les transports collectifs, qui est relativement élevé. Toutefois, ce coût est compensé par la gratuité des déplacements en marche à pied et en vélo. Néanmoins, derrière ces deux observations sur les évolutions des budgets-temps journaliers de déplacements et des coûts journaliers de la mobilité, les individus concernés par les transferts se distinguent par des situations contrastées.

Sur le scénario HP FER + V, les 206 400 individus concernés par les transferts se répartissent de la manière suivante :

- 26% de « Gagnants » qui gagneraient en temps et en argent après les transferts (gain de 21% en temps et de 45% en argent) ;
- 23% de « Perdants » qui perdraient aussi bien en temps qu'en argent (croissance de l'ordre de 23% du budget-temps journalier et de 55% pour le coût de la mobilité journalière) ;
- 14% gagnant en temps, mais perdant en argent (diminution de 20% du budget-temps, mais augmentation de 68% du coût moyen de la mobilité) ;
- 37% gagnant en argent, mais perdant en temps (croissance de 21% du budget temps, mais diminution de 37% du coût de la mobilité).

La caractérisation des individus concernés par les transferts selon les caractéristiques socio-démographiques (sexe, position dans le cycle de vie) nous montre que *les transferts s'adressent principalement à des femmes et des hommes actifs* (trois quarts des individus du potentiel transférable et des individus dont au moins une boucle est transférée).

5. Conclusion

Avant de présenter les principaux résultats, nous reprenons les évolutions sur le marché des déplacements pour chacun des scénarios d'offre simulés, sur le périmètre de l'agglomération lyonnaise constitué de l'ensemble des boucles internes ou mixtes.

A l'issue du scénario HP 95, correspondant à l'offre en transports collectifs existante en 1995 (hors la généralisation de l'heure de pointe du soir sur l'ensemble de la journée), les transferts se caractérisent par des évolutions importantes :

- Un quart des déplacements ou encore 16,5% des véhicules * kilomètres des boucles appartenant au potentiel transférable sont transférés. 38,5% des individus réalisant au moins une boucle interne ou mixte en voiture particulière (potentiel transférable) est concerné par le transfert de tout ou partie de sa mobilité.

La part de marché des déplacements en voiture particulière passe de 55% (EM LYON 95) à 43% alors que les transports collectifs voient leur part de marché progresser de 12% à 17% et le vélo de 0,7% à 7%.

- Un doublement de l'offre en transports collectifs pour le scénario le plus complet HP FER + V, permettrait par rapport au scénario HP 95, un transfert supplémentaire de 8% des déplacements et 10,5% des véhicules * kilomètres des boucles appartenant au potentiel transférable. Le nombre d'individus réalisant au moins une boucle interne ou mixte en voiture particulière (potentiel transférable) et concerné par le transfert de tout ou partie de sa mobilité, augmente de 9 points par rapport à la situation du scénario HP 95.

La part de marché des déplacements en voiture particulière chute encore de 2 points et celle des transports collectifs augmenterait de 3 points.

Pour évaluer les enjeux sur l'environnement de ces transferts, nous utilisons la méthodologie du « *Budget Energie Environnement des Déplacements* » développée par l'INRETS (Gallez et al., 1996). Elle permet d'évaluer les volumes de consommation d'énergie ou d'émissions de différents polluants atmosphériques (dioxyde de carbone (CO₂), monoxyde de carbone (CO), composés organiques volatiles (COV), oxyde azoté (NO_x) ou particules fines (PM)). A l'issue de la simulation des scénarios et de l'application de la procédure de transfert modal, *la réduction de l'usage de la voiture particulière au profit des modes « doux » de déplacements se traduit par un bilan énergie – émission des déplacements nettement amélioré :*

- Les transferts obtenus dès le scénario HP 95 permettent d'améliorer de façon non négligeable la qualité environnementale de l'agglomération lyonnaise. Ils

permettent d'obtenir une baisse de près de 13% de la consommation journalière d'énergie sur l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes – par rapport à la situation de l'enquête ménages déplacements. Les émissions de polluants diminuent également fortement (-20% pour les composés organiques, -12% pour le dioxyde de carbone). Les économies de consommation et d'émissions de polluants sont aussi importantes, puisque la majorité des transferts sont obtenus sur ce scénario.

- Les transferts obtenus à l'issue d'un doublement de l'offre en transports collectifs (scénario HP FER + V) contribuent à accroître ces économies d'émissions de polluants et de consommation d'énergie de façon plus limitée mais non négligeable. Ils permettent une baisse de 6 points de plus de la consommation d'énergie sur le périmètre d'étude, par rapport au scénario HP 95. Les transferts vers les modes doux contribuent également à une baisse supplémentaire de 8 points des émissions de composés organiques et de 5,5 points du dioxyde de carbone par rapport au scénario HP 95.
- Ces économies globales par rapport à la situation de l'enquête ménages déplacements sont pour près de 60% réalisées sur les déplacements ayant pour motifs principalement « travail / école » et, secondairement, pour près de 35% sur les déplacements ayant pour motifs « achat quotidien / services » ou « loisirs ».

Sur le plan des coûts pour la collectivité, la réduction des coûts de fonctionnement des déplacements automobiles, liée aux transferts modaux, ne compense qu'une faible partie de la croissance des coûts de fonctionnement des réseaux de transports collectifs. Sur le scénario le plus complet (HP FER + V), les variations de coûts de fonctionnement se répartissent de la manière suivante :

- surcoût de 10 millions d'euros 95 par an, pour le métro (dus notamment aux quelques prolongements de lignes) ;
- surcoût de 79 millions d'euros 95 par an pour le fer. Il correspond à la mise en œuvre de « diamétrales ferroviaires » et d'un cadencement de l'ensemble des lignes ferroviaires ;
- surcoût de 125 millions d'euros 95 par an pour le « tramway ». Il correspond à la mise en œuvre des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains ;
- réduction de 84 millions d'euros 95 par an pour le bus du fait du remplacement de nombreuses lignes par des modes lourds ;
- réduction de 5 millions d'euros 95 par an pour la voiture particulière du fait des transferts sur les modes doux.

Le bilan se traduit par un surcoût de fonctionnement de 130 millions d'euros 95 par an pour le réseau de transports collectifs pour une économie de 5 millions seulement pour le réseau routier.

La réalisation des scénarios de transports collectifs se traduirait par des investissements très importants allant de 3 milliards d'euros 95 (scénario HP TCU) à 6 milliards d'euros 95 sur le scénario le plus complet (HP FER + V).

Enfin, sur le plan individuel, la combinaison de l'analyse des budgets temps journaliers de déplacement et du coût individuel de la mobilité offre un résultat contrasté. Avec un doublement de l'offre en transports collectifs (scénario HP FER + V), les transferts concernent près d'un individu sur deux dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable (206 400 individus sont concernés par les transferts). En moyenne, le transfert sur les modes doux se réalise à budget-temps de déplacements constant. En revanche, les coûts individuels moyens journaliers croissent de 13%. Mais derrière cette moyenne, on distingue quatre groupes dont les résultats sont très contrastés :

- 26% de « Gagnants » qui gagneraient en temps et en argent après les transferts (gain de 21% en temps et de 45% en argent) ;
- 23% de « Perdants » qui perdraient aussi bien en temps qu'en argent (croissance de l'ordre de 23% du budget-temps journalier et de 55% pour le coût de la mobilité journalière) ;
- 14% gagnant en temps, mais perdant en argent (diminution de 20% du budget-temps, mais augmentation de 68% du coût moyen de la mobilité) ;
- 37% gagnant en argent, mais perdant en temps (croissance de 21% du budget temps, mais diminution de 37% du coût de la mobilité).

CONCLUSION GENERALE

Notre travail a pour objet d'éclairer le débat sur la pertinence des actions à mener pour réduire l'usage de la voiture particulière dans la zone dense lyonnaise. Il consiste à caractériser clairement la borne supérieure des réductions possibles des usages de la voiture particulière au profit des modes doux (marche à pied, vélo et transports collectifs).

Pour déterminer le potentiel transférable (ensemble des boucles internes ou mixtes en voiture particulière) et l'ensemble des boucles du potentiel soumises à transfert, nous avons appliqué la méthodologie mise en place par l'INRETS (Massot et al., 2001) sur la zone dense lyonnaise. Cette application se base sur les usages automobiles observés en 1995 dans l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise.

Cette méthodologie est conçue autour d'une procédure de transfert modal des déplacements automobiles vers les modes « doux », qui respecte dans ses hypothèses les programmes d'activités des individus à travers les activités réalisées tant dans leur localisation, leur durée que leur enchaînement. Elle tient compte des temps passés dans les déplacements (non croissance du budget-temps des déplacements dans un premier temps ; croissance limitée dans un deuxième temps, ce qui revient à pénaliser les temps de déplacements en voiture).

Cette procédure de transfert modal est appliquée à cinq scénarios proposant des améliorations successives de l'offre de transports collectifs. Ces améliorations successives s'appuient, dans un premier temps, sur le Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération lyonnaise (SYTRAL, 1997). Dans un second temps, elles vont au-delà du Plan de Déplacements Urbains, en mettant en œuvre des mesures telles que le renforcement de l'offre ferroviaire (création de « diamétrales »), la mise en site propre intégrale du réseau de bus ou l'interconnexion des différents réseaux de transports collectifs (« hiérarchisation des réseaux », Grand Lyon, 2000 à d).

La quantification du potentiel transférable (boucles internes ou mixtes en voiture conducteur) nous renseigne sur la part des déplacements, des véhicules * kilomètres ou encore des individus pouvant être soumis à la procédure de transfert. Ce potentiel transférable concerne :

- 70% de l'ensemble des déplacements en voiture particulière recensés dans l'enquête ménages déplacements de 1995 ;
- 93% des véhicules * kilomètres de l'ensemble des déplacements en voiture particulière sur l'agglomération lyonnaise ;
- 41% des individus de l'agglomération lyonnaise.

Le premier scénario, dit HP 95, représente le système de transports collectifs tels qu'il existe en 1995 à la date de réalisation de l'enquête ménages déplacements, à l'exception de la généralisation de la période de pointe du soir (16 heures 30 – 19 heures) sur l'ensemble de la journée. L'application de la procédure de transfert à l'aide de ce scénario et en n'acceptant pas de croissance du budget-temps quotidien de déplacements permet d'analyser la rationalité de l'usage de l'automobile en termes de temps de déplacements. Il apparaît ainsi que 82% des individus réalisant une boucle en voiture particulière interne ou mixte (potentiel transférable) ne peuvent pas faire autrement que d'utiliser leur voiture pour réaliser leur programme d'activités quotidien, sans remettre en cause leur budget-temps de déplacements. De manière plus marquée, ce sont 89% des déplacements en voiture particulière (94% des véhicules * kilomètres) des boucles du potentiel transférable qui ne peuvent pas être réalisés sur un autre mode de déplacements que la voiture particulière. Pour la majorité des déplacements réalisés en voiture particulière par les individus, l'usage de l'automobile apparaît donc comme rationnel en termes de temps de déplacements.

L'acceptation d'une croissance du budget-temps quotidien de déplacements, combinée à la simulation des différents scénarios d'offre en transports collectifs conduit à accroître le volume des transferts (Tableau 15). L'analyse des simulations successives, permet de tirer quelques enseignements sur la pertinence de chacun des modes de transport.

Le développement de l'offre de transports collectifs, aussi conséquent qu'il soit (doublement des places * kilomètres offertes pour le scénario le plus achevé HP FER + V) n'est pas à même de réduire de manière drastique la place de la voiture. Chacune des améliorations d'offre simulées isolément a un impact limité. Si, a priori, chacune d'entre elles implique des efforts individuels et des coûts pour la collectivité différents, on constate à ce stade que combinées ces mesures conduisent à un potentiel de report modal significatif.

Les taux de transfert, dans le scénario le plus complet, sont de 23% des déplacements automobiles quotidiens et de 25% des véhicules*kilomètres automobiles. Dans l'ensemble de la zone dense, la part de marché des déplacements en voiture passerait ainsi de 55% à 41%. Cela correspond à une baisse de 14 points, ce qui peut être considéré comme significatif. Les transports collectifs récupèrent 55% des transferts, et leur part de marché augmente en passant de 12% à 20%. Enfin, la part de marché du vélo passe de 0,7% à 7%.

Comme on pouvait s'y attendre, le marché du vélo, avec celui plus réduit de la marche (en termes de transfert), concerne principalement des déplacements de courtes distances, de plus principalement à l'intérieur des deux communes de Lyon et Villeurbanne qui composent le centre de l'agglomération. De ce fait, le vélo apparaît comme relativement complémentaire des transports collectifs dont la pertinence en termes de temps de parcours vis-à-vis de la voiture s'observe sur

des distances plus longues. Loin de s'opposer les modes doux peuvent donc être complémentaires, tout au moins dans la zone centrale des agglomérations. Il convient toutefois de rappeler que dans le contexte lyonnais, si le vélo représente une part significative des déplacements, sa place est beaucoup plus modeste en termes de véhicules-kilomètres. Le développement des transports collectifs reste donc incontournable dans la panoplie des mesures à mettre en œuvre pour réduire la place de la voiture en ville.

L'accroissement d'usage des transports collectifs est très élevé pour le scénario le plus achevé. Il est toutefois à mettre en parallèle avec une croissance extrêmement forte de l'offre (doublement des places * kilomètres offertes). L'analyse des scénarios de transports collectifs permet de souligner la zone de pertinence principale de chacune des mesures prises en compte dans ces scénarios. Le développement des sites propres tels qu'ils sont prévus dans le Plan de Déplacements Urbains permet un report de déplacements automobiles concentré principalement sur les déplacements radiaux d'échanges entre le centre élargi et les couronnes périphériques, ainsi que dans une moindre mesure sur les déplacements à l'intérieur de ce centre élargi. L'utilisation des infrastructures ferroviaires existantes renforce encore l'effet sur les déplacements radiaux, tout particulièrement pour les plus longs d'entre eux entre les communes de deuxième et troisième couronnes et le centre, ainsi que pour des déplacements diamétraux. Ce constat ne doit toutefois pas masquer la non-pertinence en termes de temps de parcours des modes doux, dans leur forme actuelle, pour les déplacements périphériques. De plus, ces déplacements sont ceux qui connaissent la plus forte croissance ces dernières décennies tant en nombre qu'en distance.

L'analyse nous a également permis de mettre en avant les enjeux d'une réduction de la mobilité automobile :

- Sur le plan environnemental, les transferts obtenus dès le scénario HP 95 permettent de réduire de près de 13% de la consommation journalière d'énergie sur l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes – par rapport à la situation de l'enquête ménages déplacements. Les émissions de polluants diminuent également fortement (-20% pour les composés organiques, -12% pour le dioxyde de carbone). Le scénario le plus achevé (scénario HP FER + V) accroît ces économies d'émissions de polluants et de consommation d'énergie mais de façon plus limitée : baisse supplémentaire de 6 points de la consommation d'énergie sur le périmètre d'étude, de 10 points des émissions de composés organiques et de 6 points du dioxyde de carbone par rapport à la situation de l'enquête ménages déplacements.
- Sur le plan des coûts pour la collectivité, la réduction des coûts de fonctionnement des déplacements automobiles, liée aux transferts modaux, ne compense qu'une faible partie de la croissance des coûts de fonctionnement des réseaux de transports collectifs. Sur le scénario le plus complet

(HP FER + V), le bilan se traduit par un surcoût de fonctionnement de 130 millions d'euros 95 par an pour le réseau de transports collectifs pour une économie de 5 millions seulement pour le réseau routier. De plus, la réalisation des scénarios de transports collectifs conduit à des investissements très importants allant de 3 milliards d'euros 95 (scénario HP TCU) à 6 milliards d'euros 95 sur le scénario le plus complet (HP FER + V).

- Enfin, sur le plan individuel, la combinaison de l'analyse des budgets temps journaliers de déplacement et du coût individuel de la mobilité offre un résultat contrasté. Avec le scénario HP FER + V, les transferts concernent près d'un individu sur deux dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable (206 400 individus sont concernés par les transferts). En moyenne, le transfert sur les modes doux se réalise à budget-temps de déplacements constant. En revanche, les coûts individuels moyens journaliers croissent de 13%. Mais derrière cette moyenne, on distingue quatre groupes dont les résultats sont très contrastés : 25% de «Gagnants » qui gagnent en temps et en argent (gain de 23% en temps et coût de leur mobilité divisé par deux) ; 30% de «Perdants » qui perdent aussi bien en temps qu'en argent (croissance de l'ordre de 20% du budget-temps journalier et de 81% pour le coût de la mobilité journalière) ; 17% de gagnant en temps, mais de perdant en argent (diminution de 18% du budget-temps, mais doublement du coût moyen de la mobilité) ; 31% de gagnant en argent, mais de perdant en temps (croissance de 22% du budget temps, mais coût de la mobilité presque divisé par deux).

Si les résultats obtenus en termes de report de l'automobile sur les modes doux sont intéressants, ils confirment amplement l'hypothèse largement partagée par les milieux professionnels, de la nécessité de développer une politique globale qui articule de manière cohérente une panoplie de mesures complémentaires (Bonnell et al., 2003). Dépasser l'objectif d'une réduction de 25% des véhicules*kilomètres nécessite des mesures drastiques qui ne font pas partie de la méthodologie que nous avons développée. En effet, ces mesures conduiraient à remettre en cause les schémas d'activités des individus, les systèmes de localisation, les vitesses de déplacements, les acteurs et services de transports, dans la mesure où les alternatives modales actuelles à la voiture montrent, à l'aune de notre procédure, leurs limites quant aux possibilités de transfert des déplacements automobiles.

Une réduction importante de l'usage de la voiture passe forcément par des investissements importants pour les modes doux afin de sécuriser l'usage des deux-roues et d'accroître l'offre de transports collectifs. Toutefois, si cette condition est nécessaire, elle n'est en aucun cas suffisante. Cet effort doit être accompagné d'une panoplie de mesures complémentaires parmi lesquels on peut

évoquer la maîtrise des localisations tant de l'habitat que des activités, une politique de tarification de l'usage de la voiture, une organisation des activités, la limitation de l'accès au centre en voiture particulière, ou une réorganisation du stationnement...

Bibliographie

- Bonnel P. (2000 a), *LYON 21 étude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise, Rapport Intermédiaire*, LET, ENTPE, Lyon, 124p.
- Bonnel P. (2000 b), *LYON 21 étude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise, Rapport final*, LET, ENTPE, Lyon, 87p.
- Bonnel P., Cabanne I., Massot M.-H. (2003), *Evolution de l'usage des transports collectifs et politiques de déplacements urbains*, La documentation Française, collection « Le point sur », 81p.
- Bonnel P., Caubel D., Mignot D. (2001), *LYON 21 étude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise, Rapport Intermédiaire pour la Région Rhône-Alpes et ADEME*, LET, ENTPE, Lyon, 130p.
- Boulaïbal M. (1995), *Le chaînage des déplacements : interface entre activité et mobilité individuelle*, Mémoire de DEA, ENPC – Université de Paris 12, Paris.
- CERTU (1996), *Enquêtes 96 et analyses : transports collectifs urbains, annuaire statistique. Evolution 1990-1995*, CERTU, Lyon, pp.202-203.
- CERTU (1998), *L'enquête ménages déplacements «méthode standard »*, Collections du CERTU, éditions du CERTU, Lyon, 295p.
- CETE de Lyon, INSEE, SYTRAL (1995), *Enquête «déplacements auprès des ménages de l'agglomération lyonnaise »*, document technique, Lyon, 119p.
- Clément L. (1995), *Offre intermédiaire et organisation hiérarchique des réseaux de transports collectifs urbains – Le cas de l'agglomération lyonnaise*, Thèse d'Université pour le Doctorat de Sciences Economiques, option Economie des Transports, Université Lumière Lyon 2, Lyon, 538p.
- Cohen de Lara M., Dron D. (1997), *Evaluation économique et environnement dans les décisions publiques – Rapport au ministère de l'Environnement*, Collections des rapports officiels, La Documentation Française, Paris.
- Gallez C., Polacchini A. (1996), *Budgets énergie environnement des déplacements dans l'arrondissement de Lille*, Rapport de Convention ADEME/INRETS N°690-9306-RB, Arcueil.
- Gallez C., Orfeuill J.-P. (1997), *Politiques locales et maîtrise des déplacements en automobile : analyse des potentiels de régulation*, INRETS, Arcueil.
- GART (2001), *Les chiffres clés du transport public urbain*, UTP, GART, Paris
- Grand Lyon (Le) (2000 a), *Guide de la hiérarchisation des réseaux de déplacements*, COURLY, Lyon, 49p.
- Grand Lyon (Le) (2000 b), *Les Plans de Déplacements de Secteurs, Guide d'organisation multimodale des réseaux de déplacements*, COURLY, Lyon, 14p.
- Grand Lyon (Le) (2000 c), *Les Plans de Déplacements de Secteurs, Présentation générale des Plans de Déplacements de Secteurs*, COURLY, Lyon, 9p.
- Grand Lyon (Le) (2000 d), *Les Plans de Déplacements de Secteurs, Réflexion prospective sur l'armature des réseaux de déplacements à l'échelle du bassin de vie*, COURLY, Lyon, 22p.

- Joly I., Crozet Y., Bonnel P., Raux C. (2002), *La « loi de Zahavi », rapport de recherche intermédiaire pour le PUCA*, LET, Lyon, 103p.
- Jones P. (1990), *Developments in Dynamic and Activity-Based Approach to Travel Analysis*, Oxford Studies in Transport, Avebury Edition, Oxford.
- Massot M.-H., Armoogum J., Hivert L., Laroche C., Mazel C., et Thibal G. (2001), *PARI 21 étude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense francilienne*, Rapport final n°243, INRETS, Arcueil, 187p.
- Massot M.-H., Armoogum J., Bonnel P., Caubel D., Mignot D. (2002), Evaluation of car traffic reduction potential in urban area. Paris and Lyon case-studies, *European Transport Conference*, 9-11 September 2002, Homerton College, Cambridge, UK, 21p.
- Mackett R.L., Robertson S.A. (2000), *Potential for mode transfert of short trips: review of existing data and literature sources*, Centre for Transport Studies, University College, Londres.
- MEET Project, Hickman A.J. (1999), *Methodology for calculating transport emissions and energy consumption*, TRL, Brussels, Belgique, 362p.
- Nicolas J.-P., Pochet P., Poimboeuf H. (2001), *Indicateurs de mobilité durable. Application à l'agglomération de Lyon*. Laboratoire d'Economie des Transports, Coll. Etudes et Recherches n°16, Lyon, 127p.
- Schafer A. (2000), Regularities in travel demand: an international perspective, *Journal of transportation and Statistics*, Vol. 3 N°3, pp.1-31.
- SEMALY (2000), *TERESE, modèle d'affectation de voyageurs dans les études de transport collectif*, document pédagogique, cours analyse et prévision de la demande de transport du DESS Transports Urbains et Régionaux de Personnes, ENTPE, Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- Société Lyonnaise des Transports en Commun (SLTC) (2000), *Coût-déplacement 1995 par lignes et Rapport annuel du délégataire ; compte de la délégation*, SLTC, Lyon, pp.30-31.
- SITRAM (2002), *Le projet de Tram-Train*, (site Internet) <http://www.sitram.net/index.htm>
- SYTRAL (1997), *Le Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération lyonnaise*, SYTRAL, Lyon, 66p.
- SYTRAL (2002), *Tramways de l'Est, 2 projets pour 1 concertation publique*, <http://www.sytral.fr/> ou Plan de Mandat 2002-2007, SYTRAL, Lyon.
- Wiel M. (1999), *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, MARDAGA, Col. Architecture+Recherches, Sprimont (Belgique), 149p.

Annexes

1. Annexes du chapitre 1 : Evaluation du potentiel transférable & définition des règles de transfert modal

1.1. Description des modes de transport

Tableau 84 : Codification des modes de transport EM LYON 95

	Codification fine enquête ménages déplacements	Codification agrégée
01	Marche à pied (exclusivement)	MAP
02	Bicyclette	VELO
03	2 roues à moteur (<50 cm ³)	2RM
04	2 roues à moteur (>50 cm ³)	2RM
05	Conducteur VP du ménage	VPCOND
06	Conducteur VP autre	VPCOND
07	Passager VP du ménage	VPPASS
08	Passager VP autre	VPPASS
09	Passager bus, trolleybus, funiculaire (TCL)	TC
10	Passager métro	TC
11	Passager car (autre que TCL)	TC
12	Transport employeur (exclusivement)	TC
13	Passager SNCF	TC
14	Transports spéciaux scolaires (exclusivement)	TC
15	Camionnette, camion (pour déplacements privés)	VPCOND
16	Passager taxi	VPPASS
17	Autres modes	AUTRE

Source : LET, d'après EM LYON 95

L'enquête ménages déplacements fournit jusqu'à trois modes de transport. Pour simplifier la codification un mode unique est alors affecté en retenant le principe suivant : VPPASS si le mode VPPASS est présent parmi les trois modes ; Sinon, si le mode VPCOND est présent parmi les trois modes, ce mode est affecté à l'association des modes ; Sinon... en retenant la hiérarchie suivante : VPPASS, VPCOND, TC, 2RM, VELO, AUTRE, MAP. Toutefois, lorsque les modes voiture et TC sont associés, l'association est codée VPPASSTC ou VPCONDTC selon que le mode voiture est passager ou conducteur. Le résultat détaillé de cette codification est présenté dans la nomenclature utilisée dans le Tableau 85.

Tableau 85 : Codification des combinaisons de modes de transport EM LYON 95

Deux roues motorisés	2RM
Autres modes de transport	AUTRE
Marche à pied	MAP
Transport collectif	TC
Vélo	VELO
Voiture conducteur	VPCOND
Voiture conducteur + transports collectifs	VPCONDTC
Voiture passager	VPPASS
Voiture passager + transports collectifs	VPPASSTC

Source : LET, d'après EM LYON 95

1.2. Description des motifs de déplacements

Tableau 86 : Codification des motifs de déplacements EM LYON 95

Motif enquête ménages déplacements	Motif agrégé
1 – domicile	DOMI
2 – travail habituel	TRAV
3 – travail non habituel	TRAV
4 – nourrice, crèche, école maternelle et primaire	ECOL
5 – CES	ECOL
6 – lycée	ECOL
7 – université	ECOL
8 – achat quotidien ou de dépannage	ACHA/SER
9 – achat de la semaine	ACHA/SER
10 – achat d'équipement, d'habillement ou de loisir	ACHA/SER
11 – santé	ACHA/SER
12 – démarches	ACHA/SER
13 – recherche d'emploi, ANPE	TRAV
14 – activités sportives	LOIS
15 – activités culturelles	LOIS
16 – activités associatives	LOIS
17 – promenade, lèche-vitrines	LOIS
18 – restauration en dehors du domicile	LOIS
19 – visite à des parents ou amis	LOIS
20 – accompagnement	ACCT
21 – dépose mode de transport	ACCT
22 – autres motifs	AUTR

Source : LET, d'après EM LYON 95

Pour les boucles, nous avons défini un motif principal par traitement hiérarchisé des motifs agrégés de déplacements. Si la boucle comporte un déplacement dont le motif est travail ou école, le motif devient travail/école. Sinon si la boucle comporte un déplacement dont le motif est accompagnement, le motif devient accompagnement. Sinon, on continue en retenant la hiérarchie suivante : travail/école, accompagnement, achats/services, loisirs, autres motifs (Tableau 87).

Tableau 87 : Codification des motifs de boucles EM LYON 95

Travail + école	TRAV/ECOL
Accompagnement	ACCOMP
Achats/services	ACHA/SERV
Loisirs	LOISIR
Autres motifs	AUTRE

Source : LET, d'après EM LYON 95

1.3. Boucles internes ou mixtes, répartition modale

Si toutes les boucles potentiellement transférables étaient effectivement transférées, ce sont 37,3% des boucles qui seraient transférées (Tableau 88), c'est-à-dire, la totalité des boucles dont le premier mode est la voiture conducteur.

Parmi l'ensemble des boucles, les boucles internes et mixtes dont le premier mode est la marche représentent près de 30%. Les transports collectifs occupent 13,5% du marché et le vélo une part minime avec 0,6%. Les modes doux ont une part supérieure à la voiture comme conducteur. Toutefois, si l'on ajoute les déplacements en voiture passager la répartition s'inverse au profit de la voiture.

Tableau 88 : Répartition des boucles internes et mixtes selon le mode (Grand LYON)

En % de l'ensemble des boucles tous modes	Internes	Mixtes	Internes + mixtes
Voiture conducteur	31,4%	5,9%	37,3%
Marche à pied	29,4%	0,3%	29,7%
Transport collectif	12,9%	0,6%	13,5%
Voiture passager	9,8%	1,5%	11,2%
Vélo	0,6%	0,0%	0,6%
Deux roues motorisés	0,4%	0,1%	0,5%
Autres	0,1%	0,1%	0,1%
Mode non renseigné	0,2%	0,0%	0,2%
Total	100,0%	100,0%	100,0%

Source : LET, d'après EM LYON 95

1.4. Analyse des contraintes de distance sur la marche à pied et sur le vélo pour les boucles du potentiel transférable

La distance sur la marche à pied ne peut être calculée pour 5% des boucles internes et mixtes dont le premier déplacement est effectué en voiture conducteur (Tableau 89). Il s'agit principalement de boucles mixtes dont au moins un déplacement a une extrémité hors de la zone d'enquête. Ces boucles concentrent un pourcentage équivalent de déplacements et 3,6% de l'ensemble des déplacements automobiles.

Peu de boucles (5,6%) satisfont à la contrainte de distance en marche à pied. Ces boucles regroupent seulement 4,2% des déplacements appartenant à des boucles. Il s'agit principalement de boucles ne comportant que deux déplacements, ce qui explique ce pourcentage réduit. Il ne reste donc que 3,0% des déplacements automobiles qui respectent la contrainte de distance en marche à pied.

Tableau 89 : Analyse de la contrainte de distance sur la marche à pied pour les boucles du potentiel transférable

	Nombre de boucles		Nombre de déplacements inclus dans les boucles		Nombre de déplacements en voiture conducteur ou passager	
	Effectif	% par rapport au potentiel transférable	Effectif	% déplacements inclus dans boucles du potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture
Ensemble des déplacements					1 968 664 (23 583)	100%
Potentiel transférable (Boucles internes ou mixtes en voiture)	672 896 (8 091)	100%	1 866 476 (22 202)	100%	1 766 250 (21 135)	89,7%
Boucles soumises à transfert, dont :	459 114 (5 482)	68,2%	1 192 781 (14 089)	63,9%	1 125 320 (13 389)	57,2%
Distance inconnue	34 394 (388)	5,1%	95 033 (1 062)	5,1%	90 146 (1 016)	4,6%
Ne respectant pas la contrainte de distance	387 272 (4 685)	57,6%	1 019 808 (12 186)	54,6%	959 581 (11 553)	48,7%
Respectant la contrainte de distance	37 448 (409)	5,6%	77 940 (841)	4,2%	75 593 (820)	3,8%

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

En l'état des comportements de déplacements, la marche n'est donc pas un mode susceptible de capter une part importante des déplacements automobiles.

Comme pour la marche, la distance sur le vélo ne peut être calculée pour 5% des boucles (Tableau 90). Le non-respect de la contrainte de distance maximale de la boucle élimine un peu plus de la moitié des boucles du potentiel transférable. Ces boucles comportent 28% des déplacements automobiles. Seules 22,5% des boucles du potentiel transférable satisfont à la contrainte de distance. Ces boucles regroupent seulement 18,0% des déplacements inclus dans le potentiel transférable. Il s'agit principalement de boucles ne comportant que deux déplacements, ce qui explique ce pourcentage réduit. Ces boucles concentrent 12,8% des déplacements automobiles. Même si ce pourcentage reste modeste, le vélo se pose en concurrent potentiel de la voiture.

Tableau 90 : Analyse de la contrainte de distance sur le vélo pour les boucles du potentiel transférable

	Nombre de boucles		Nombre de déplacements inclus dans les boucles		Nombre de déplacements en voiture conducteur ou passager	
	Effectif	% par rapport au potentiel transférable	Effectif	% déplacements inclus dans boucles du potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture
Ensemble des déplacements					1 968 664 (23 583)	100%
Potentiel transférable (Boucles internes ou mixtes en voiture)	672 896 (8 091)	100%	1 866 476 (22 202)	100%	1 766 250 (21 135)	89,7%
Boucles soumises à transfert, dont :	459 114 (5 482)	68,2%	1 192 781 (14 089)	63,9%	1 125 320 (13 389)	57,2%
Distance inconnue	34 394 (388)	5,1%	95 033 (1 062)	5,1%	90 146 (1 016)	4,6%
Ne respectant pas la contrainte de distance	273 327 (3 335)	40,6%	761 085 (9 162)	40,8%	709 599 (8 610)	36,0%
Respectant la contrainte de distance	151 393 (1 759)	22,5%	336 663 (3 865)	18,0%	325 575 (3 763)	16,5%

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

1.5. Analyse de la contrainte de disponibilité de l'offre de transports collectifs pour les boucles du potentiel transférable

Pour 10% des boucles (Tableau 91), l'offre de transports collectifs n'est pas disponible. Cette indisponibilité correspond soit à des boucles dont le premier ou le dernier déplacement commence ou se termine en dehors de l'amplitude horaire d'exploitation des services, soit à des boucles dont au moins un déplacement est effectué sur une origine-destination pour laquelle, il n'y a pas d'offre (ou plus exactement pour laquelle, soit il n'y a effectivement pas d'offre, soit celle-ci n'est pas codifiée dans le logiciel TERESE, car le déplacement sort du périmètre d'étude du modèle). Ces boucles regroupent 7,2% des déplacements automobiles. Ces pourcentages sont probablement minimisés dans la mesure, où nous considérons l'offre de la période de pointe et l'amplitude du réseau structurant, même si l'offre périurbaine n'est que partiellement prise en compte dans le réseau modélisé par la SEMALY en 1996.

Tableau 91 : Analyse de la contrainte de disponibilité de l'offre de transports collectifs pour les boucles du potentiel transférable

	Nombre de boucles		Nombre de déplacements inclus dans les boucles		Nombre de déplacements en voiture conducteur ou passager	
	Effectif	% par rapport au potentiel transférab	Effectif	% déplacements inclus dans boucles du potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture
Ensemble des déplacements					1 968 664 (23 583)	100%
Potentiel transférable (Boucles internes ou mixtes en voiture)	672 896 (8 091)	100%	1 866 476 (22 202)	100%	1 766 250 (21 135)	89,7%
Boucles soumises à transfert, dont :	459 114 (5 482)	68,2%	1 192 781 (14 089)	63,9%	1 125 320 (13 389)	57,2%
Sans offre TC ou boucles commençant avant 5h00 ou terminant après 24h00	69 354 (783)	10,3%	187 883 (2 114)	10,1%	178 246 (2 013)	9,0%
Respectant la contrainte TC	389 760 (4 699)	57,9%	1 004 898 (11 975)	53,8%	947 074 (11 376)	48,1%

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

Le pourcentage de boucles respectant la contrainte pour les transports collectifs est donc plus élevé que pour les autres modes de transport avec 58% des boucles et 54% des déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable.

1.6. Analyse sur la contrainte du budget-temps

59% des boucles respectent la contrainte d'au moins un des trois modes doux (Tableau 92). Elles représentent 55% des déplacements inclus dans le potentiel transférable et 38,2% des déplacements automobiles. 0,6% des boucles ne respectent pas la contrainte sur le budget-temps maximum de l'individu au-delà duquel la procédure de transfert n'est pas examinée. La contrainte sur la marge de croissance du budget-temps de déplacement sera donc finalement examinée pour 58,4% des boucles seulement. Ces boucles regroupent 54,1% des déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable et 37,8% des déplacements automobiles.

Tableau 92: Analyse de la contrainte sur le budget-temps

	Nombre de boucles		Nombre de déplacements inclus dans les boucles		Nombre de déplacements en voiture conducteur ou passager	
	Effectif	% par rapport au potentiel transférable	Effectif	% déplacements inclus dans boucles du potentiel transférable	Effectif	% du nombre total de déplacements en voiture
Ensemble des déplacements					1 968 664 (23 583)	100%
Potentiel transférable (Boucles internes ou mixtes en voiture)	672 896 (8 091)	100%	1 866 476 (22 202)	100%	1 766 250 (21 135)	89,7%
Boucles soumises à transfert, dont :	459 114 (5 482)	68,2%	1 192 781 (14 089)	63,9%	1 125 320 (13 389)	57,2%
Boucles respectant les contraintes d'au moins un mode	396 997 (4 778)	59,0%	1 022 032 (12 160)	54,8%	963 644 (11 553)	48,9%
Boucles dont le budget-temps excède 300mn	3 971 (46)	0,6%	12 219 (155)	0,7%	11 457 (149)	0,4%
Boucles respectant l'ensemble des contraintes	393 026 (4 732)	58,5%	1 009 813 (12 005)	54,1%	952 187 (11 404)	48,4%

Source : LET, d'après EM LYON 95 (effectif enquêté entre parenthèses)

1.7. Présentation du logiciel TERESE de la SEMALY (SEMALY, 2000)

Hypothèses du logiciel TERESE

A. Lignes de réseau

Caractéristiques principales du réseau lyonnais codifié dans TERESE

- nombre de zones : 196 ;
- vitesse marche : 1 m/s ;
- période d'étude, correspondant à la période de pointe du soir 16h30-19h00 soit 150 minutes ;
- coefficients d'équivalence utilisés pour la fonction de coût généralisé :
 - temps de marche par rapport au temps de parcours pour exprimer la pénibilité de la marche (MAP) par rapport au temps passé dans le véhicule (k1) : 2,50 ;
 - temps d'attente par rapport au temps de parcours pour exprimer la pénibilité de l'attente par rapport au temps passé dans le véhicule (k2) : 1,90.

Ces deux coefficients, k1 et k2, permettent l'évaluation des temps ressentis par les usagers.

Les types de lignes numérotés de 1 à 10 permettent le classement des lignes selon certaines spécificités propres au réseau de transports collectifs urbains étudié. Le coefficient de régularité permet de calculer le temps d'attente. Pour une ligne parfaitement régulière (coefficient de régularité de 0,5), le temps d'attente moyen est égal au demi-intervalle moyen entre deux véhicules. La pénalité d'accès (en seconde) permet de traduire certaines caractéristiques de la ligne mal prises en compte par les autres paramètres ou la perception que les usagers peuvent avoir de la ligne de transports collectifs (caractère attractif ou contraignant des transports en commun, perception du confort des véhicules, de la régularité de la ligne, etc.).

Deux variables principales caractérisent le type de lignes : coefficient de régularité et pénalité d'accès.

Dans le cas du réseau ferroviaire simulé dans les scénarios, le coefficient de régularité est de 0,4, c'est-à-dire inférieur à celui de la régularité parfaite. Dans les autres cas (tramway, bus et métro), celui-ci est supérieur à 0,5. Le coefficient de régularité inférieur à 0,5 explicite une anticipation par les usagers des horaires de passage des trains. Ceux-ci sont en effet connus des usagers réguliers.

Lorsque plusieurs lignes possèdent un tronç commun, il y a création d'une ligne fictive sur ce tronç commun. L'intervalle (I) de la ligne fictive est donné par :

$$\frac{1}{I} = \sum_k \frac{1}{I_k} \text{ où } I_k \text{ est l'intervalle de la ligne } k.$$

Mode de calcul des temps réels et des temps généralisés TERESE

B. Temps réels

Pour un trajet simple, $T_r = T_m + T_{att}^1 + T_p^1$

Pour un trajet avec correspondance, $T_r = T_m + T_{att}^1 + T_p^1 + T_{att}^2 + T_p^2$

Où : T_m est le temps de marche à pied à l'origine et à la destination plus éventuellement en correspondance ;

T_{att}^i représente le temps d'attente sur la ligne i ;

T_p^i représente le temps de parcours sur la ligne i.

C. Temps généralisés

La notion de temps réel n'est pas suffisante, car elle ne prend pas en considération certains paramètres entrant dans le choix de l'itinéraire des voyageurs (pénibilité, prix, confort...), que l'on retrouve dans la notion de temps généralisé.

Pour un trajet simple, $T_g = k_1 * T_m + k_2 * T_{att}^1 + T_p^1 + T_{pen}^1 + k_3 * P$

Pour un trajet avec correspondance,

$$T_g = k_1 * T_m + k_2 * (T_{att}^1 + T_{att}^2) + T_p^1 + T_p^2 + T_{pen}^1 + T_{pen}^2 + k_3 * P$$

Où : T_m, T_{att}^i, T_p^i sont définis de la même façon que pour le temps réel ;

T_{pen}^i la pénalité de la ligne i ;

P le prix moyen du déplacement sur le réseau ;

k_1 coefficient d'équivalence caractérisant la pénibilité de la marche à pied ;

k_2 coefficient d'équivalence caractérisant la pénibilité du temps d'attente ;

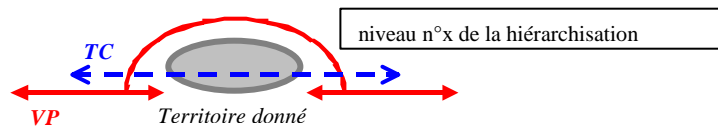
k_3 permet de convertir le tarif payé pour effectuer le déplacement en équivalent temps de parcours.

2. Annexes du chapitre 2 : Scénarios pour une réduction de la place de la voiture dans la mobilité locale lyonnaise

2.1. Hiérarchisation des réseaux

Les orientations du Plan des Déplacements Urbains (P.D.U.) impliquent «une approche multimodale et territoriale de la politique des déplacements» (Grand Lyon, 2000 a, p5). Les reports modaux sur les modes alternatifs (transport en commun, vélo, marche) induiront «outre une évolution de l'offre spécifique à chaque mode, une modification, sur certains axes et territoires, de la répartition de l'usage de la voirie et la mise en œuvre d'une priorité forte aux transports collectifs en matière de régulation» (Grand Lyon, 2000 a, p5). Parallèlement, les flux automobiles devront être orientés vers les axes privilégiés. Ces axes devront être efficaces en matière de régulation afin d'anticiper et de gérer les éventuelles perturbations. Les orientations du Plan des Déplacements Urbains de l'agglomération lyonnaise ont été traduites dans les Plans de Déplacements de Secteurs. Ceux-ci «ont pour vocation de décliner les principes et orientations et de planifier [...] l'évolution des réseaux de déplacements sur le (et les) territoire(s) de l'agglomération» (Grand Lyon, 2000 a, p6). Les Plans de Déplacements de Secteurs se basent sur la mise en place d'une hiérarchisation des réseaux de déplacements permettant une alternative à la voiture particulière grâce aux transports en commun, au vélo et à la marche à pied, et ce au sens des orientations du Plan des Déplacements Urbains de l'agglomération lyonnaise.

Figure 17 : Hiérarchisation des réseaux, principe de l'offre d'une alternative à la voiture particulière à l'échelle d'un territoire donné



Source : Grand Lyon (2000 b), p7

La hiérarchisation des réseaux de déplacements «doit nécessairement porter sur des dimensions [...] communes. Ainsi, elle identifie et distingue différents niveaux de réseau(x), quels que soient les modes, en fonction de leur portée (et/ou de la portée des déplacements qu'ils supportent), c'est-à-dire de l'échelle des territoires pour la desserte desquels ils sont conçus (le souhaitable) ou sont utilisés (le réel)» (Grand Lyon, 2000 a, p9). C'est une démarche qui s'appuie sur une logique de fonction, sur une logique de structure d'usage.

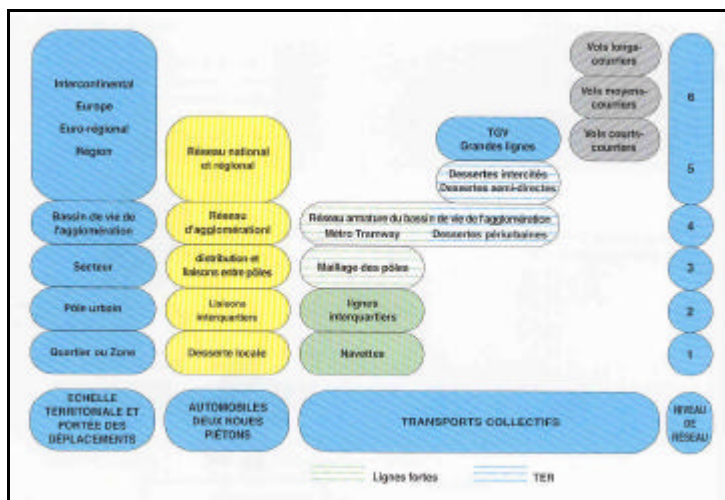
La mise en place d'une hiérarchisation commune aux différents modes de transports devrait permettre aux usagers « d'effectuer un choix de mode et/ou d'itinéraire dans un système lisible aux qualités et aux performances cohérentes, connues ou attendues » (Grand Lyon, 2000 a, p9). Au niveau du territoire, cette hiérarchisation devrait permettre « d'assurer la desserte et de garantir l'accessibilité mais aussi la protection [...] » (Grand Lyon, 2000 a, p9). Enfin, elle devrait permettre, dans une logique d'autorité organisatrice des transports et de maître d'ouvrage, « de définir et de garantir l'offre et la qualité de service sur un niveau de réseau afin d'orienter vers ce niveau les déplacements correspondant à sa portée et d'assurer une cohérence des différents niveaux de réseau et des différents modes » (Grand Lyon, 2000 a, p9).

Hiérarchiser les réseaux de déplacements, c'est donc « évaluer les réseaux existants et proposer une architecture et un fonctionnement des réseaux tels que :

- pour l'usager, le réseau de portée n soit le plus attractif pour un déplacement de portée n ;
- les territoires d'échelle n soit desservis et protégés des échanges de niveau $n+1$ [...];
- le réseau de niveau n soit protégé des déplacements de niveau $n-1$ pour rester attractif aux déplacements de niveau n » (Grand Lyon, 2000 b, p6).

Le principe de hiérarchisation des réseaux de déplacements se schématise ainsi :

Figure 18 : Principe de la hiérarchisation des réseaux de déplacements



Source : Grand Lyon (2000 b), p6

L'axe des ordonnées représente les différentes échelles de territoire et la portée des déplacements. L'axe des abscisses représente l'ensemble des modes de transport. Il se scinde en trois parties :

- la 1^{ère} partie correspond aux modes individuels (automobile, deux roues et marche à pied) et le type de déplacements correspondant à une échelle du territoire donnée ;
- la 2^{ème} partie correspond à une proposition d'alternative à l'usage de la voiture par une représentation des modes de transports collectifs pour une échelle de territoire donnée ;
- la 3^{ème} partie correspond au niveau de hiérarchisation des différents réseaux de déplacements. Chaque niveau représente un niveau de service proposé aux usagers et des objectifs particuliers d'organisation qui peuvent lui être assigné.

La pertinence d'une approche par niveau repose sur une identification des enjeux d'accessibilité, de protection et d'évolution des territoires à chaque échelle. Elle permet une organisation multimodale hiérarchisée de l'offre de déplacements.

A l'échelle du bassin de vie de l'agglomération lyonnaise, quatre niveaux de hiérarchisation des réseaux de déplacements sont présents (Tableau 93). A chacun de ces niveaux, des objectifs d'organisation et de fonctionnement peuvent être énoncés. Cette logique ne s'applique pas à un type individuel de liaison ou d'axe, mais bien à l'ensemble des réseaux de transports (Grand Lyon, 2000 b à d). De plus, les objectifs annoncés tentent d'être cohérents avec les attentes et les pratiques comportementales des individus.

Tableau 93 : Niveaux de la hiérarchisation des réseaux

Niveau de hiérarchisation	Correspondance au niveau du réseau routier	Correspondance au niveau du réseau des transports collectifs
Niveau n°1	Voirie urbaine de desserte locale.	Navettes de dessertes de quartiers ou encore des liaisons interquartiers. Il s'agit d'un réseau local de transport en commun.
Niveau n°2	Voirie urbaine de liaison entre les quartiers.	
Niveau n°3	Liaison entre pôles de l'agglomération ou de voirie urbaine de distribution.	Distribution et liaisons entre pôles. Il s'agit d'un réseau de maillage au sein des secteurs définis par les Plans de Déplacements de Secteurs, et un réseau d'accès au réseau armature.
Niveau n°4	Voirie du réseau d'agglomération, de types rocades ou périphériques.	Réseau armature. Il a pour fonction de supporter, avec une qualité de service élevée, les flux d'échanges principaux entre secteurs et notamment entre le centre et le bassin de vie de l'agglomération. Il correspond à différentes technologies lourdes, telles que les métros, les tramways, et enfin les trains de la S.N.C.F.. Il doit faire l'objet d'une recherche d'effet de réseau avec des connexions, un maillage et une cohérence entre la qualité de service et l'offre.

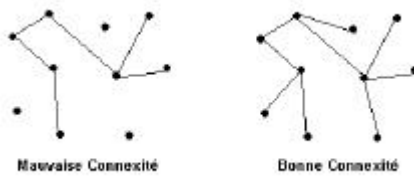
Source : Grand Lyon, (2000 b)

La notion de hiérarchisation des réseaux de déplacements, introduite dans notre étude est complétée par les notions de connexion (indicateur de connexité) et de maillage des réseaux de transports collectifs (indicateur de connectivité).

Connexité

La **connexité** (Figure 19) est synonyme du terme de connexion. Cet indicateur « traduit le fait que le réseau « solidarise » ou non les divers « éléments » de l'espace urbain en assurant la condition minimale de sa cohésion. Les « éléments » sont les lieux d'habitat, les entreprises, les équipements public, etc. Une bonne connexité indique que l'on peut rejoindre n'importe quel élément du Périmètre des Transports Urbains (P.T.U.) à partir d'un autre élément quelconque. » (Clément, 1995)

Figure 19 : Connexité



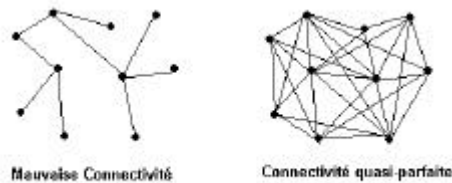
Source : Lionel CLEMENT, 1995

La **connexité temporelle**, du point de vue du réseau, correspond à la qualité générale du service offert. Du point de vue du client, elle correspond à la qualité de service depuis le point d'entrée dans le réseau. Sa déclinaison se fera en fonction de la possibilité ou non de faire des correspondances.

Connectivité

La **connectivité** (Figure 20) permet l'évaluation de la multiplicité des liaisons dans le Périmètre des Transports Urbains. On évalue donc à partir de cet indicateur les possibilités de relations directes offertes par le réseau.

Figure 20 : Connectivité



Source : Lionel CLEMENT, 1995

Avant de présenter les différents scénarios, nous faisons une présentation des objectifs du Plan de Déplacements Urbains sur lequel nous nous basons pour définir les scénarios.

2.2. Présentation du Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération lyonnaise de 1997

Un des principaux objectifs du Plan de Déplacements Urbains est de développer une offre attractive et compétitive pour les modes de déplacements alternatifs à la voiture classique.

« Pour représenter une réelle alternative à la voiture classique, le niveau et la qualité de l'offre des transports collectifs, ainsi que les conditions de déplacements à pied et en deux roues, doivent s'élever de manière sensible » (SYTRAL, 1997, p15).

Transports en commun sur le périmètre de compétence du SYTRAL (hors offre ferroviaire)

Le renforcement de l'offre en transports en commun passe dans le Plan de Déplacements Urbains par une meilleure attractivité de ce mode.

« Assurer une réelle attractivité des transports en commun implique de satisfaire aux exigences suivantes :

- l'offre doit être fréquente et régulière ;*
- les temps de trajets doivent être réduits au maximum et s'effectuer dans des conditions de sécurité garanties ;*
- le confort à l'attente et pendant le trajet doit être le meilleur possible.*

A ces exigences, la réponse a été apportée jusqu'à maintenant par la technologie « métro », avec une réussite certaine. Celle-ci est cependant d'un coût très élevé. » (SYTRAL, 1997, p15-16). D'après le Plan de Déplacements Urbains, au vu des capacités financières actuelles, « cette solution ne permettrait d'apporter une amélioration qu'à une faible partie du territoire de l'agglomération. De surcroît, les secteurs les plus denses étant aujourd'hui desservis ou en voie de l'être, les flux attendus sur d'éventuels prolongements risquent de ne pas être en rapport avec les capacités offertes par cette technologie. » (SYTRAL, 1997, p15-16).

Le Plan de Déplacements Urbains insiste sur le fait que l'effort financier doit être consacré à améliorer le réseau de surface. *« Il sera structuré ainsi :*

- un ensemble de 11 lignes fortes formant, avec le réseau de métro et le reste du réseau de surface, un maillage très performant au centre comme en périphérie, réseau qui répondra aux grands flux de déplacements quotidiens et de migrations alternantes. Ces lignes fortes ont été définies en fonction de*

la demande de déplacements telle qu'elle résulte de l'enquête ménages de 1995, ainsi que des données de l'I.N.S.E.E. sur les déplacements domicile-travail et de l'analyse du réseau actuel. Elles correspondent à des flux majeurs, auxquels la réponse est aujourd'hui médiocrement assurée et qui concernent des liaisons où les transports en commun peuvent accroître leur part de marché si l'offre est de qualité ;

- des lignes d'agglomération qui, sans atteindre le niveau des lignes fortes, sont des lignes structurantes et desservent des pôles importants ;*
- des lignes de rabattement sur les lignes fortes, et des lignes de quartiers plus locales.*

Les lignes fortes ont deux vocations :

- relier les principaux pôles de la périphérie (première, voire deuxième couronne) à l'un des deux centres de l'agglomération (Part-Dieu ou Presqu'île) perçant ainsi la ceinture de congestion. Elles répondent ainsi à l'enjeu principal de l'accroissement de la part des transports publics, qui portent essentiellement sur des liaisons avec la périphérie ;*
- relier entre eux ces pôles périphériques, lorsque les flux de déplacements sont suffisamment importants pour justifier d'une desserte performante en rocade.*

Elles ont un niveau de service élevé : amplitude horaire très large, fréquence de 5 à 10 minutes, régularité des temps de parcours garanties, traitement des stations, mise en place d'un système d'information aux voyageurs sur les temps réels d'attentes, mise en site propre intégral et pour les plus fortes d'entre elles, appel à la technologie tramway sur fer, les autres étant équipées de trolleybus modernes. Le choix du tramway sur fer permet, notamment, de garantir à terme la comptabilité avec les infrastructures réservées aujourd'hui au train » (SYTRAL, 1997, p15-16).

Au-delà des 11 lignes fortes, le Plan de Déplacements Urbains prévoit de compléter ce réseau par des axes ou prolongements complémentaires. « *Le réseau des lignes fortes pourrait être complété, pour la desserte du Sud-Ouest, soit par le prolongement du métro, soit par une infrastructure nouvelle traversant le Rhône à hauteur de l'embouchure de l'Yzeron. Cette infrastructure rendrait possible la création d'une nouvelle ligne forte permettant à la clientèle du Sud-Ouest (Vernaison, Charly, St-Genis-Laval, Pierre Bénite, Oullins et La Mulatière) d'accéder directement aux lignes fortes irriguant le reste de l'agglomération et notamment la rive gauche de Lyon.*

Si on inclut pour l'Ouest, une desserte ferroviaire améliorée, les lignes fortes de transports en commun complétant le réseau métro desservent :

- l'ensemble des zones fortement urbanisées ;*
- l'ensemble des portes de l'agglomération, territoire riches d'équipements qui ouvrent sur des bassins d'emploi et de population importants ;*

- les universités ;
- les quartiers socialement les plus sensibles de l'agglomération » (SYTRAL, 1997, p16).

Le Plan de Déplacements Urbains annonce enfin, en complément des lignes fortes que « l'ensemble des lignes du réseau doit bénéficier d'améliorations : un programme d'aménagements de voiries et de traitements des points noirs de la circulation des autobus, notamment par une régulation adaptée, permettra de garantir à toutes les autres lignes une vitesse commerciale minimale de 16km/h au centre de l'agglomération et de 20km/h en périphérie » (SYTRAL, 1997, p16).

En conclusion, le Plan de Déplacements Urbains du Grand Lyon annonce des objectifs assez précis quant à l'amélioration de l'offre des transports en commun urbains. Comme nous l'avons noté, le renforcement de cette offre se dessine à travers la mise en place d'un réseau de surface fort, complété par une amélioration du niveau de service.

Transports ferroviaires

Le Plan de Déplacements Urbains ne précise pas autant les objectifs d'amélioration de l'offre en transports ferroviaires.

« Le train offre, dans le bassin d'emploi et dans le bassin de vie de l'agglomération lyonnaise, l'intérêt de temps de parcours fiables et de vitesses commerciales élevées : sur la moyenne distance (Vienne, Givors, Villefranche), il peut être très attractif par rapport au transport par route. Il peut offrir une alternative forte au recours à la voiture automobile pour les déplacements d'échanges quotidiens, à certaines conditions :

- une desserte cadencée et une fréquence améliorée en heure de pointe et, surtout, en heures creuses ;
- une augmentation de l'amplitude de service ;
- une amélioration de la connexion entre réseaux, que ce soit en termes physiques ou tarifaires ;
- une amélioration du confort, de l'accueil et de l'information » (SYTRAL, 1997, p16).

Dans ce cadre, le Plan de Déplacements Urbains décline les objectifs poursuivis :

- « à l'instar de la démarche menée sur le réseau urbain, définition d'un réseau « armature » dans le bassin lyonnais, avec un niveau de service minimum garanti (au minimum, desserte à la demi-heure en heures de pointes, desserte à l'heure en heures creuses) ;
- définition d'une politique d'arrêts permettant une desserte urbaine efficace ;

- amélioration des points d'accès portant sur le jalonnement, les conditions de vente, d'information, les conditions d'accueil et d'attente ;
- aménagement et agrandissement de parcs-relais, saturés dans certaines gares ;
- modernisation du matériel ;
- meilleure complémentarité avec les réseaux interurbain et urbain en termes physiques, horaires et tarifaires » (SYTRAL, 1997, p17).

Les priorités qui doivent trouver une réponse d'après le Plan de Déplacements Urbains du Grand Lyon sont les suivantes :

- « amélioration des fréquences et des arrêts pour une ligne diamétralisée Givors-Villefranche, ce qui permettrait d'aider au désenclavement du Sud-Ouest et du Val-de-Saône. Les transports en commun urbains prendront en compte la création de cette ligne forte ferroviaire ;
- à court terme, sur l'ouest lyonnais, création de deux points de croisement et renforcement des fréquences, puis définition d'une stratégie de long terme (fréquence, fonctionnement, matériel...) ;
- à plus long terme, doit être pris en compte le desserrement du nœud lyonnais (voie supplémentaire éventuelle à la Part-Dieu, banalisation des voies entre la Part-Dieu et Sathonay, par exemple) » (SYTRAL, 1997, p17).

2.3. Nombre de boucles et de déplacements par mode (effectifs)

Tableau 94 : Nombre de boucles par mode avant et après transfert modal (ensemble des boucles internes ou mixtes)

Mode	EM LYON 95	Scénarios				
		HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Marche à pied	535 282	548 805	548 805	548 805	548 805	548 805
Vélo	11 459	130 488	124 904	124 328	125 544	124 367
2 roues moteurs	9 264	9 264	9 264	9 264	9 264	9 264
Voiture passager	202 605	202 605	202 605	202 605	202 605	202 605
Voiture conducteurs	672 896	465 105	432 084	428 507	416 633	415 003
Transports collectifs	244 136	319 376	357 980	362 133	372 792	375 599
Non renseignés	5 841	5 841	5 841	5 841	5 841	5 841
Total		1 681 483				

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Tableau 95 : Nombre de déplacements par mode avant et après transfert modal
(ensemble des boucles internes ou mixtes)

Mode	EM LYON 95	Scénarios				
		HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Marche à pied	1 340 944	1 349 617	1 346 506	1 346 120	1 345 320	1 345 320
Vélo	25 945	294 255	282 581	281 429	283 986	281 506
2 roues moteurs	24 105	23 995	23 995	23 995	23 995	23 995
Voiture passager	515 846	514 163	512 820	512 820	512 655	512 655
Voiture conducteurs	1 795 671	1 329 393	1 245 939	1 236 499	1 209 993	1 205 434
Transports collectifs	557 631	748 720	848 302	859 281	884 194	891 233
Non renseignés	17 618	17 618	17 618	17 618	17 618	17 618
Total		4 277 760				

Source : LET, d'après EM LYON95, logiciel TERESE (SEMALY).

2.4. Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles des boucles transférées sur la marche à pied ou sur le vélo

L'amélioration de l'offre en transports collectifs n'a pas d'effet sur l'évolution des véhicules * kilomètres transférés sur la marche à pied ou sur le vélo. Indépendamment du scénario simulé, les véhicules * kilomètres transférés sur la marche à pied (sur le vélo) ne représentent que 0,3% (5,3%) des véhicules * kilomètres du potentiel transférable. Cela vient du fait que les transferts sur la marche à pied et sur le vélo sont entièrement réalisés dès le scénario HP 95. Au-delà du scénario HP 95, tout transfert supplémentaire se réalise principalement, sinon exclusivement sur les transports collectifs.

Tableau 96 : Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles, suivant le mode sur lequel sont transférées les boucles (marche ou vélo) (BTT + 30min)

Marche à pied	(BTT = Budget-temps de transport)	Nombre de déplacements voiture (conducteur ou passager) inclus dans les boucles transférées (distance >0)	Nombre de véhicules * kilomètres automobiles	Taux de transfert des véhicules * kilomètres automobiles	
				Sur le potentiel transférable	Sur l'ensemble des déplacements automobiles
	(*)	27 516	19 037	0,3%	0,3%

(*) les résultats sont identiques quel que soit le scénario simulé.

Vélo	(BTT = Budget-temps de transport)	Nombre de déplacements voiture (conducteur ou passager) inclus dans les boucles transférées (distance >0)	Nombre de véhicules * kilomètres automobiles	Taux de transfert des véhicules * kilomètres automobiles	
				Sur le potentiel transférable	Sur l'ensemble des déplacements automobiles
Scénarios	HP 95	260 168	405 292	5,7%	5,2%
	HP TCU	248 494	381 592	5,3%	4,9%
	HP TCU + V	247 342	379 046	5,3%	4,9%
	HP FER	249 899	382 337	5,3%	4,9%
	HP FER + V	247 419	377 533	5,3%	4,9%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

2.5. Répartition spatiale des déplacements des boucles non transférées

L'amélioration successive de l'offre en transports collectifs n'affecte pas beaucoup la répartition spatiale des déplacements des boucles non transférées (Tableau 97). Les pourcentages restent relativement stables pour les flux internes à une zone ou les échanges entre les zones de l'Ouest (1^{ère} et 2^{ème} couronnes Ouest) ou entre les zones de l'Est (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} couronnes Est). Par contre, les pourcentages pour les flux d'échanges entre les deux zones centrales ou les flux radiaux diminuent légèrement avec les améliorations successives de l'offre en transports collectifs (respectivement -15% et -4% entre le scénario HP 95 et le scénario HP FER + V). Enfin, le pourcentage de déplacements des boucles non transférées est légèrement croissant pour les autres flux d'échanges. Cela s'explique par le fait que les améliorations successives de l'offre en transports collectifs ne permettent pas de croissances fortes des transferts sur ces derniers flux, alors que c'est le cas sur les flux internes à une zone, ou les flux radiaux, et les flux d'échanges entre les zones de l'Est ou entre les zones de l'Ouest.

Tableau 97 : Répartition spatiale des déplacements inclus dans les boucles non transférées (BTT + 30 min)

Répartition spatiale des déplacements (effectifs et %)	Déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable	Transfert BTT+ 30 mn Boucles non Transférées				
		HP 95	HP TCU	HP TCU + V	HP FER	HP FER + V
Interne à une zone	874 923	204 819	172 466	169 371	167 685	166 621
	[46,9%]	[29,2%]	[28,2%]	[28,1%]	[29,2%]	[29,2%]
Echange entre HC et RLV	185 173	42 324	32 273	30 625	30 087	29 166
	[9,9%]	[6,0%]	[5,3%]	[5,1%]	[5,2%]	[5,1%]
Flux radiaux (avec HC+RLV)	510 200	270 389	234 185	230 175	213 467	211 471
	[27,3%]	[38,6%]	[38,3%]	[38,2%]	[37,1%]	[37,1%]
Echange entre les zones de l'Est (1CE, 2CE et 3CE)	101 522	62 012	57 771	56 870	52 462	51 915
	[5,4%]	[8,9%]	[9,4%]	[9,4%]	[9,1%]	[9,1%]
Echange entre les zones de l'Ouest (1CO et 2CO)	69 488	36 688	32 686	32 220	30 166	29 962
	[3,7%]	[5,2%]	[5,3%]	[5,4%]	[5,2%]	[5,3%]
Echange entre l'Est et l'Ouest	40 023	27 818	26 722	26 953	24 803	24 975
	[2,1%]	[4,0%]	[4,4%]	[4,5%]	[4,3%]	[4,4%]
Reste (échanges avec des zones externes au périmètre)	85 147	56 567	56 000	56 000	56 000	56 000
	[4,6%]	[8,1%]	[9,1%]	[9,3%]	[9,7%]	[9,8%]
Total	1 866 476	700 617	612 103	602 215	574 670	570 111
	[100,0%]	[100,0%]	[100,0%]	[100,0%]	[100,0%]	[100,0%]

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

2.6. Taux de transfert des déplacements appartenant à des boucles transférées sur la marche ou le vélo

Les taux de transfert selon le type de flux des déplacements appartenant à des boucles transférées sur la marche ou le vélo font clairement apparaître les zones et les flux pertinents par rapport à ces modes (Tableau 98).

Les déplacements des boucles transférées sur la marche à pied appartiennent quasi-exclusivement à des flux internes à une zone, principalement des déplacements de courtes distances. Ce type de flux correspond à 95% des déplacements transférés sur ce mode, indépendamment du scénario simulé. Les 5% restant correspondent à des flux d'échange entre Lyon et Villeurbanne et des flux radiaux. Les déplacements transférés correspondant à des flux internes à une

zone représentent à peine 3,1% des déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable.

Les résultats des déplacements transférés sur le vélo sont similaires à ceux des déplacements transférés sur la marche à pied. Indépendamment du scénario simulé, plus de trois quarts des déplacements transférés sur le vélo sont internes à une zone. Ces déplacements transférés représentent 24% des déplacements des boucles du potentiel transférable sur ce type de flux.

Même si seulement 13% des déplacements transférés correspondent à des flux entre Lyon et Villeurbanne, ces transferts représentent tout de même près de 20% des déplacements du potentiel transférable sur ce type de flux qui sont transférés en vélo. Enfin, quelques déplacements transférés sur le vélo correspondent à des flux radiaux ou des flux d'échanges entre les zones de l'Ouest (4% et 5,6% des déplacements des boucles du potentiel transférable sur chacun de ces flux respectifs).

Si les taux de transfert selon le type de flux et la répartition spatiale des déplacements transférés sur le vélo sont quelques peu différents de ceux transférés sur la marche à pied, c'est que les déplacements transférés sur le vélo sont de plus longues distances que les transferts sur la marche à pied.

Les flux pertinents pour les transferts sur le vélo restent tout de même prioritairement des déplacements internes à une zone et dans une moindre mesure les flux radiaux de courte distance.

Tableau 98 : Taux de transfert des déplacements inclus dans les boucles transférées sur la marche et le vélo selon le type de flux

Taux de transfert par rapport au potentiel transférable	Marche à pied pour tous les scénarios	Vélo				
		IP 95	IP TCU	IP TCU + V	IP FER	IP FER + V
Interne à une zone	3,1%	23,6%	22,9%	22,8%	23,0%	22,9%
Echange entre HC et RLV	0,4%	19,0%	18,5%	18,6%	18,8%	18,6%
Flux radiaux (avec HC+RLV)	0,1%	3,7%	2,8%	2,8%	2,9%	2,8%
Echange entre les zones de l'Est (1CE, 2CE et 3CE)	0,0%	3,9%	3,8%	3,7%	3,4%	3,4%
Echange entre les zones de l'Ouest (1CO et 2CO)	0,0%	5,6%	5,1%	4,6%	5,3%	5,3%
Echange entre l'Est et l'Ouest	0,0%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Reste (échanges avec des zones externes au périmètre)	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Total	1,5%	14,4%	13,8%	13,7%	13,8%	13,7%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

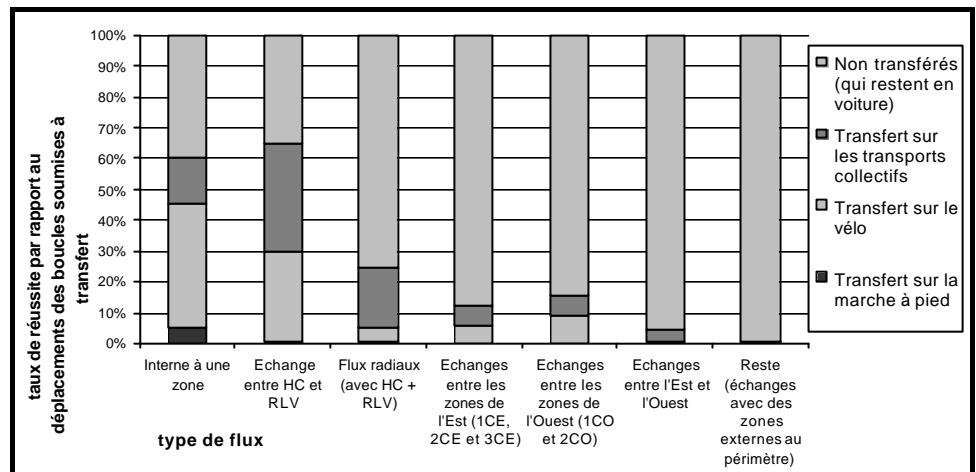
Les figures suivantes (Figure 21 et Figure 22) représentent synthétiquement l'évolution de la répartition modale des déplacements appartenant à des boucles

soumises à transfert selon le type de flux. La Figure 21 correspond au scénario HP 95 et la Figure 22 correspond au scénario HP FER + V.

Par contre, la part des déplacements transférés sur les transports collectifs s'accroît. Sur le scénario HP 95, les transferts sur les transports collectifs correspondent à des flux d'échanges entre Lyon et Villeurbanne et à des flux radiaux. Dans une moindre mesure, des déplacements transférés sur les transports collectifs correspondent à des flux internes.

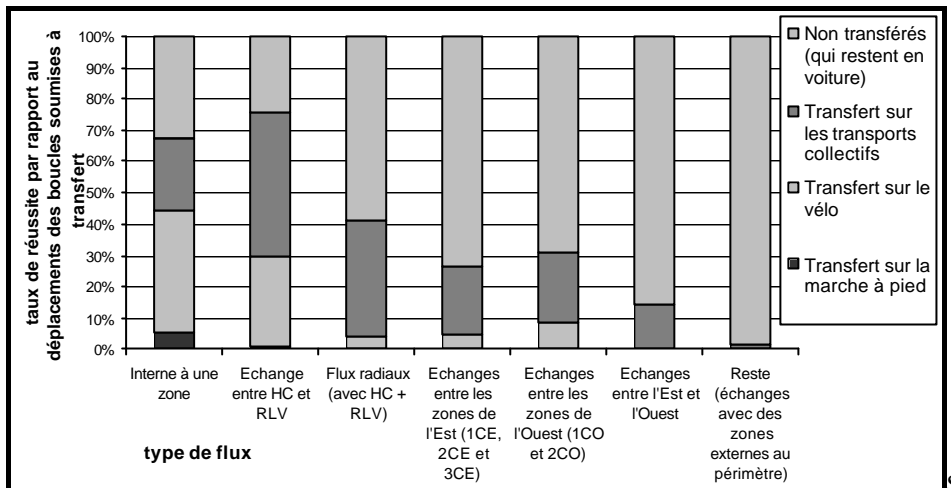
La simulation des différents scénarios accroît les taux des transferts des déplacements vers les transports collectifs sur les flux radiaux et les flux d'échanges entre Lyon et Villeurbanne, mais aussi sur les autres types de flux d'échanges (échanges entre les zones de l'Est, échanges entre les zones de l'Ouest et échanges entre l'Est et l'Ouest), comme le montre la Figure 22 du scénario le plus complet HP FER + V. Les « diamétrales ferroviaires » permettent le transfert de déplacements de longues distances correspondant à des flux d'échanges entre les zones de l'Ouest, entre les zones de l'Est ou entre les zones de l'Est et les zones de l'Ouest.

Figure 21 : Répartition modale des déplacements appartenant à des boucles soumises à transfert selon le type de flux : scénario HP 95



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Figure 22 : Répartition modale des déplacements appartenant à des boucles soumises à transfert selon le type de flux : scénario HP FER + V



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

2.7. Budgets-temps des individus dont au moins une boucle est en échec

Commentaires sur les figures 23 et 24.

L'axe des abscisses représente le budget-temps des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable mais n'est pas transférée. C'est le budget-temps déclaré de ces individus dans l'enquête ménages.

Sur la [Figure 23](#), l'axe des ordonnées représente le budget-temps fictif de ces mêmes individus, si toutes leurs boucles appartenant au potentiel transférable étaient transférées sur un des trois modes doux.

Sur la [Figure 24](#), l'axe des ordonnées représente l'écart relatif entre le budget-temps déclaré par les individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable mais n'est pas transférée, et le budget-temps fictif obtenu si toutes les boucles du potentiel transférable de ces mêmes individus étaient transférées.

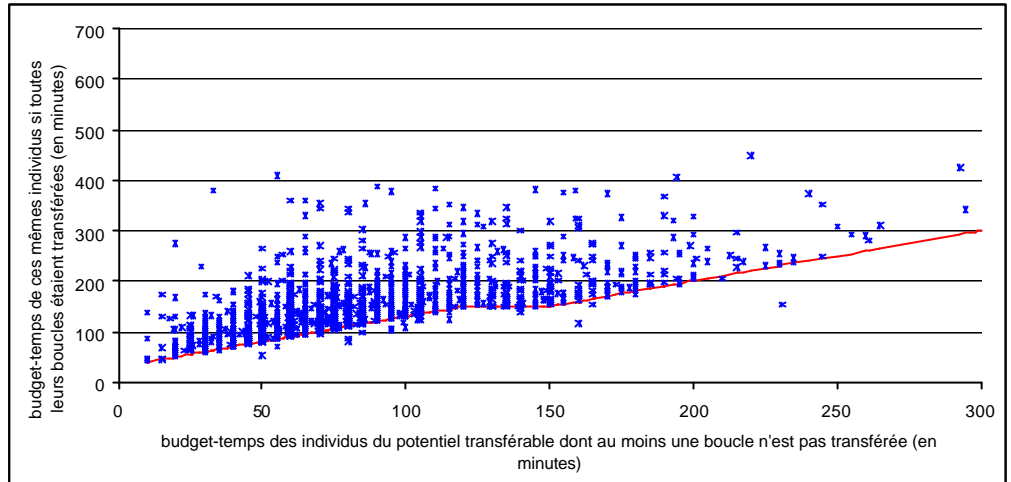
Nota :

Sur les deux figures, on note quelques points (individus) dont les budgets-temps fictifs se trouvent en dessous de l'axe représentant la marge de croissance maximale autorisée sur les budgets-temps. Cela signifie que ces individus (une dizaine) auraient dû être transférés, car le budget-temps fictif respecte la marge de croissance de 30 minutes. Il s'agit d'un problème inhérent à la procédure de transfert modal qui examine les boucles dans l'ordre de déroulement de la journée.

Prenons un exemple pour illustrer le problème. Soit un individu qui effectue une première boucle dont le transfert conduit à un excès du budget-temps de 5 minutes. Cette boucle

n'est pas transférée. Si cet individu effectue ensuite une boucle qui permet de gagner 10 minutes lors du transfert, une réexamination de la première boucle permettrait de satisfaire à la contrainte de croissance du budget-temps et donc au transfert de cette boucle. Ce réexamen n'a toutefois pas été considéré dans la procédure car il ne concerne qu'une dizaine de boucles.

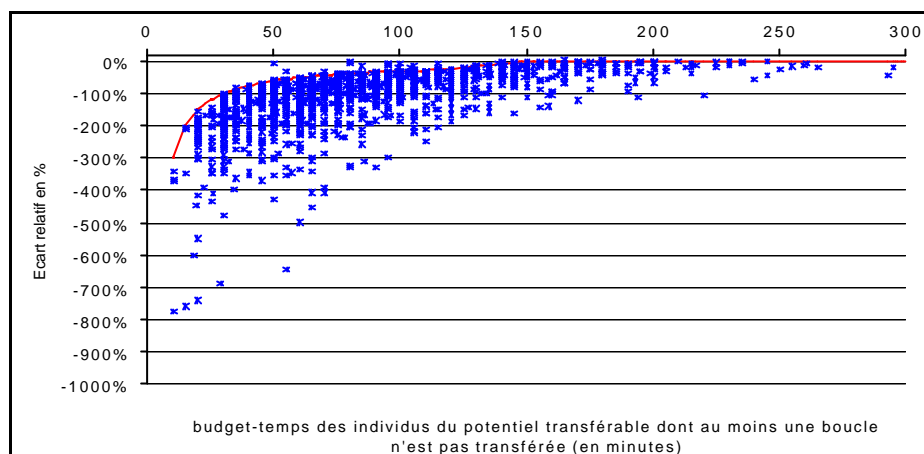
Figure 23 : Budget-temps des individus du potentiel transférable dont une boucle au moins n'a pas été transférée avant et après transfert forcé sur le mode le plus rapide (scénario HP FER + V)



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

(La courbe correspond à la marge de croissance autorisée sur les budgets-temps des individus ; c'est-à-dire, Si $BTT+30 \leq 149$ MN alors $BTT+30$, sinon $MAX(BTT, 149)$)

Figure 24 : Distribution des écarts relatifs entre le budget-temps des individus dont au moins une boucle n'a pas été transférée et le budget-temps obtenu sur le mode doux le plus rapide pour ces mêmes individus (scénario HP FER + V)



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

2.8. Répartition des boucles supplémentaires transférées après abandon des contraintes sur les achats et les accompagnements

Nous examinons l'abandon des règles A et B (page 30) sur les motifs achats et accompagnements. Les transferts supplémentaires sont pour les deux tiers des boucles ayant exclusivement pour motif d'accompagnement (70% sur le scénario HP 95 et 67% sur le scénario HP FER + V). Le reste des boucles supplémentaires transférées sont des boucles pour motifs achats (environ 30%).

Tableau 99 : Contribution des « motifs » aux transferts supplémentaires des boucles (BTT+30mn)

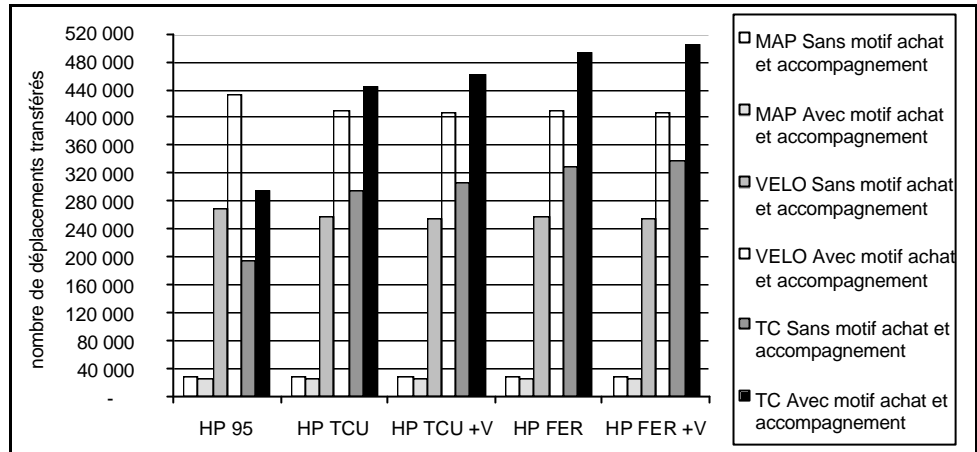
Boucles transférées ayant pour motif :	Achats		Accompagnements		Achats et accompagnements		
	effectifs	% en ligne	effectifs	% en ligne	effectifs	% en ligne	
Scénarios	HP 95	28 026	28,4%	68 685	69,5%	2 056	2,1%
	HP TCU	33 576	30,3%	74 466	67,2%	2 808	2,5%
	HP TCU + V	34 107	30,5%	75 073	67,0%	2 814	2,5%
	HP FER	34 839	30,4%	76 687	67,0%	2 932	2,6%
	HP FER + V	35 082	30,5%	77 132	66,9%	2 995	2,6%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

2.9. Répartition modale des boucles et déplacements supplémentaires transférés après abandon des contraintes sur les achats et les accompagnements

Nous représentons ici la répartition modale des déplacements transférés avant et après la prise en compte des motifs de déplacements « achats » et « accompagnements » (Figure 25).

Figure 25 : Répartition modale des déplacements transférés (avant et après le retour sur les hypothèses d'« achats » et d'« accompagnements »)



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Tableau 100 : Répartition modale des boucles et des déplacements supplémentaires transférés (BTT + 30mn)

Effectifs redressés	Nombre de boucles supplémentaires			Nombre de déplacements supplémentaires		
	Marche à pied	Vélo	Transports collectifs	Marche à pied	Vélo	Transports collectifs
Scénarios	HP 95	67°177	33°782	- 2°890	163 994	99 328
	HP TCU	62°383	50°524		152 860	149 597
	HP TCU + V	61°491	52°350		151 119	156 015
	HP FER	62°003	54°790		152 446	161 721
	HP FER + V	61°536	55°862		151 427	166 427

Source : LET, d'après EM Lyon95, logiciel TERESE (SEMALY)

La baisse des effectifs sur la marche à pied (Tableau 100) est liée à la procédure de transfert. Lorsqu'il y a une seule boucle appartenant au potentiel transférable, les modes sont examinés dans l'ordre suivant : marche à pied, vélo, puis

transports collectifs. Par contre, lorsqu'il y a plusieurs boucles appartenant au potentiel transférable, le report s'effectue sur le mode le plus rapide (qui n'est jamais la marche à pied, car le vélo est toujours plus rapide). La réintroduction des motifs d'achats et d'accompagnements conduit à une diminution du nombre d'individus ayant une seule boucle appartenant au potentiel transférable, ce qui explique la baisse sur la marche à pied.

3. Annexes du chapitre 3 : Des éléments d'évaluation économique, sociale et environnementale

3.1. Bilans énergie – émissions des déplacements, budget-distance et budget-temps moyen d'un individu

Tableau 101 : Budget Energie Environnement des Déplacements Individuel, établi pour les individus effectuant les déplacements des boucles internes ou mixtes

*En 1995, le «lyonnais moyen » effectue 4,3 déplacements par jour.
Il parcourt pour cela environ 12,5 km en environ 1h20 ;
Ses déplacements engendrent une consommation de 904 grammes-équivalent-pétrole d'énergie et émettent des quantités variées de polluants allant de 2,6 kg de CO₂ à un peu plus de 1 g de particules.*

Sources : LET, d'après EM LYON 95 et (Nicolas et al., 2001)

Bilan énergie pollution par individu pour le scénario HP 95

Les économies d'énergie représentent 13% par personne après transfert modal (Tableau 102). En termes d'émissions de polluants, les économies varient entre 6% pour les NO_x et 21% pour les hydrocarbures.

Tableau 102 : Budget-distance, budget-temps et Budget Energie Environnement des Déplacements moyen d'un INDIVIDU (boucles internes ou mixtes) sur le scénario HP 95 (BTT+30mn)

Budget-distance (km)	12,52		
Budget-temps	1h20		
	Avant Transfert	Après Transfert	Economie
Consommation d'énergie (gep)	904,66	784,28	13,3%
CO ₂ (g)	2 576,78	2 260,58	12,3%
CO (g)	190,32	149,52	21,4%
COV (g)	26,79	21,10	21,2%
NO _x (g)	16,14	15,10	6,4%
PM (g)	1,17	1,07	8,4%

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et (Nicolas et al., 2001)

Bilan énergie pollution par individu pour le scénario HP FER + V

Tableau 103 : Budget-distance, budget-temps et Budget Energie Environnement des Déplacements moyen d'un INDIVIDU (boucles internes ou mixtes) : scénario HP FER + V (BTT+30mn)

Budget-distance (km)	12,52		
Budget-temps	1h20		
	Avant Transfert	Après Transfert	Economie
Consommation d'énergie (gep)	904,66	732,50	19,0%
CO ₂ (g)	2 576,78	2 117,51	17,8%
CO (g)	190,32	133,58	29,8%
COV (g)	26,79	19,01	29,0%
NO _x (g)	16,14	14,94	7,4%
PM (g)	1,17	1,03	12,5%

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et (Nicolas et al., 2001)

Les individus effectuant des boucles internes ou mixtes parcourent en moyenne une distance de 12,5 km en 1h20 mn (Tableau 103). A l'issue de la procédure de transfert modal sur le scénario HP FER + V, chacun des individus consomme en moyenne 19% d'énergie en moins (par rapport à sa mobilité de référence avant transfert). Les économies moyennes sur les polluants s'établissent entre 6% pour les NO_x et 30% pour les hydrocarbures.

3.2. Evolution des émissions de polluants et de la consommation d'énergie dues au transfert modal sur le scénario HP FER + V

Le scénario HP FER + V représente l'offre la plus complète en transports collectifs (mise en œuvre des 11 axes forts du Plan de Déplacements Urbains, connexion entre réseaux de transports collectifs, réalisation de « diamétrales ferroviaires » et mise en site propre intégral du réseau de bus).

L'amélioration de l'offre en transports collectifs permettraient le transfert de 593 428 déplacements réalisés en voiture, ce qui représente une croissance de 27% des transferts par rapport au scénario HP 95. Sur un jour ouvrable, ces déplacements consomment près de 213 tonnes-équivalent-pétrole d'énergie et émettent entre 585 tonnes de dioxyde de carbone (CO₂) et 0,25 tonnes de particules fines (PM) (Tableau 104). Cela représente près de 24% de l'énergie consommée et en moyenne entre 20% (oxydes azotés (NO_x)) et 30% (composés organiques volatiles, CO et COV) des émissions de polluants de l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes en voiture particulière.

Tableau 104 : Emissions de polluants et consommation d'énergie des déplacements en voiture des boucles soumises à transfert, avant transfert (scénario HP FER + V)

Déplacements en voiture des	Effectifs	Distance Milliers de km	Consommation TEP	CO ₂	CO	COV	NO _x	PM
				Tonnes				
Boucles soumises à transfert et non transférées	548 326	3 043	372,47	1 075,1	71,93	9,69	5,97	0,52
Boucles transférées	593 428	1 950	212,9	584,8	57,5	8,04	3,19	0,25
TOTAL	1 141 754	4 994	585,4	1 659,9	129,5	17,73	9,16	0,77

Sources : LET, d'après EM LYON 95 et Nicolas et al., 2001

318 493 déplacements sont transférés sur les transports collectifs. Ils contribuent à une consommation d'énergie journalière de 41,2 tonnes-équivalent-pétrole, et émettent entre 126,7 tonnes de dioxyde de carbone et 0,11 tonnes de particules fines (Tableau 105).

Tableau 105 : Emissions de polluants et consommation d'énergie des déplacements en voiture des boucles transférées, après transferts (scénario HP FER + V)

Déplacements en voiture des boucles transférées sur	Effectifs	Distance Milliers de km	Consommation TEP	CO ₂	CO	COV	NO _x	PM
				Tonnes				
Transports collectifs	318 493	1 553	41,2	126,7	0,93	0,28	1,99	0,11

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et Nicolas et al., 2001

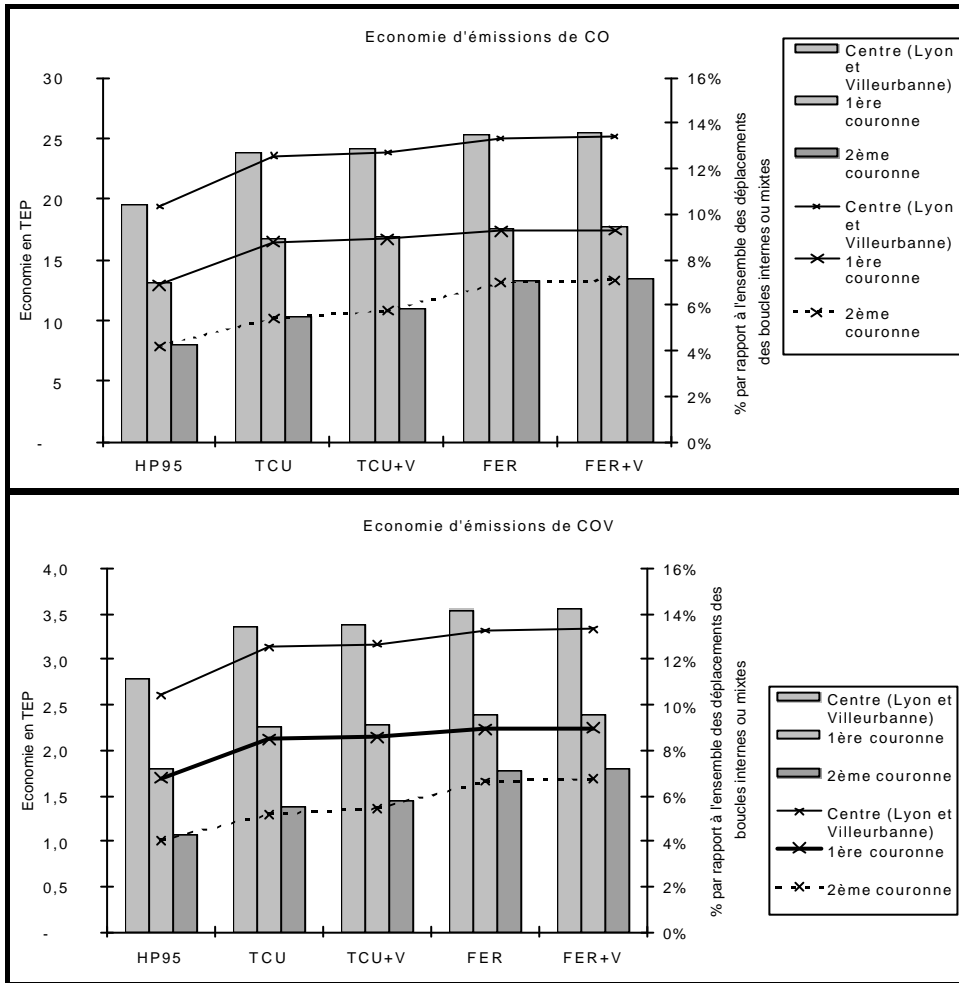
Nous pouvons donc estimer les économies de consommation d'énergie (Tableau 106) à 172 tonnes-équivalent-pétrole. Cela représente une baisse de 81% de consommation d'énergie pour ces déplacements transférés.

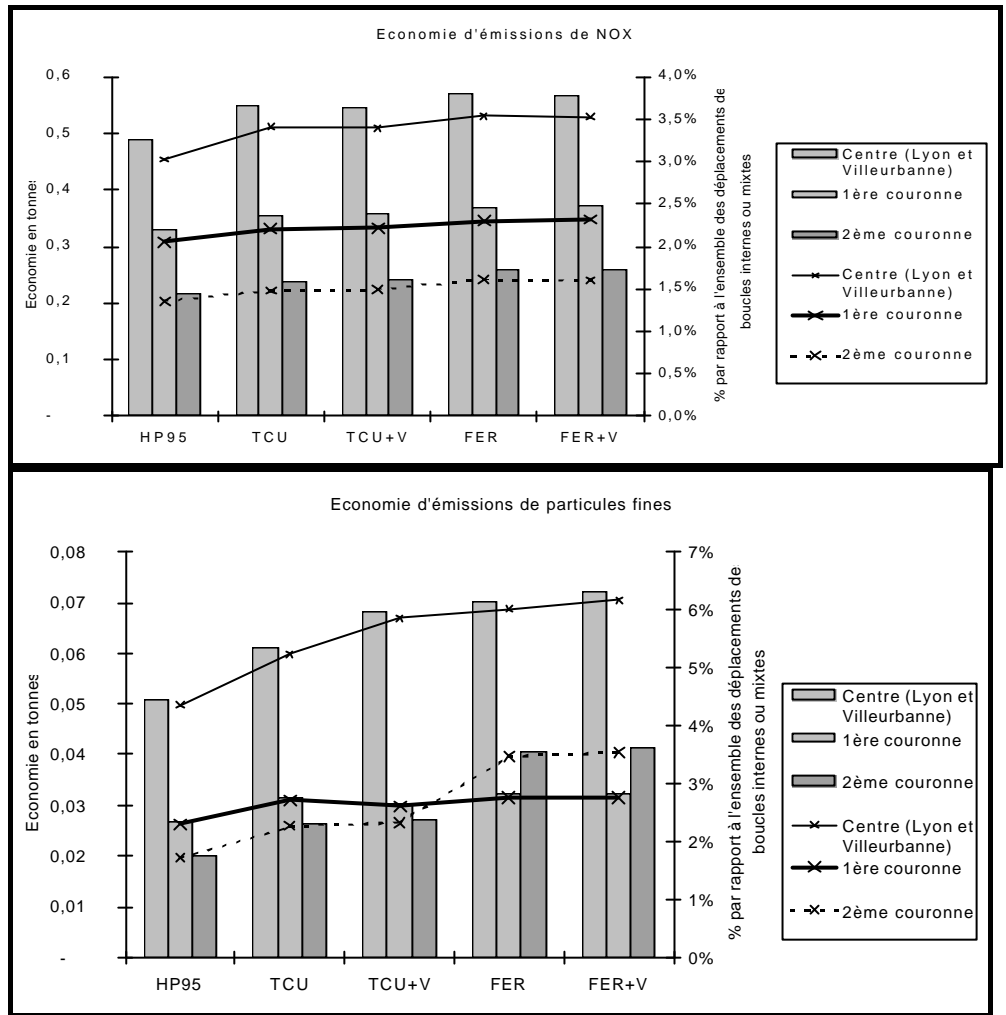
Tableau 106 : Economie des émissions de polluants et de la consommation d'énergie à l'issue des transferts modaux sur le scénario HP FER + V

% par rapport aux volumes observés avant transfert, pour les déplacements en voiture des boucles transférées	Consommation (TEP)	CO ₂ (tonnes)	CO (tonnes)	COV (tonnes)	NO _x (tonnes)	PM (tonnes)
	171,71	458,07	56,60	7,76	1,20	0,15
	80,7%	78,3%	98,4%	96,5%	37,6%	57,7%

Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et Nicolas et al., 2001

3.3. Evolution des économies d'énergie suivant les secteurs de résidence des individus dont au moins une boucle est transférée





Sources : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE et (Nicolas et al., 2001)

3.4. Qui perd, qui gagne en temps et/ou en argent ?

Répartition des individus selon le nombre de boucles transférées et le nombre de boucles appartenant au potentiel transférable

Scénario HP 95	Nombre de boucles transférées				
Nombre de boucles appartenant au potentiel transférable	0	1	2	3	Total
1	42,26%	17,55%	0,00%	0,00%	59,81%
2	14,27%	9,96%	5,62%	0,00%	29,85%
3 et plus	5,00%	2,65%	1,78%	0,92%	10,34%
Total	61,53%	30,16%	7,39%	0,92%	100%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Scénario HP TCU	Nombre de boucles transférées				
Nombre de boucles appartenant au potentiel transférable	0	1	2	3 et plus	Total
1	38,51%	21,31%	0,00%	0,00%	59,81%
2	12,67%	10,26%	6,91%	0,00%	29,85%
3 et plus	4,55%	2,84%	1,78%	1,16%	10,34%
Total	55,73%	34,41%	8,70%	1,16%	100%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Scénario HP TCU + V	Nombre de boucles transférées				
Nombre de boucles appartenant au potentiel transférable	0	1	2	3 et plus	Total
1	38,24%	21,58%	0,00%	0,00%	59,81%
2	12,46%	10,18%	7,21%	0,00%	29,85%
3 et plus	4,53%	2,87%	1,77%	1,17%	10,34%
Total	55,23%	34,62%	8,98%	1,17%	100%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Scénario HP FER	Nombre de boucles transférées				
Nombre de boucles appartenant au potentiel transférable	0	1	2	3	Total
1	36,66%	23,15%	0,00%	0,00%	59,81%
2	11,74%	10,64%	7,47%	0,00%	29,85%
3 et plus	4,43%	2,91%	1,82%	1,19%	10,34%
Total	52,83%	36,70%	9,29%	1,19%	100%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Scénario HP FER + V	Nombre de boucles transférées				
Nombre de boucles appartenant au potentiel transférable	0	1	2	3	Total
1	36,55%	23,26%	0,00%	0,00%	59,81%
2	11,66%	10,61%	7,58%	0,00%	29,85%
3 et plus	4,40%	2,90%	1,84%	1,20%	10,34%
Total	52,61%	36,77%	9,42%	1,20%	100%

Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Répartition des individus gagnants et perdants selon leur classe de budget-temps transport moyen journalier

Sur les Figure 26 et Figure 27, l'axe des abscisses représente le budget-temps avant transfert des déplacements des individus dont au moins une boucle est transférée, soit le budget-temps de déplacements déclaré dans l'enquête ménages déplacements de 1995.

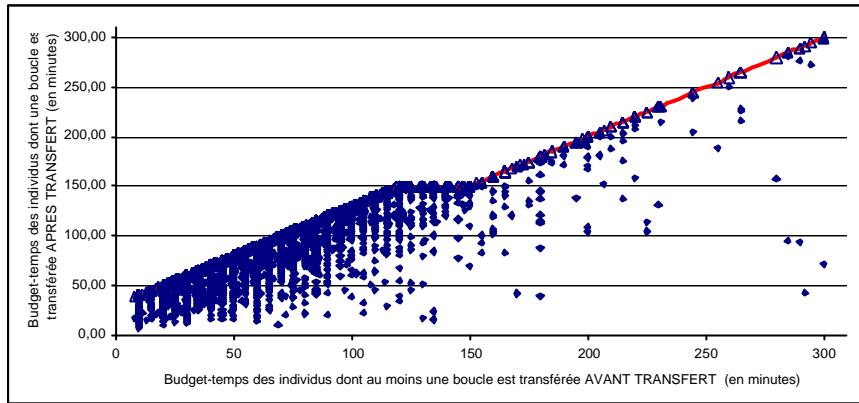
Sur la Figure 26, l'axe des ordonnées représente le budget-temps de ces mêmes individus dont au moins une boucle est transférée, après transfert.

Sur la Figure 27, l'axe des ordonnées représente l'écart relatif entre le budget-temps des individus avant transfert et le budget-temps des individus après transfert :

$$\frac{(BTT_{AVANT} - BTT_{APRES})}{BTT_{AVANT}}$$

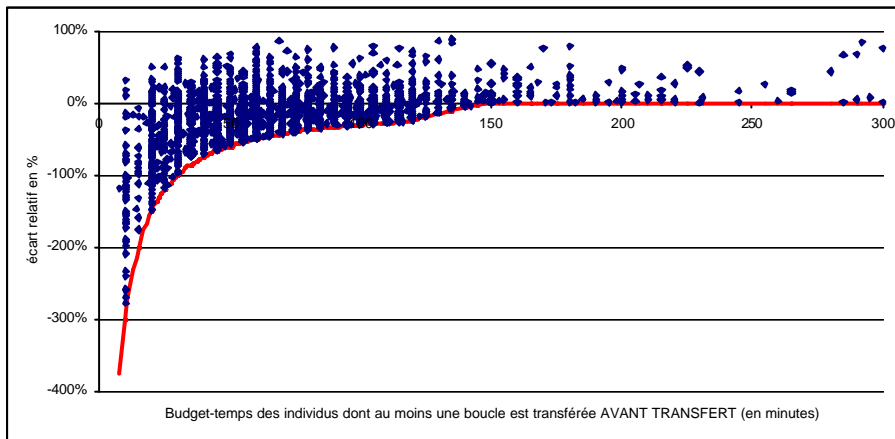
Ainsi, les points situés au-dessus de l'axe 0% des ordonnées (écart relatif positif) représentent les individus ayant un gain de temps sur leur budget-temps à l'issue du transfert modal. Les points situés en dessous de 0% (écart relatif négatif) représentent les individus ayant une perte de temps sur leur budget-temps à l'issue du transfert modal.

Figure 26 : Budget-temps de déplacements avant et après transfert pour le scénario HP 95 (BTT + 30mn)



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

Figure 27 : Nuage des écarts relatifs entre le budget-temps avant et après transfert ; individus qui gagnent et perdent du temps sur le scénario HP 95 (BTT + 30mn)



Source : LET, d'après EM LYON 95, logiciel TERESE (SEMALY)

(La courbe correspond à la marge de croissance autorisée sur les budgets-temps des individus ; c'est-à-dire, Si $BTT+30 \leq 149$ MN alors $BTT+30$, sinon $MAX(BTT, 149)$)

Tables des illustrations

<i>Figure 1 : Périmètre de l'enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise en 1995</i>	17
<i>Figure 2 : Etapes menant aux transferts des boucles de déplacements des individus</i>	39
<i>Figure 3 : Carte du scénario HP TCU</i>	48
<i>Figure 4 : Vitesses commerciales du réseau de bus</i>	49
<i>Figure 5 : Carte du scénario HP FER</i>	53
<i>Figure 6 : Estimation des places * kilomètres offertes annuelles pour chaque réseau par scénario d'offre de transports publics</i>	55
<i>Figure 7 : Distribution des durées cumulées avant transfert de l'ensemble des boucles transférées en minutes, par scénario d'offre de transports publics</i>	69
<i>Figure 8 : Périmètre de l'enquête ménages déplacements et découpage en 7 zones</i>	75
<i>Figure 9 : Déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable et dans les boucles transférées à l'intérieur d'une zone (BTT+30mn)</i>	80
<i>Figure 10 : Déplacements inclus dans les boucles du potentiel transférable et dans les boucles transférées appartenant à des flux radiaux (BTT+30mn)</i>	81
<i>Figure 11 : Véhicules * kilomètres des boucles du potentiel transférable et des boucles transférées à l'intérieur d'une zone (BTT+30mn)</i>	87
<i>Figure 12 : Véhicules * kilomètres des boucles transférables et transférées appartenant à des flux radiaux (BTT+30mn)</i>	88
<i>Figure 13 : Budget-temps des individus du potentiel transférable dont une boucle au moins n'a pas été transférée avant et après transfert forcé sur le mode doux le plus rapide (scénario HP 95)</i>	95
<i>Figure 14 : Distribution des écarts relatifs entre le budget-temps des individus dont au moins une boucle n'est pas transférée et le budget-temps obtenu sur le mode doux le plus rapide pour ces mêmes individus (scénario HP 95)</i>	95
<i>Figure 15 : Répartition modale des boucles transférées (avant et après la prise en compte des motifs d'« achats » et d'« accompagnements »)</i>	100
<i>Figure 16: Evolution des économies de consommations et d'énergie suivant les secteurs géographiques de l'agglomération lyonnaise</i>	124
<i>Figure 17 : Hiérarchisation des réseaux, principe de l'offre d'une alternative à la voiture particulière à l'échelle d'un territoire donné</i>	180
<i>Figure 18 : Principe de la hiérarchisation des réseaux de déplacements</i>	181
<i>Figure 19 : Connexité</i>	183
<i>Figure 20 : Connectivité</i>	183
<i>Figure 21 : Répartition modale des déplacements appartenant à des boucles soumises à transfert selon le type de flux : scénario HP 95</i>	192
<i>Figure 22 : Répartition modale des déplacements appartenant à des boucles soumises à transfert selon le type de flux : scénario HP FER + V</i>	193
<i>Figure 23 : Budget-temps des individus du potentiel transférable dont une boucle au moins n'a pas été transférée avant et après transfert forcé sur le mode le plus rapide (scénario HP FER + V)</i>	194
<i>Figure 24 : Distribution des écarts relatifs entre le budget-temps des individus dont au moins une boucle n'a pas été transférée et le budget-temps obtenu sur le mode doux le plus rapide pour ces mêmes individus (scénario HP FER + V)</i>	195

<i>Figure 25 : Répartition modale des déplacements transférés (avant et après le retour sur les hypothèses d'« achats » et d'« accompagnements »)</i>	196
<i>Figure 26 : Budget-temps de déplacements avant et après transfert pour le scénario HP 95 (BTT + 30mn)</i>	205
<i>Figure 27 : Nuage des écarts relatifs entre le budget-temps avant et après transfert ; individus qui gagnent et perdent du temps sur le scénario HP 95 (BTT + 30mn)</i>	205
<i>Tableau 1 : Echantillon de l'enquête ménages déplacements EM LYON95</i>	18
<i>Tableau 2 : Nombre de déplacements pour l'ensemble des individus de 5 ans et plus</i>	20
<i>Tableau 3 : Boucles internes ou mixtes sur le périmètre du GRAND LYON</i>	23
<i>Tableau 4 : Boucles internes ou mixtes en voiture conducteur sur le périmètre du Grand Lyon</i>	24
<i>Tableau 5 : Nombre de boucles du potentiel transférable selon le type de boucles</i>	25
<i>Tableau 6 : Nombre de déplacements des boucles du potentiel transférable selon le type de boucles</i>	25
<i>Tableau 7 : Définition du potentiel transférable</i>	26
<i>Tableau 8 : Boucles du potentiel transférable comprenant des achats</i>	27
<i>Tableau 9 : Boucles du potentiel transférable comportant des accompagnements</i>	29
<i>Tableau 10 : Boucles du potentiel transférable soumises à la procédure de transfert</i>	31
<i>Tableau 11 : Boucles du potentiel transférable soumises à la procédure de transfert</i>	40
<i>Tableau 12 : Estimation des places *kilomètres offertes annuelles dans le scénario HP 95</i>	54
<i>Tableau 13 : Estimation globale de l'évolution de l'offre de transport propre à chaque scénario</i>	54
<i>Tableau 14 : Nombre de boucles et de déplacements transférés (transfert à budget-temps de déplacements constant)</i>	58
<i>Tableau 15 : Nombre de boucles et de déplacements transférés (transfert, BTT+30min)</i>	60
<i>Tableau 16 : Répartition des boucles et des déplacements transférés sur les modes doux (BTT + 30 minutes)</i>	62
<i>Tableau 17 : Répartition modale des boucles après transfert (ensemble des boucles internes ou mixtes) (BTT + 30 min)</i>	63
<i>Tableau 18 : Répartition modale des déplacements après transfert (ensemble des boucles internes ou mixtes) (BTT + 30 min)</i>	64
<i>Tableau 19 : Durée moyenne des boucles transférées avant transfert modal</i>	65
<i>Tableau 20 : Durée moyenne des boucles transférées après transfert modal</i>	65
<i>Tableau 21 : Nombre des boucles transférées perdant ou gagnant du temps</i>	66
<i>Tableau 22 : Gain et perte moyen de temps des boucles transférées</i>	67
<i>Tableau 23 : Evolution du budget-temps moyen des individus (BTT + 30mn)</i>	68
<i>Tableau 24 : Gain et perte moyen sur le budget-temps moyen des individus dont au moins une boucle est transférée sur les modes doux</i>	69
<i>Tableau 25 : Distance moyenne des boucles transférées (BTT+30mn)</i>	72
<i>Tableau 26 : Répartition selon le mode des distances parcourues (km) avant et après transfert</i>	73
<i>Tableau 27 : Distance moyenne de l'ensemble des boucles transférées avec perte ou gain de temps (BTT + 30mn)</i>	73

<i>Tableau 28 : Distance moyenne des boucles transférées sur TC avec perte ou gain de temps (BTT + 30mn)</i>	74
<i>Tableau 29 : Distances moyennes des boucles transférées selon le mode doux et selon le gain ou la perte de temps, pour le scénario HP 95 (BTT + 30min)</i>	74
<i>Tableau 30 : Répartition spatiale des déplacements inclus dans les boucles transférées (Transfert BTT+ 30 mn)</i>	77
<i>Tableau 31 : Taux de transfert des déplacements inclus dans les boucles transférées selon le type de flux (BTT + 30 min)</i>	78
<i>Tableau 32 : Taux de transfert des déplacements inclus dans les boucles transférées sur les transports collectifs selon le type de flux</i>	79
<i>Tableau 33 : Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles</i>	82
<i>Tableau 34 : Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles, pour les boucles transférées sur les transports collectifs</i>	83
<i>Tableau 35 : Répartition spatiale des véhicules * kilomètres des déplacements inclus dans les boucles transférées (BTT + 30 min)</i>	85
<i>Tableau 36 : Taux de transfert des véhicules * kilomètres selon le type de flux (BTT + 30min)</i>	86
<i>Tableau 37 : Caractéristiques des boucles soumises à la procédure et non transférées</i>	91
<i>Tableau 38 : Distribution de la différence entre la durée du mode doux le plus rapide et la durée de la boucle déclarée au cours de l'enquête ménages</i>	92
<i>Tableau 39 : Répartition des boucles en échec par classe de durée (BTT + 30 mn)</i>	93
<i>Tableau 40 : Répartition des boucles du potentiel transférable non soumises à transfert en fonction des motifs et des contraintes sur les modes doux</i>	97
<i>Tableau 41 : Effectifs soumis à la procédure de transfert modal</i>	98
<i>Tableau 42 : Analyse des transferts après la prise en compte des motifs d'achats et d'accompagnements (BTT + 30mn)</i>	99
<i>Tableau 43 : Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles (transfert BTT + 30mn)</i>	101
<i>Tableau 44 : Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles pour les boucles transférées sur les transports collectifs (BTT + 30mn)</i>	102
<i>Tableau 45 : Synthèse des principaux résultats obtenus en termes de véhicules * kilomètres</i>	107
<i>Tableau 46 : Déplacements pris en considération pour l'évaluation du Budget Energie Environnement des Déplacements</i>	114
<i>Tableau 47 : Budget Energie Environnement des Déplacements de l'agglomération lyonnaise un jour moyen de la semaine</i>	116
<i>Tableau 48 : Répartition selon le mode des émissions et consommations des déplacements inclus dans les boucles internes ou mixtes sur EM LYON 95</i>	117
<i>Tableau 49 : Emissions de polluants et consommation d'énergie des déplacements en voiture des boucles soumises à transfert, avant transfert (scénario HP 95)</i>	118
<i>Tableau 50 : Emissions de polluants et consommation d'énergie des déplacements en voiture des boucles transférées(scénario HP 95)</i>	119
<i>Tableau 51 : Economie des émissions de polluants et de la consommation d'énergie à l'issue des transferts modaux sur le scénario HP 95</i>	119
<i>Tableau 52 : Evolution du Budget Energie Environnement des Déplacements avant – après transfert sur l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes sur le scénario HP 95 (BTT+30mn)</i>	119

<i>Tableau 53 : Evolution du Budget Energie Environnement des Déplacements avant – après transfert sur l'ensemble des déplacements des boucles internes ou mixtes sur le scénario HP FER + V (BTT+30mn)</i>	121
<i>Tableau 54 : Consommation d'énergie et émissions de polluants AVANT transfert selon le motif principal des boucles transférées (scénario HP FER + V)</i>	122
<i>Tableau 55 : Consommation d'énergie et émissions de polluants APRES transfert selon le motif principal des boucles transférées (scénario HP FER + V)</i>	123
<i>Tableau 56 : Détail des coûts de fonctionnement, pour la collectivité, associés aux déplacements automobiles sur le territoire de l'enquête ménages déplacements de 1995</i>	127
<i>Tableau 57 : Estimation des coûts de fonctionnement des déplacements automobiles associés aux transferts modaux (BTT+30mn)</i>	128
<i>Tableau 58 : Coût de fonctionnement unitaire par type de réseau de transports collectifs en 1995</i>	129
<i>Tableau 59 : Coût de fonctionnement unitaire du réseau autobus</i>	129
<i>Tableau 60 : Evolution de l'offre de transports propre à chaque scénario</i>	130
<i>Tableau 61 : Estimation du coût annuel de fonctionnement de l'offre de transport collectif pour chaque scénario</i>	130
<i>Tableau 62 : Estimation du coût unitaire de fonctionnement de chaque scénario et variation relative du coût unitaire de chaque scénario par rapport au scénario HP 95</i>	131
<i>Tableau 63 : Estimation des coûts unitaires de fonctionnement pour la collectivité des transports collectifs et variation relative du coût unitaire de chaque scénario par rapport au scénario HP 95</i>	133
<i>Tableau 64 : Coûts moyens de l'investissement par kilomètre retenus pour les différents réseaux de transports collectifs</i>	133
<i>Tableau 65 : Coûts moyens de l'investissement par kilomètre pour la réalisation d'un tram-train</i>	134
<i>Tableau 66 : Longueurs des réseaux de transports collectifs simulés dans chacun des scénarios</i>	134
<i>Tableau 67 : Montants des investissements des scénarios HP TCU et HP FER</i>	135
<i>Tableau 68 : Montants des investissements des scénarios HP TCU+V et HP FER+V</i>	135
<i>Tableau 69 : Individus dont au moins une boucle est transférée (BTT + 30 min)</i>	138
<i>Tableau 70 : Répartition des individus selon le nombre de boucles appartenant au potentiel transférable (BTT + 30mn)</i>	139
<i>Tableau 71 : Répartition des individus selon le nombre de boucles transférées sur chaque scénario (BTT + 30 min)</i>	139
<i>Tableau 72 : Evaluation du budget-temps journalier avant et après transfert des individus concernés par le transfert d'au moins une boucle est transférée</i>	141
<i>Tableau 73 : Répartition des individus dont au moins une boucle est transférée selon leur classe de budget-temps transport moyen journalier (BTT + 30mn)</i>	141
<i>Tableau 74 : Répartition des individus dont au moins une boucle est transférée « gagnants » du temps selon leur classe de budget-temps (BTT+30 min)</i>	142
<i>Tableau 75 : Répartition des individus dont au moins une boucle est transférée « perdants » du temps selon leur classe de budget-temps (BTT + 30 min)</i>	143
<i>Tableau 76 : Coût journalier moyen de la mobilité des individus dont au moins une boucle appartient au potentiel transférable (soit 435 575 individus)</i>	145

Tableau 77 : Coût monétaire journalier de la mobilité des individus dont au moins une boucle est transférée (scénario HP FER + V, BTT+30mn)	147
Tableau 78 : Coût journalier de la mobilité : qui perd, qui gagne ? (scénario HP FER + V, BTT+30mn, en euros 95)	147
Tableau 79 : Evaluation des perdants et des gagnants en temps et/ou en argent (scénario HP FER + V, BTT+30mn)	149
Tableau 80 : Répartition des individus dont au moins une boucle est transférée selon leur sexe (BTT + 30mn)	150
Tableau 81 : Répartition modale des déplacements transférés selon le sexe des individus (BTT + 30 mn)	151
Tableau 82 : Répartition des individus dont au moins une boucle est transférée selon leur position dans le cycle de vie (BTT + 30mn)	152
Tableau 83 : Répartition modale des déplacements transférés selon la position des individus dans le cycle de vie (BTT + 30mn)	153
Tableau 84 : Codification des modes de transport EM LYON 95	171
Tableau 85 : Codification des combinaisons de modes de transport EM LYON 95	172
Tableau 86 : Codification des motifs de déplacements EM LYON 95	172
Tableau 87 : Codification des motifs de boucles EM LYON 95	173
Tableau 88 : Répartition des boucles internes et mixtes selon le mode (Grand LYON)	173
Tableau 89 : Analyse de la contrainte de distance sur la marche à pied pour les boucles du potentiel transférable	174
Tableau 90 : Analyse de la contrainte de distance sur le vélo pour les boucles du potentiel transférable	175
Tableau 91 : Analyse de la contrainte de disponibilité de l'offre de transports collectifs pour les boucles du potentiel transférable	176
Tableau 92 : Analyse de la contrainte sur le budget-temps	177
Tableau 93 : Niveaux de la hiérarchisation des réseaux	182
Tableau 94 : Nombre de boucles par mode avant et après transfert modal (ensemble des boucles internes ou mixtes)	187
Tableau 95 : Nombre de déplacements par mode avant et après transfert modal (ensemble des boucles internes ou mixtes)	188
Tableau 96 : Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles, suivant le mode sur lequel sont transférées les boucles (marche ou vélo) (BTT + 30min)	188
Tableau 97 : Répartition spatiale des déplacements inclus dans les boucles non transférées (BTT + 30 min)	190
Tableau 98 : Taux de transfert des déplacements inclus dans les boucles transférées sur la marche et le vélo selon le type de flux	191
Tableau 99 : Contribution des « motifs » aux transferts supplémentaires des boucles (BTT+30mn)	195
Tableau 100 : Répartition modale des boucles et des déplacements supplémentaires transférés (BTT + 30mn)	196
Tableau 101 : Budget Energie Environnement des Déplacements Individuel, établi pour les individus effectuant les déplacements des boucles internes ou mixtes	197
Tableau 102 : Budget-distance, budget-temps et Budget Energie Environnement des Déplacements moyen d'un INDIVIDU (boucles internes ou mixtes) sur le scénario HP 95 (BTT+30mn)	198

<i>Tableau 103 : Budget-distance, budget-temps et Budget Energie Environnement des Déplacements moyen d'un INDIVIDU (boucles internes ou mixtes) : scénario HP FER + V (BTT+30mn)</i>	198
<i>Tableau 104 : Emissions de polluants et consommation d'énergie des déplacements en voiture des boucles soumises à transfert, avant transfert (scénario HP FER + V)</i>	199
<i>Tableau 105 : Emissions de polluants et consommation d'énergie des déplacements en voiture des boucles transférées, après transferts (scénario HP FER + V)</i>	200
<i>Tableau 106 : Economie des émissions de polluants et de la consommation d'énergie à l'issue des transferts modaux sur le scénario HP FER + V</i>	200

Table des matières

INTRODUCTION	7
CHAPITRE 1. EVALUATION DU POTENTIEL TRANSFERABLE ET DEFINITION DES REGLES DE TRANSFERT MODAL	13
1. Enquête ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise 1994-95	15
1.1. Population cible	16
1.2. Echantillon	17
1.3. Questionnaire	18
1.4. Description des déplacements et des moyens de transport	18
2. Principes et définition du potentiel transférable	20
2.1. Echantillon de l'enquête ménages déplacements de Lyon	20
2.2. Prise en considération de l'interdépendance des déplacements chaînés	21
2.3. Origine et destination des déplacements	22
2.4. Définition du potentiel transférable	23
3. Identification des déplacements soumis à la procédure de transfert modal au sein du potentiel transférable	26
3.1. Analyse des achats	26
3.2. Analyse des accompagnements	28
3.3. Conclusion : boucles et déplacements du potentiel transférable soumis à la procédure de transfert	30
4. Définition des procédures de transfert modal des boucles automobiles	32
4.1. Définition des règles de transfert relatives aux caractéristiques du système de transport	32
4.2. Définition des règles relatives à la croissance du budget-temps de déplacement individuel	34
4.3. Détermination de la procédure de transfert modal	35
5. Conclusion. Evaluation du potentiel transférable	36
CHAPITRE 2. SCENARIOS POUR UNE REDUCTION DE LA PLACE DE LA VOITURE A LYON	41
1. Construction et contenu des différents scénarios de transports collectifs	43
1.1. Scénario HP 95	44
1.2. Quatre scénarios d'offre de transports publics : mise en œuvre du Plan de Déplacements Urbains et développement de l'offre ferroviaire	44
1.3. Quantification de l'évolution de l'offre de transports publics	53
1.4. Synthèse des scénarios de transports collectifs	55
2. Evaluation des transferts	57
2.1. Nombre de boucles et de déplacements transférés à budget-temps quotidien de déplacements constant et offre de transports collectifs constante (scénario HP95)	57
2.2. Nombre de boucles et de déplacements transférés avec la marge de croissance sur le budget-temps quotidien de déplacements	59

2.3.	Répartition modale des boucles et des déplacements (boucles internes ou mixtes)	61
2.4.	Durée des boucles transférées	64
2.5.	Gains et pertes moyens de temps des boucles transférées	66
2.6.	Budget-temps de déplacement journalier	68
2.7.	Synthèse sur les transferts obtenus à l'issue des différents scénarios d'offre en transports collectifs	70
3.	Analyse spatiale des transferts	72
3.1.	Distances des boucles transférées	72
3.2.	Répartition spatiale des déplacements transférés	75
3.3.	Impact et répartition spatiale sur les véhicules * kilomètres automobiles	81
3.4.	Synthèse de la section sur l'analyse spatiale des déplacements et des véhicules * km	88
4.	Analyse des boucles soumises à transfert et non transférées	90
4.1.	Caractéristiques des boucles soumises à la procédure de transfert et non transférées	90
4.2.	Durées des boucles en échec	92
4.3.	Budgets-temps des individus dont au moins une boucle est en échec	93
4.4.	Synthèse sur les boucles soumises à transfert et non transférées	96
5.	Réintroduction des boucles avec achats ou accompagnements	96
5.1.	Impact sur le potentiel transférable	97
5.2.	Nombre de boucles supplémentaires transférées	98
5.3.	Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles	100
5.4.	Synthèse sur la prise en compte des motifs de déplacements « achats » et « accompagnements »	102
6.	Conclusion	103
CHAPITRE 3. ELEMENTS D'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE, SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE DES SCÉNARIOS DE RÉDUCTION DE L'USAGE DE LA VOITURE EN ZONE DENSE LYONNAISE		109
1.	Introduction	111
2.	Enjeux environnementaux des scénarios d'offre en transports collectifs	112
2.1.	Méthodologie	112
2.2.	Données de cadrage : le Budget Energie Environnement des Déplacements sur l'ensemble des déplacements inclus dans les boucles internes ou mixtes de l'enquête ménages déplacements	116
2.3.	Evolution des émissions de polluants et de la consommation d'énergie dues au transfert modal sur le scénario HP 95	118
2.4.	Evolution des émissions de polluants et de la consommation d'énergie dues au transfert modal sur le scénario HP FER + V	120
2.5.	Contribution au bilan total : les «secteurs » qui génèrent les meilleurs gains	122

2.6.	Synthèse de la section sur l'impact environnemental des transferts	125
3.	Estimation des coûts des transferts modaux pour la collectivité	126
3.1.	Coûts de fonctionnement des déplacements en voiture particulière	126
3.2.	Les coûts de fonctionnement des déplacements en transports collectifs	128
3.3.	Evaluation du montant des investissements de chacun des scénarios	133
3.4.	Synthèse de l'estimation des coûts des différents scénarios pour la collectivité	136
4.	Qui perd, qui gagne en temps et/ou en argent ?	137
4.1.	Nombre d'individus concernés par le transfert d'au moins une de leur boucle de déplacements	138
4.2.	Evolution des budgets-temps individuels : qui perd, qui gagne ?	140
4.3.	Evolution des coûts journaliers d'usage de la mobilité : qui perd, qui gagne ?	143
4.4.	Synthèse de la faisabilité individuelle : au croisement des budgets-temps et des coûts journaliers de la mobilité	148
4.5.	Différenciation des transferts selon les caractéristiques socio-démographiques des individus	149
4.6.	Synthèse qui perd ? qui gagne ?	153
5.	Conclusion	154
CONCLUSION GENERALE		157
BIBLIOGRAPHIE		165
ANNEXES		169
1.	Annexes du chapitre 1 : Evaluation du potentiel transférable & définition des règles de transfert modal	171
1.1.	Description des modes de transport	171
1.2.	Description des motifs de déplacements	172
1.3.	Boucles internes ou mixtes, répartition modale	173
1.4.	Analyse des contraintes de distance sur la marche à pied et sur le vélo pour les boucles du potentiel transférable	174
1.5.	Analyse de la contrainte de disponibilité de l'offre de transports collectifs pour les boucles du potentiel transférable	176
1.6.	Analyse sur la contrainte du budget-temps	177
1.7.	Présentation du logiciel TERESE de la SEMALY (SEMALY, 2000)	178
2.	Annexes du chapitre 2 : Scénarios pour une réduction de la place de la voiture dans la mobilité locale lyonnaise	180
2.1.	Hiérarchisation des réseaux	180
2.2.	Présentation du Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération lyonnaise de 1997	184
2.3.	Nombre de boucles et de déplacements par mode (effectifs)	187

2.4.	Impact sur les véhicules * kilomètres automobiles des boucles transférées sur la marche à pied ou sur le vélo	188
2.5.	Répartition spatiale des déplacements des boucles non transférées	189
2.6.	Taux de transfert des déplacements appartenant à des boucles transférées sur la marche ou le vélo	190
2.7.	Budgets-temps des individus dont au moins une boucle est en échec	193
2.8.	Répartition des boucles supplémentaires transférées après abandon des contraintes sur les achats et les accompagnements	195
2.9.	Répartition modale des boucles et déplacements supplémentaires transférés après abandon des contraintes sur les achats et les accompagnements	196
3.	Annexes du chapitre 3 : Des éléments d'évaluation économique, sociale et environnementale	197
3.1.	Bilans énergie – émissions des déplacements, budget-distance et budget-temps moyen d'un individu	197
3.2.	Evolution des émissions de polluants et de la consommation d'énergie dues au transfert modal sur le scénario HP FER + V	199
3.3.	Evolution des économies d'énergie suivant les secteurs de résidence des individus dont au moins une boucle est transférée	201
3.4.	Qui perd, qui gagne en temps et/ou en argent ?	203
	TABLES DES ILLUSTRATIONS	207
	TABLE DES MATIERES	215
	RESUME	222

Résumé

Durant les vingt dernières années, les politiques de déplacements urbains ont développé les réseaux de routes – autoroutes - radiales ou périphériques, ainsi que de nouveaux services de transports publics (métro, TER, tramway...). Cette amélioration constante des infrastructures de transport est au cœur des politiques puisqu'elle permet de maintenir et plus fréquemment d'augmenter la vitesse des déplacements. Or, aujourd'hui, il est reconnu que cela a contribué à l'étalement urbain de la population et des activités. Cet étalement s'est accompagné de changements dans l'usage des modes de déplacements : réduction des parts de marché des déplacements en vélo ou à pied, relative stabilité de la part de marché des déplacements en transports collectifs, et un usage croissant et dominant de l'automobile.

Dans un contexte où l'opinion publique est généralement favorable à la maîtrise de la place de la voiture, est-ce que les automobilistes d'une zone dense urbaine peuvent réaliser leur programme d'activités quotidiennes sans changer la localisation de leurs activités, avec un autre mode de déplacements que la voiture, sans accroître leur budget-temps de déplacements et sans faire diminuer la vitesse de leurs déplacements ? Pour répondre à cette question, nous analysons la rigidité et la rationalité de l'usage de la voiture en termes de temps, de vitesses et de la localisation géographique des déplacements. Pour cela, nous développons plusieurs scénarios basés sur une croissance forte de l'offre en transports collectifs et des marges de manœuvre des budgets temps quotidiens de déplacements. Pour chacun des scénarios, nous évaluons le potentiel de transfert des déplacements en voiture particulière vers les « modes doux » à partir de règles de transfert.

Nous analysons, dans cet ouvrage, qui fait suite aux travaux de l'INRETS (PARI 21), les effets sur l'usage de l'automobile d'une croissance forte de l'offre en transports collectifs sur l'agglomération lyonnaise, et ceux d'une augmentation du budget temps de déplacements journaliers des individus que l'on peut assimiler à une politique généralisée de baisse de la vitesse de la voiture.

Lyon 21

Étude de Faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise

Patrick BONNEL, David CAUBEL, Dominique MIGNOT

Durant les vingt dernières années, les politiques de déplacements urbains ont conduit au développement des réseaux (routiers et transports publics) permettant une maîtrise, voire une augmentation de la vitesse des déplacements. Or, aujourd'hui, il est reconnu que cela a contribué à l'étalement urbain de la population et des activités. Cet étalement s'est accompagné de changements dans l'usage des modes de déplacements : réduction des parts de marché des déplacements en vélo ou à pied, relative stabilité de la part de marché des déplacements en transports collectifs, et un usage croissant et dominant de l'automobile.

Dans un contexte où l'opinion publique est généralement favorable à la maîtrise de la place de la voiture, nous avons voulu tester la faisabilité de politique de réduction drastique de l'usage de la voiture. Pour cela, nous développons plusieurs scénarios basés sur une croissance forte de l'offre de transports collectifs et des marges de croissance des temps quotidiens passés dans les déplacements (qui peuvent être assimilées à une politique généralisée de baisse de la vitesse de la voiture). Pour chacun des scénarios, nous évaluons le potentiel de transferts des déplacements en voiture particulière vers les « modes doux » à partir de règles de transfert. Cela nous permet d'analyser la rigidité et la rationalité de l'usage de la voiture en termes de temps, de vitesse et de localisation géographique des déplacements.

L'analyse développée dans cet ouvrage, qui fait suite aux travaux de l'INRETS (PARI 21), permet d'identifier les marges de manœuvre de réduction de la place de la voiture en ville en fonction de l'évolution de l'offre en transports collectifs et des vitesses automobiles.

A l'Université Lumière Lyon 2

I.S.H.
14, avenue Berthelot
69363 LYON Cedex 07
FRANCE
Tél. 33 (0)4 72 72 64 03



A l'Ecole Nationale
des Travaux Publics de l'Etat

E.N.T.P.E.
Rue Maurice Audin
69518 VAULX-EN-VELIN Cedex
FRANCE
Tél. 33 (0)4 72 04 70 46